

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**Διδακτορική διατριβή**

«Μελέτη της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής  
καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων  
πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού *Triticum*  
*turgidum ssp. durum*»

Πέτρος Α. Βαχαμίδης

Επιβλέπων Καθηγητής: Ανδρέας Ι. Καραμάνος

ΑΘΗΝΑ 2013

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

Μελέτη της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού *Triticum turgidum* ssp. *durum*

**Πέτρος Α. Βαχαμίδης**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

**Ανδρέας Καραμάνος**, Καθηγητής, ως Επιβλέπων

**Χρήστος Αυγουλάς**, Καθηγητής, ως Μέλος

**Γαρυφαλιά Οικονόμου**, Αν. Καθηγήτρια, ως Μέλος

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

**Ανδρέας Καραμάνος**, Καθηγητής, Τμήμα ΕΦΠ, Διευθυντής Εργ. Γεωργίας, ΓΠΑ

**Χρήστος Αυγουλάς**, Καθηγητής, Τμήμα ΕΦΠ, Εργ. Γεωργίας, ΓΠΑ

**Γαρυφαλιά Οικονόμου**, Αν. Καθηγήτρια, Τμήμα ΕΦΠ, Εργ. Γεωργίας, ΓΠΑ

**Γεώργιος Σκαράκης**, Καθηγητής, Τμήμα ΕΦΠ, Εργ. Βελτ. Φυτ. & Γ. Πειρ., ΓΠΑ

**Γιώργος Καραμπουρνιώτης**, Καθηγητής, Τμήμα ΓΒ, Εργ. Φυσ. Φυτών, ΓΠΑ

**Σπυρίδων Κουτρούμπας**, Καθηγητής, Τμήμα ΑΑ, Τομέας ΔΦΠ, Εργ. Γεωργίας ΔΠΘ

**Κωνσταντίνος Φασσέας**, Καθηγητής, Τμήμα ΓΒ, Εργ. Ηλεκτ. Μικροσκ., ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ 2013**

“Η έγκριση της παρούσης διδακτορικής διατριβής  
υπό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών  
δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμεων του συγγραφέως”  
{ Νόμος 5343/1932, άρθρο 202 }

Στους γονείς μου και στη Φιλώ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα από τη θέση αυτή να εκφράσω τις ιδιαίτερες και ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Ανδρέα Καραμάνο, τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για την καθοδήγηση, την κριτική επίβλεψη, τις εύστοχες διορθώσεις του, καθώς και για το προσωπικό του ενδιαφέρον.

Θερμές και ειλικρινείς ευχαριστίες οφείλω επίσης στην Αν. Καθηγήτρια κα. Γ. Οικονόμου για τη βοήθεια, τη συμπαράσταση, την καθοδήγηση, αλλά και για το έντονο και προσωπικό ενδιαφέρον που έδειξε σε όλα τα στάδια αυτής της μελέτης.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κ. Κ. Φασσέα για το προσωπικό του ενδιαφέρον και για τη δυνατότητα που μου έδωσε να χρησιμοποιήσω τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Γ.Π.Α., όπου και ολοκλήρωσα ένα πολύ σημαντικό και μεγάλο τμήμα αυτής της διατριβής. Τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον Καθηγητή κ. Γ. Σκαράκη για τις πολύτιμες συζητήσεις που κάναμε και αφορούσαν θέματα γεωργικού πειραματισμού, καθώς και για τη διάθεσή του να με βοηθήσει σε όλα τα στάδια αυτής της μελέτης. Πρέπει επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γ. Καραμπουρνιώτη για τη συνεργασία μας η οποία οδήγησε και στη δημοσίευση μιας εργασίας στο περιοδικό Plant and Soil, καθώς και τους Καθηγητές κ. Σ. Κουτρούμπα και Χ. Αυγουλά για το χρόνο που αφιέρωσαν για τη μελέτη αυτής της διατριβής.

Θα ήταν παράλειψη εκ μέρους μου αν δεν αναφερόμουν στους φίλους Στέλιο Τσιώρο, Κώστα Μαργαρίτη και την Ρ. Δελατόλα, καθώς και σε όλους τους φοιτητές και το προσωπικό του Εργαστηρίου Γεωργίας που με βοήθησαν για την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Δρ. ΚΝ. Γιαννοπολίτη γιατί εκτός από τη συνεργασία μας, μου άνοιξε τους πνευματικούς και επιστημονικούς μου ορίζοντες και με έμαθε να σκέφτομαι.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου, την οικογένειά μου και τον θείο μου Δ. Παναγουλέα για την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης αυτής της διατριβής.

Πέτρος Βαχαμίδης

Αθήνα, 2013

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	
<b>ABSTRACT</b> .....	
<b>1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Γενικά.....	1
1.1.1 Καταγωγή και ταξινόμηση του σιταριού .....	1
1.1.2 Η σημασία της μελέτης των τοπικών πληθυσμών και η ανάγκη διατήρησης της βιοποικιλότητας .....	3
1.1.3 Η συνεισφορά και οι προοπτικές της βελτίωσης στην αύξηση της παραγωγικότητας του σιταριού .....	4
1.1.3.1 Στρατηγικές ώστε να ξεπεραστούν οι περιορισμοί στη γονιμότητα των στάχων και στο δείκτη συγκομιδής.....	8
1.1.4 Κωδικοποίηση της ανάπτυξης και της μορφολογίας του σιταριού .....	10
1.2. Η αναπαραγωγική ανάπτυξη του σιταριού .....	14
1.2.1 Η μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος από τη βλαστική στην αναπαραγωγική φάση .....	14
1.2.2 Η πρώτη αναπαραγωγική περίοδος .....	15
1.2.3 Η φάση της διαφοροποίησης των σταχυδίων.....	17
1.2.4 Η διαφοροποίηση των ανθέων .....	19
1.2.5 Εκφυλισμός και νέκρωση ανθέων .....	20
1.2.6 Η ανάπτυξη των δευτερογενών στελεχών .....	21
1.3 Νερό και φυτά .....	22
1.3.1 Υδατικές σχέσεις των φυτών.....	23
1.4 Η αντίδραση των φυτών στην έλλειψη του νερού .....	27
1.5 Συνδυασμένη επίδραση υδατικής και θερμικής καταπόνησης.....	30
1.6 Στρατηγικές των φυτών για την αντιμετώπιση της ξηρασίας.....	31
1.7 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη .....	33
1.7.1 Πριν την άνθηση.....	33
1.7.1.1 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη γύρη.....	35

1.7.2 Κατά την άνθηση και γονιμοποίηση.....	37
1.7.3 Μετά την άνθηση .....	37
1.8 Εκτίμηση της αντοχής στη ξηρασία.....	38
1.9 Σκοπός της μελέτης.....	40
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....</b>	<b>41</b>
2.1 Γενικά.....	41
2.2 Φυτικό υλικό .....	42
2.3 Πειραματικό σχέδιο.....	45
2.4 Καλλιεργητικά στοιχεία.....	47
2.4.1 Προετοιμασία εδάφους.....	47
2.4.2 Σπορά .....	48
2.4.3 Αντιμετώπιση εχθρών.....	48
2.4.4 Αντιμετώπιση ζιζανίων .....	49
2.4.5 Διαχείριση του νερού.....	49
2.5 Παρατηρήσεις – Προσδιορισμοί.....	51
2.5.1 Υδατική κατάσταση των φυτών .....	51
2.5.1.1 Υδατικό δυναμικό φύλλων ( $\Psi_f$ ).....	51
2.5.1.2 Δείκτης υδατικού δυναμικού (Water Potential Index).....	52
2.6 Εκτίμηση της ανάπτυξης και των χαρακτηριστικών του εμβρυακού στάχου .....	52
2.6.1 Αύξηση της ταξιανθίας.....	55
2.6.2 Εφαρμογή της νέας κλίμακας για τη μορφογένεση του εμβρυακού στάχου και προσαρμογή των δεδομένων.....	56
2.7 Τελικές αποδόσεις .....	56
2.7.1 Αξιολόγηση των σχέσεων και της επίδρασης των συνιστωσών της απόδοσης.....	57
2.8 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	58
2.9 Στατιστική ανάλυση .....	60
<b>3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>61</b>
3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία.....	61
3.1.1 Θερμοκρασία .....	61
3.1.2 Σχετική υγρασία .....	63
3.1.3 Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.....	65
3.2. Κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου στο σιτάρι.....	66
3.3. Υδατική κατάσταση των φυτών .....	72

3.3.1. Υδατικό δυναμικό φύλλου.....	72
3.3.2. Δείκτης Υδατικού Δυναμικού (Water Potential Index).....	77
3.4 Αύξηση της ταξιανθίας.....	83
3.5 Μορφογένεση της ταξιανθίας.....	92
3.6 Αριθμός σταχυδίων.....	99
3.7 Ρυθμός εμφάνισης ανθέων.....	102
3.8 Συνολικός αριθμός ανθέων που διαφοροποιήθηκαν.....	110
3.9 Γονιμότητα ανθέων κατά το στάδιο της άνθησης.....	115
3.9.1 Αριθμός γόνιμων ανθέων ανά στάχυ.....	121
3.10 Αποδοτικότητα σταχυδίων.....	124
3.10.1 Αριθμός καρπών ανά σταχύδιο.....	124
3.10.2 Βάρος καρπών ανά σταχύδιο.....	131
3.10.3 Γονιμότητα σταχυδίων (Grain setting).....	139
3.11 Συνιστώσες της απόδοσης.....	146
3.11.1 Απόδοση σε καρπό ανά φυτό.....	146
3.11.2 Αριθμός γόνιμων αδελφιών ανά φυτό.....	151
3.11.3 Αριθμός καρπών ανά στάχυ.....	155
3.11.4 Αριθμός καρπών ανά φυτό.....	159
3.11.5 Βάρος χιλίων κόκκων.....	164
3.11.6 Απόδοση σε βιομάζα ανά φυτό.....	166
3.11.7 Συντελεστής συγκομιδής.....	171
<b>4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>175</b>
4.1 Αξιολόγηση της προτεινόμενης κλίμακας που περιγράφει την πορεία μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ.....	175
4.2 Υδατική κατάσταση του πειραματικού υλικού.....	180
4.3 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη της ταξιανθίας.....	185
4.4 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα άνθη.....	194
4.4.1 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον αριθμό των σταχυδίων.....	196
4.4.2 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη διαφοροποίηση των ανθέων.....	198
4.4.3 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον εκφυλισμό και την νέκρωση των ανθέων.....	200
4.5 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον αριθμό των καρπών.....	211
4.6 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην απόδοση και τις συνιστώσες της.....	217



<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	223
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	227
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	267

## ΕΙΚΟΝΕΣ

- Εικόνα 1.2.2.** Όψη εμβρυακού στάχυ στο στάδιο της διπλής πλευράς, όπου διακρίνονται οι καταβολές των φύλλων και των σταχυδίων ..... 16
- Εικόνα 1.7.** Εγκάρσιες τομές ανθήρων σιταριού σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, **a**) στάδιο μείωσης: το βέλος δείχνει τους αμυλόκοκκους στα επιδερμικά (Ep) και ενδοθηλιακά (En) κύτταρα. Φαίνονται επίσης τα κύτταρα του τάπητα (Ta) που δεν περιέχουν άμυλο, καθώς και τα μητρικά των γυρεόκοκκων κύτταρα (Me), **b**) μικροσπόρια (Mi) σε πρόιμη φάση: με το βέλος υποδεικνύονται αμυλόκοκκοι σε ενδοθηλιακά και επιδερμικά κύτταρα, **c**) νεαρά μικροσπόρια: η παρουσία αμύλου υπάρχει ακόμα, **d-h**) φάση ωρίμανσης, **d**) τα μικροσπόρια έχουν επεκταθεί και τα χυμοτόπια έχουν εγκατασταθεί επιτυχώς: το άμυλο που έχει απομείνει σημειώνεται με τα βέλη στα ενδοθηλιακά κύτταρα (En) κοντά στη σχισμή διάρρηξης (St) του ασκού και επίσης έχει αρχίσει ο εκφυλισμός των κυττάρων του τάπητα, **e**) διπύρηνος γυρεόκοκκος: ο γεννητήσιος πυρήνας (GN) και ο βλαστητικός (VN) είναι τοποθετημένοι ο ένας απέναντι στον άλλο, **f**) τα χυμοτόπια εξαφανίζονται από τους γυρεόκοκκους, **g**) διπύρνηνοι γυρεόκοκκοι: το άμυλο αφομοιώνεται από τους γυρεόκοκκους και το εξώστρωμα και ενδόστρωμα των γυρεόκοκκων έχει πλήρως σχηματιστεί, **h**) ώριμοι γυρεόκοκκοι οι οποίοι περιέχουν κόκκους αμύλου, (Lalonde *et al.*, 1997)..... 36
- Εικόνα 2.3.1.** Η κάτοψη (επάνω) ενός κύριου πειραματικού τεμαχίου όπου διακρίνονται οι τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1, W2, W3 και W4) και λεπτομέρεια της γραμμής άρδευσης (κάτω)..... 46
- Εικόνα 2.4.1.** Κατεργασία του εδάφους στον πειραματικό αγρό του του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. με καλλιεργητή ο οποίος συνοδευόταν και από ένα ελαφρύ κύλινδρο για μικροϊσοπεδώσεις..... 48
- Εικόνα 2.5.1.** Εκτίμηση του μήκους της ταξιανθίας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Ως μήκος θεωρήθηκε η απόσταση από το σημείο που συνδέεται η βάση του εμβρυακού στάχυ με το στέλεχος μέχρι το κορυφαίο μερίστωμα της ταξιανθίας. .... 53
- Εικόνα 2.5.2.** Εκτίμηση του αριθμού των ανθέων ανά σταχύδιο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σταχύδιο που εξετάζεται περιέχει 4 άνθη και ετοιμάζεται να σχηματίσει και πέμπτο άνθος από καταβολή που υπάρχει στη μεριστωματική κορυφή ..... 54
- Εικόνα 2.8.** Ο μετεωρολογικός σταθμός που είχε εγκατασταθεί μέσα στο στέγαστρο. .... 59
- Εικόνα 2.9.** Ο μετεωρολογικός σταθμός που είχε εγκατασταθεί έξω από το στέγαστρο. ... 60
- Εικόνα 3.2.1.** Τα στάδια της προτεινόμενης κλίμακας για την ποσοτική εκτίμηση της ανάπτυξης του στάχυ στο σιτάρι. Οι αριθμοί στις παρενθέσεις συμβολίζουν τα στάδια της κλίμακας. a: πλευρά στάχυ, b: όψη στάχυ, pi: ύπερος, st: ανθήρες, styC: το κανάλι μεταξύ των δύο στύλων στον ύπερο αρχίζει και κλείνει, hr: εμφάνιση τριχώματος στη βάση των σταχυδίων, styE: επιμήκυνση στύλων, fl: ανθίδια, flp: καταβολή ανθιδίου, aw: άγανα, gl: καταβολή λεπύρων, sprd: μεριστωματική κορυφή σταχυδίου, lemp: καταβολή χιτώννα. .. 68
- Εικόνα 4.4.1.** Μεριστωματική κορυφή (α) που έχει αρχίσει να εκφυλίζεται στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού και (β) ενεργή μεριστωματική κορυφή στο στάδιο του καλαμώματος. Διακρίνεται η αφυδάτωση που έχει αρχίσει να συμβαίνει στη μεριστωματική κορυφή (α)..... 202

## ΠΙΝΑΚΕΣ

<b>Πίνακας 1.1.3.</b> Η πρόοδος της βελτίωσης του σιταριού στο Μεξικό και στο Ηνωμένο Βασίλειο (Fischer and Edmeades, 2010).....	7
<b>Πίνακας 1.1.4.</b> Σύγκριση συστημάτων κωδικοποίησης και ονοματολογίας φυτικών οργάνων.....	12
<b>Πίνακας 1.2.1.</b> Κατάταξη των ειδών του σιταριού σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη, ανάλογα με το βαθμό πλοειδίας, το γονίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους (Feldman <i>et al.</i> , 1995).....	2
<b>Πίνακας 2.1.</b> Ανάλυση του εδάφους (βάθους 0-30cm) του πειραματικού αγρού κατά την καλλιεργητική περίοδο 07-08.....	41
<b>Πίνακας 2.2.1.</b> Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Παπαδάκης» .....	42
<b>Πίνακας 2.2.2.</b> Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Μεξικάλι 81».....	43
<b>Πίνακας 2.2.3.</b> Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Simeto».....	43
<b>Πίνακας 2.2.4.</b> Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Σέλας».....	44
<b>Πίνακας 2.2.5.</b> Τα χαρακτηριστικά του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» .....	44
<b>Πίνακας 2.2.6.</b> Τα χαρακτηριστικά του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184» ..	45
<b>Πίνακας 3.10.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της κορυφής του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	130
<b>Πίνακας 3.10.2.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της μέσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	130
<b>Πίνακας 3.10.3.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	131
<b>Πίνακας 3.10.4.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της κορυφής του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	137
<b>Πίνακας 3.10.5.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της μέσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	138
<b>Πίνακας 3.10.6.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	139
<b>Πίνακας 3.10.7.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της κορυφής του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	144
<b>Πίνακας 3.10.8.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της μέσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	145
<b>Πίνακας 3.10.9.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	146

<b>Πίνακας 3.11.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της απόδοσης σε καρπό (γρ) ανά φυτό κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	149
<b>Πίνακας 3.11.2.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	154
<b>Πίνακας 3.11.3.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	159
<b>Πίνακας 3.11.4.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	163
<b>Πίνακας 3.11.5.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους χιλίων κόκκων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	166
<b>Πίνακας 3.11.6.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της απόδοσης σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	170
<b>Πίνακας 3.11.7.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συντελεστή συγκομιδής και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	173
<b>Πίνακας 3.2.1.</b> Προτεινόμενη κλίμακα των σταδίων ανάπτυξης της ταξιανθίας στο σιτάρι. ....	66
<b>Πίνακας 3.3.1.</b> Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου (TS). ....	78
<b>Πίνακας 3.3.2.</b> Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και την ολοκλήρωση του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. ....	79
<b>Πίνακας 3.3.3.</b> Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της πλήρους άνθισης. ....	81
<b>Πίνακας 3.3.4.</b> Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. ....	82
<b>Πίνακας 3.4.1.</b> Το τελικό μήκος της ταξιανθίας όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards. ....	88
<b>Πίνακας 3.4.2.</b> Ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός (WMGR) και ο μέγιστος απόλυτος ρυθμός (AGR) αύξησης της ταξιανθίας, όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards. ....	89
<b>Πίνακας 3.4.3.</b> Ο χρόνος (Ti) που απαιτείται μέχρι το σημείο αντιστάθμισης (inflection point) της σιγμοειδούς καμπύλης αύξησης της ταξιανθίας και ο χρόνος (Ttotal) που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης, όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards. ....	90
<b>Πίνακας 3.5.1.</b> Η επίδραση των μεταχειρίσεων του νερού στη διάρκεια από τη σπορά μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς (DR), το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και το στάδιο των πράσινων στημόνων (GA). ....	97

<b>Πίνακας 3.6.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	101
<b>Πίνακας 3.7.1.</b> Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο μέσο ρυθμό σχηματισμού και εκφυλισμού ανθέων ανά σταχύδιο των μεσαίων σταχυδίων του κεντρικού στελέχους .....	107
<b>Πίνακας 3.8.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των ανθέων/στάχυδιο που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της κορυφής των στάχων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	114
<b>Πίνακας 3.8.2.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των ανθέων/στάχυδιο που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της βάσης των στάχων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	115
<b>Πίνακας 3.9.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ κατά το στάδιο της άνθησης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο. ....	124
<b>Πίνακας 4.1.1.</b> Σύγκριση προγενέστερων κλιμάκων μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ στο σιτάρι με την προτεινόμενη κλίμακα της παρούσας διατριβής .....	176
<b>Πίνακας 4.2.1.</b> Τα χρονικά ολοκληρώματα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ( $\int T$ ), της σχετικής υγρασίας ( $\int RH$ ) και της ηλιακής ακτινοβολίας ( $\int SR$ ) σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους (0-90 ημέρες, >91 ημέρες, ολόκληρη την περίοδο). Απεικονίζεται επίσης η ποσότητα του νερού (P) που προστέθηκε σε όλο τον αγρό πριν ( $I_b$ ) και μετά την έναρξη των πειραματικών αρδευτικών μεταχειρίσεων ( $I_{ex}$ ). Σημειώνεται ότι η ποσότητα του νερού των πειραματικών αρδευτικών μεταχειρίσεων ( $I_{ex}$ ) αναφέρεται στη μεταχείριση W1.....	184
<b>Πίνακας 4.3.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του μήκους των στάχων ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	190
<b>Πίνακας 4.3.2.</b> Τα χρονικά ολοκληρώματα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ( $\int T$ ), της σχετικής υγρασίας ( $\int RH$ ) και της ηλιακής ακτινοβολίας ( $\int SR$ ) για την περίοδο της μορφογένεσης των εμβρυακών στάχων .....	192
<b>Πίνακας 4.3.3.</b> Η ανάλυση της διασποράς του μέσου σταθμισμένου (WMGR) και του μέγιστου απόλυτου (AGR) ρυθμού αύξησης της ταξιανθίας. Η ανάλυση δεν περιλαμβάνει τις ποικιλίες «Simeto» και «Σέλας». CV: συντελεστής παραλλακτικότητας. ....	193
<b>Πίνακας 4.4.1.</b> Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ και της διάρκειας από τη σπορά μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.....	197
<b>Πίνακας 4.4.3.</b> Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του μέγιστου αριθμού των διαφοροποιημένων ανθικών καταβολών και των γόνιμων ανθέων κατά το στάδιο της άνθησης.....	203

<b>Πίνακας 4.4.4.</b> Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο ποσοστό επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάχων.....	207
<b>Πίνακας 4.5.1.</b> Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ και αναπαραγωγικών - αναπτυξιακών χαρακτηριστικών των στάχων. Η ανάλυση της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).....	213
<b>Πίνακας 4.6.1.</b> Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της απόδοσης σε καρπό και των συνιστωσών της. Η ανάλυση της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).....	218
<b>Πίνακας 4.6.2.</b> «Path coefficient analysis» της απόδοσης σε καρπό/φυτό για τις 4 μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4). ....	220
<b>Πίνακας 4.6.3.</b> «Path coefficient analysis» του αριθμού των καρπών/φυτό για τις 4 μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4). ....	222

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

<b>Διάγραμμα 1.1.3.</b> Η μεταβολή της παγκόσμιας απόδοσης του σιταριού για την περίοδο από το έτος 1980 έως το έτος 2010. (FAOSTAT, 2012: <a href="http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor">http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault .aspx?PageID=567#ancor</a> [Ημερομηνία προσπέλασης: 23 Δεκ. 2012]). Grain yield: απόδοση σε καρπό σε τόνους/εκτάριο, year of production: έτος παραγωγής. ....	5
<b>Διάγραμμα 1.1.4.</b> Διαγραμματική απεικόνιση της κωδικοποίησης και ονοματολογίας των αναπαραγωγικών οργάνων του σιταριού (Wilhelim and McMaster, 1996).....	13
<b>Διάγραμμα 1.2.6.</b> Διαγραμματική απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης του σιταριού. (ΣΠ): σπορά, (Φ): φύτρωμα, (ΑΔ): αδελφωμα, (ΜΠ): στάδιο μονής πλευράς, (ΔΠ): στάδιο διπλής πλευράς, (ΚΑ): καλάμωμα, (ΔΚ): διόγκωση κολεού, (Ξ): ξεστάχυσμα, (Α): άνθηση και (Ω): ωρίμανση (McMaster <i>et al.</i> , 2005).....	22
<b>Διάγραμμα 1.3.1.</b> Σχέση μεταξύ των υδατικών απωλειών, του υδατικού δυναμικού ( $\Psi$ ), του οσμωτικού δυναμικού ( $\psi_s$ ), καθώς και του δυναμικού πίεσης ( $\psi_p$ ). Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν το σημείο της αρχόμενης πλασμόλυσης. RWC: σχετικό υδατικό περιεχόμενο κυττάρου, Water potential: υδατικό δυναμικό. Προσαρμογή από (Weatherley, 1965). ....	26
<b>Διάγραμμα 1.4.</b> Η επίδραση της έλλειψης του νερού στα σιτηρά (Barnabás <i>et al.</i> , 2008), τροποποιημένο από (Βαχαμίδης <i>et al.</i> , 2012).....	27
<b>Διάγραμμα 2.3.2.</b> Η διάταξη των κύριων τεμαχίων στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κατά τα δύο πειραματικά έτη. Όπου (Μ): Μεξικό 81, (Π): Παπαδάκης, (Σ): Σέλας, (Κ): Κοντοπούλι 17, (Ν): Ντόπια Ηρακλείου 184 και (S): Simeto. ....	47
<b>Διάγραμμα 2.4.5.</b> Η διαχείριση του νερού σε σχέση με τις μετεωρολογικές μεταβλητές και το εύρος της διασποράς βασικών αναπτυξιακών σταδίων του πειραματικού υλικού. Water input before sowing: ποσότητα νερού πριν την σπορά, irrigation: ποσότητα χορηγούμενου νερού στη φάση των μεταχειρίσεων της άρδευσης, plant establishment	

irrigation: ποσότητα νερού από τη σπορά και μέχρι την έναρξη των μεταχειρίσεων του νερού, dr: στάδιο διπλής πλευράς, ts: στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου, Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού, DAS: ημέρες από σπορά, temperature: θερμοκρασία, daily global irradiance: ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.....	50
<b>Διάγραμμα 3.1.1.</b> Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (2007-2008). DAS: ημέρες από τη σπορά. Tmean, T min και T max: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία.....	61
<b>Διάγραμμα 3.1.2.</b> Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο (2008-2009). DAS: ημέρες από τη σπορά. Tmean, T min και T max: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία.....	62
<b>Διάγραμμα 3.1.3.</b> Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης σχετικής υγρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (2007-2008). DAS: ημέρες από τη σπορά. RHmean, RHmin και RHmax: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη σχετική υγρασία.....	63
<b>Διάγραμμα 3.1.4.</b> Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης σχετικής υγρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο (2008-2009). DAS: ημέρες από τη σπορά. RHmean, RHmin και RHmax: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη σχετική υγρασία.....	64
<b>Διάγραμμα 3.1.5.</b> Η πορεία της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της πρώτης (a) και δεύτερης (β) καλλιεργητικής περιόδου. Τα δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό που είχε εγκατασταθεί έξω από το θερμοκήπιο.....	65
<b>Διάγραμμα 3.10.1.</b> Ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.....	126
<b>Διάγραμμα 3.10.2.</b> Ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.....	127
<b>Διάγραμμα 3.10.3.</b> Ο αριθμός των καρπών/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1 <sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2 <sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για $\alpha=0,05$ . Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων.....	129

- Διάγραμμα 3.10.4.** Το βάρος (g) των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 132
- Διάγραμμα 3.10.5.** Το βάρος (g) των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 133
- Διάγραμμα 3.10.6.** Το βάρος (γρ) των καρπών/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2<sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων. .... 136
- Διάγραμμα 3.10.7.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains setting (%): ποσοστό γονιμότητας σταχυδίων, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 140
- Διάγραμμα 3.10.8.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains setting (%): ποσοστό γονιμότητας σταχυδίων, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 141
- Διάγραμμα 3.10.9.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2<sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων. .... 143



- Διάγραμμα 3.11.1.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στην απόδοση σε καρπό (g) ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Yield (g) / plant: απόδοση σε καρπό (g) ανά φυτό κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης..... 147
- Διάγραμμα 3.11.10.** Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε βιομάζα με το δείκτη WPI για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Biomass: απόδοση σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος. .. 169
- Διάγραμμα 3.11.11.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο συντελεστή συγκομιδής, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Harvest Index: δείκτης συγκομιδής. .... 172
- Διάγραμμα 3.11.2.** Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε καρπό (g) ανά φυτό με το δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Yield (g) / plant: απόδοση σε καρπό (g) ανά φυτό, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος..... 150
- Διάγραμμα 3.11.3.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile tillers / plant: γόνιμα αδέρφια ανά φυτό. .... 152
- Διάγραμμα 3.11.4.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των καρπών ανά στάχυ, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Kernels / spike: κάρποι ανά στάχυ. .... 156
- Διάγραμμα 3.11.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση του αριθμού των καρπών ανά στάχυ με το δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Kernels / spike: καρποί ανά στάχυ, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος. .... 158
- Διάγραμμα 3.11.6.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Kernels / plant: καρποί ανά φυτό..... 161
- Διάγραμμα 3.11.7.** Η γραμμική παλινδρόμηση του αριθμού των καρπών ανά φυτό με το δείκτη WPI, για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Kernels / plant: καρποί ανά φυτό, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος..... 162
- Διάγραμμα 3.11.8.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο βάρος χιλίων κόκκων, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . TKW: βάρος χιλίων κόκκων σε γραμμάρια. .... 165
- Διάγραμμα 3.11.9.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στην απόδοση σε βιομάζα (γραμμάρια), κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική

- περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ .  
 Biomass: απόδοση σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης. .... 167
- Διάγραμμα 3.3.1α.** Η γενική πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Τα κάθετα βέλη υποδεικνύουν τις ημέρες άρδευσης και οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 73
- Διάγραμμα 3.3.1β.** Η γενική πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Τα κάθετα βέλη υποδεικνύουν τις ημέρες άρδευσης και οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ..... 74
- Διάγραμμα 3.3.2α.** Η πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 75
- Διάγραμμα 3.3.2β.** Η πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. .... 76
- Διάγραμμα 3.4.1α.** Η γενική πορεία της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια της διπλής πλευράς (DR), σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας. .... 84
- Διάγραμμα 3.4.1β.** Η γενική πορεία της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας. .... 85

- Διάγραμμα 3.4.2α.** Η πορεία αύξησης του μήκους της ταξιανθίας των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια της διπλής πλευράς (DR), σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, Length: μήκος ταξιανθίας, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας. ....86
- Διάγραμμα 3.4.2β.** Η πορεία αύξησης του μήκους της ταξιανθίας των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, Length: μήκος ταξιανθίας, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας. ....87
- Διάγραμμα 3.5.1α.** Η γενική πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. ....93
- Διάγραμμα 3.5.1β.** Η γενική πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. ....94
- Διάγραμμα 3.5.2α.** Η πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ, (a): Μεξικάλι

- 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.....95
- Διάγραμμα 3.5.2β.** Η πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. ....96
- Διάγραμμα 3.6.1.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ του κεντρικού στελέχους, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Spikelet number: αριθμός σταχυδίων. .... 100
- Διάγραμμα 3.7.1α.** Η γενική πορεία των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχασμα, F: άνθηση. .... 103
- Διάγραμμα 3.7.1β.** Η γενική πορεία των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχασμα, F: άνθηση. .... 104
- Διάγραμμα 3.7.2α.** Η επιμέρους πορείες των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχασμα, F: άνθηση, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. .... 105

- Διάγραμμα 3.7.2β.** Η επιμέρους πορείες των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχασμα, F: άνθηση, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. .... 106
- Διάγραμμα 3.8.1.** Ο συνολικός αριθμός ανθέων /σταχύδιο που διαφοροποιήθηκαν στην κορυφή (apex), στη μέση (central) και στη βάση (basal) των στάχων από τα κύρια στελέχη κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική ..... 111
- Διάγραμμα 3.8.2.** Ο συνολικός αριθμός ανθέων /σταχύδιο που διαφοροποιήθηκαν στην κορυφή (apex), στη μέση (central) και στη βάση (basal) των στάχων από τα κύρια στελέχη κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Floret number: αριθμός ανθέων / σταχύδιο. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. .... 112
- Διάγραμμα 3.9.1.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων..... 116
- Διάγραμμα 3.9.2.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων..... 117
- Διάγραμμα 3.9.3.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάχων, στο στάδιο της άνθησης του 1<sup>ου</sup> (αριστερά) και του 2<sup>ου</sup> (δεξιά) πειραματικού έτους. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων. .... 119
- Διάγραμμα 3.9.4.** Ο συνολικός αριθμός γόνιμων ανθέων ανά στάχυ των κύριων στελεχών κατά το στάδιο της άνθησης του 1<sup>ου</sup> (a) και του 2<sup>ου</sup> (b) πειραματικού έτους. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile florets / spike: γόνιμα άνθη / στάχυ..... 122

- Διάγραμμα 3.9.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ στο στάδιο της άνθησης με το δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ , κατά το πρώτο (αριστερά) και το δεύτερο (δεξιά) πειραματικό έτος. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Fertile florets / spike: αριθμός γόνιμων ανθέων / στάχυ..... 123
- Διάγραμμα 4.2.1.** Κατατομές της εδαφικής υγρασίας για τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1, W2, W3 και W4) πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την τελευταία άρδευση, σε όμοιο ως προς τον πειραματικό σχεδιασμό πείραμα, που πραγματοποιήθηκε το έτος 2006 στον ίδιο πειραματικό αγρό (Βαχαμίδης, 2006). Στο υπόμνημα αναφέρεται η ώρα έναρξης της άρδευσης (11:48:49), καθώς και οι ώρες που έγιναν οι επόμενες δειγματοληψίες μέχρι και το τέλος της άρδευσης (15:15:09). Soil water content: περιεκτικότητα σε εδαφική υγρασία, soil depth: βάθος εδάφους..... 182
- Διάγραμμα 4.3.1.** Μεταβλητές που παρουσιάζουν βιολογικό νόημα κατά τη μελέτη της σιμοειδούς αύξησης του μήκους των στάχων στο σιτάρι. Length: μήκος στάχυ, DAS: ημέρες από τη σπορά, Lag: φάση υστέρησης, Ex: φάση εκθετικής αύξησης του μήκους, Inflection: σημείο αντιστάθμισης (το σημείο μέχρι το οποίο ο ρυθμός επιμήκυνσης αυξάνει και μετά το οποίο αρχίζει πλέον και μειώνεται), L: το τελικό μήκος του στάχυ και T: ο χρόνος που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης ..... 188
- Διάγραμμα 4.3.2.** Η γραμμική παλινδρόμηση του τελικού μήκους των στάχων με το δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Spike length: μήκος στάχων, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος..... 189
- Διάγραμμα 4.4.1.** Διαγραμματική επεικόνιση της αναπαραγωγικής ανάπτυξης του σιταριού σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της παρούσας διατριβής. DR: στάδιο διπλής πλευράς, TS: στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου, WA: στάδιο λευκών ανθήρων (στάδιο 18 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2), EGA: πρώιμο στάδιο πράσινων ανθήρων (στάδιο 19 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2), F: άνθηση, GS: γονιμοποίηση ανθέων. Τα βέλη πράσινου χρώματος εκτός από τη μετάβαση σε ανώτερα μορφογενετικά στάδια ανάπτυξης υποδεικνύουν και την αύξηση του αριθμού των ανθέων. Αντιθέτως τα υπόλοιπα τρία κόκκινα βέλη υποδεικνύουν τη μείωση..... 195
- Διάγραμμα 4.4.2.** Διαγραμματική επεικόνιση της ανάπτυξης των ανθέων (a) σχηματικά και με πραγματικές φωτογραφίες (b) που δείχνουν συγκεκριμένα μορφογενετικά στάδια ανάπτυξης, από το στάδιο της διπλής πλευράς, το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Terminal spikelet), μέχρι και την άνθιση και την έναρξη του γεμίσματος. Παρουσιάζεται επίσης η φυσιολογική ανάπτυξη των ανθέων μέχρι την άνθιση, καθώς και ο εκφυλισμός τους (c) (Ferrante *et al.*, 2010)..... 201
- Διάγραμμα 4.4.3.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης (FFA) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τους εγχώριους πληθυσμούς. Οι επιμέρους παλινδρομήσεις αναφέρονται στα σταχύδια της κορυφής (Top), της μέσης (Central) και της βάσης (Basal) των στάχων. Fertile florets at anthesis (spikelet<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης, Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων, W1-W4: μεταχειρίσεις του νερού. Οι παλινδρομήσεις έχουν προκύψει και από τα δύο πειραματικά έτη ..... 204

- Διάγραμμα 4.4.4.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης (FFA) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τις εμπορικές ποικιλίες. Οι επιμέρους παλινδρομήσεις αναφέρονται στα σταχύδια της κορυφής (Top), της μέσης (Central) και της βάσης (Basal) των στάχων. Fertile florets at anthesis (spikelet<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης, Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων, W1-W4: μεταχειρίσεις του νερού. Οι παλινδρομήσεις έχουν προκύψει και από τα δύο πειραματικά έτη. ....205
- Διάγραμμα 4.4.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ρυθμού εκφυλισμού των ανθέων (RFD) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τα δύο πειραματικά έτη. Rate of floret death: ρυθμός εκφυλισμού ανθέων (άνθη/ημέρα), Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού. ....206
- Διάγραμμα 4.4.6.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) και του δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$  για την πρώτη (αριστερά) και τη δεύτερη (δεξιά) πειραματική περίοδο. Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού. ....210
- Διάγραμμα 4.5.1.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ (GN) και του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης (FS) για τα δύο πειραματικά έτη. Grains (spike<sup>-1</sup>): καρποί ανά στάχυ, Fertile florets at anthesis (spike<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά στάχυ στο στάδιο της άνθησης. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού. ....212
- Διάγραμμα 4.6.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της «Path coefficient analysis» στην οποία παρουσιάζεται η αλληλεξάρτηση μεταξύ (1) της απόδοσης σε καρπό ανά φυτό (GY), (2) του αριθμού των καρπών ανά φυτό (GNP), (3) του βάρους των χιλίων κόκκων (TGW), (4) του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό (TILL), (5) του αριθμού των καρπών ανά στάχυ (GNS) και (6) του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ (SPN). Τα μονά βέλη υποδεικνύουν τους συντελεστές  $P_{ij}$  (Path coefficients) της ανάλυσης και τα αμφίδρομα βέλη τους συντελεστές συσχέτισης (Simple linear correlation coefficients), e1, e2 και e3: υπόλοιπα (error terms – residuals) των ενδογενών μεταβλητών. ....219

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης του σιταριού και ιδιαίτερα για συνθήκες με έλλειψη νερού θεωρείται ουσιώδης για την καλύψη των μελλοντικών απαιτήσεων σε τροφή. Καθώς η απόδοση σχετίζεται με τον αριθμό των καρπών, η εκ βάθους κατανόηση της διαδικασίας σχηματισμού τους είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αύξησή της. Το αντικείμενο της μελέτης ήταν η εκτίμηση της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού. Για τον λόγο αυτόν κατά την περίοδο 2007-2008 και 2008-2009 πραγματοποιήθηκαν 2 πειράματα εντός μόνιμου στεγάστρου που ήταν εγκατεστημένο στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. Εφαρμόστηκαν 4 επίπεδα εδαφικής υγρασίας (W1, W2, W3 και W4) που αποτελούσαν τις μεταχειρίσεις του νερού και η διαφοροποίησή τους έγινε με βάση την απόσταση των φυτών από μία σταθερή πηγή νερού (αγωγός στάγδην άρδευσης). Την πρώτη πειραματική χρονιά αξιολογήθηκαν 2 εγχώριοι πληθυσμοί σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), οι «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς και 2 εμπορικές ποικιλίες, επίσης σκληρού σιταριού, οι «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81». Το δεύτερο πειραματικό έτος προστέθηκαν επιπλέον η ελληνική ποικιλία σκληρού σιταριού «Σέλας» και η ιταλική ποικιλία «Simeto».

Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων, τόσο στις εμπορικές ποικιλίες, όσο και στους εγχώριους πληθυσμούς. Ανάλογη ήταν η διαπίστωση και στον δείκτη WPI. Σε κάθε περίπτωση οι εγχώριοι πληθυσμοί παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές στο υδατικό δυναμικό των φύλλων και ως εκ τούτου και στο δείκτη WPI. Η αύξηση του μήκους της καταβολής του στάχυ στο σιτάρι περιγράφηκε σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό από μία ασύμμετρη σιγμοειδή καμπύλη μέσω της εξίσωσης Richards και επιπλέον η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας προκάλεσε μεταβολές στα χαρακτηριστικά της σιγμοειδούς καμπύλης που έχουν βιολογικό νόημα. Σε σύγκριση με τους εγχώριους πληθυσμούς οι βελτιωμένες ελληνικές ποικιλίες ήταν πιο πρώιμες ακόμη και από το στάδιο της διπλής πλευράς και παράλληλα η διαφορά τους με τους εγχώριους πληθυσμούς αυξανόταν όσο προχωρούσε η ανάπτυξη. Ωστόσο, όταν η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας προκαλούσε μία άμβλυνση αυτών των διαφορών κυρίως στα πρώτα στάδια της μορφογένεσης.

Σύμφωνα με την «Path coefficient analysis» φάνηκε ότι ο αριθμός των καρπών ανά φυτό ήταν η συνιστώσα που είχε τη μεγαλύτερη άμεση επίδραση στην αποδοτικότητα και



ακολουθήθηκε από το βάρος χιλίων κόκκων. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι βελτιωτικές προσπάθειες των τελευταίων δεκαετιών στο σιτάρι είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και του δυναμικού της απόδοσης σε συνθήκες με επάρκεια νερού. Η υπεροχή αυτή ωστόσο υποβαθμίστηκε με τη μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας.

Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό επηρεάστηκε στον μεγαλύτερο βαθμό από τον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, ωστόσο η άμεση αυτή επίδραση μειωνόταν με την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης. Το αμέσως επόμενο χαρακτηριστικό που επηρέασε με άμεσο και σημαντικό τρόπο τον αριθμό των καρπών ανά φυτό ήταν ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ. Η συγκεκριμένη μεταβλητή επηρεάστηκε πιο έντονα από τον αριθμό των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης. Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση του αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ και επιπλέον προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση στα σταχύδια της βάσης των στάχων, απ' ό,τι σε εκείνα της μέσης και της κορυφής. Οι εγχώριοι πληθυσμοί υστέρησαν ως προς τον αριθμό των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες και ειδικά από την ποικιλία «Παπαδάκης».

Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης δε φάνηκε να εξαρτάται από τον μέγιστο αριθμό ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκαν αλλά από τον αριθμό των ανθέων που κατάφεραν και επιβίωσαν μέχρι και το στάδιο της άνθησης. Ειδικά, ο αριθμός των ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκε δεν επηρεάστηκε από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία όσον αφορά στα μεσαία σταχύδια των στάχων, από τα οποία προέρχεται και το μεγαλύτερο ποσοστό της απόδοσης σε καρπό. Από την πλευρά της, η επιβίωση των ανθέων μέχρι και την άνθηση επηρεάστηκε σημαντικά από τον ρυθμό εκφυλισμού των ανθέων, ο οποίος αυξανόταν με τη μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, χωρίς όμως να εμφανίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ του πειραματικού υλικού.

## ABSTRACT

Further improvements in wheat yield potential especially under drought will be essential to meet future food demand. As yield is related to the number of grains, an understanding of the basis of grain set is crucial for raising yield. The subject of this study was the assessment of different levels of drought stress on the reproductive development of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) landraces and cultivars. Two experiments during the 2007-2008 and 2008-2009 growing seasons were carried out under a permanent rain shelter in the experimental field of the Agricultural University of Athens. Four levels of available soil water (W1, W2, W3 και W4) were set as water treatments. Increasing levels of water shortage were induced by increasing the distance from the water source (drip irrigation line). The durum wheat landraces “Kontopouli 17” and “Ntopia Heraclion 184” and the durum wheat varieties “Papadakis” and “Mexicali 81” were evaluated in the first experimental season. In the next season two more cultivars were added, namely the Greek variety “Selas” and the Italian variety “Simeto”.

The decrease in the available soil water content resulted in a depression in the leaf water potential for both commercial varieties and landraces. The same trend was found and for WPI. In any case, the local landraces reached lower values in leaf water potential and hence WPI. The increase in length of the embryonic spike described very well by an asymmetric sigmoid curve using Richards's equation. The reduction in the available soil water induced changes in the characteristics of the sigmoid curve that had biological meaning (e.g. lag phase, final length, inflection point, the required time for the major part of growth). When compared with local landraces improved Greek cultivars tended to exhibit a shorter duration of growth starting already from double ridge stage. From this point onwards, the differences among landraces and cultivars were increasing. However, the reduction of the available soil moisture diminished these differences mainly in the early stages of morphogenesis.

According to «Path coefficient analysis» the number of grains per plant was the component exhibiting the highest direct effect on grain yield, followed by thousand grains weight. As expected, the breeding efforts of the past decades in wheat resulted in an increase in productivity and potential yield under conditions of adequate water supply. The number of tillers per plant had the highest influence on the number of grains per plant, but this direct effect was decreasing with the intensity of drought stress. Additionally, the

number of grains per spike had the second highest direct effect on grains per plant. This parameter was most strongly affected by the number of fertile florets at anthesis. The number of fertile florets was reduced by drought stress and this effect was greater at the basal spikelets when compared to the central and apical spikelets. Landraces produced fewer fertile florets per spikelet in comparison to commercial cultivars and especially from the variety “Papadakis”.

No relationship was detected between the number of fertile florets at anthesis and the maximum number of differentiated florets. In contrast, a positive relationship between the number of fertile florets at anthesis and the survival of floret primordia was observed. The maximum number of differentiated florets of the central spikelets was not affected by drought stress. Floret primordia survival was significantly influenced by the rate of floret death. Additionally, the rate of floret death was raised by the intensity of drought stress.

# 1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

## 1.1 Γενικά

### 1.1.1 Καταγωγή και ταξινόμηση του σιταριού

Το σιτάρι παρουσιάζει ενδιαφέρον όσον αφορά στην καταγωγή του γιατί αποτελεί ένα κλασικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο συγγενή είδη μπορούν να συνδυαστούν στη φύση για να δώσουν μια πολυπλοειδή σειρά. Τα είδη του *Triticum* ταξινομούνται σε τρεις ομάδες, ανάλογα με το επίπεδο πλοειδίας τους:

- Διπλοειδή, τα οποία έχουν  $2n = 2x = 14$  χρωμοσώματα
- Τετραπλοειδή, με  $2n = 4x = 28$  χρωμοσώματα
- Εξαπλοειδή, με  $2n = 6x = 42$  χρωμοσώματα

Τα διπλοειδή είδη κατά πάσα πιθανότητα προέρχονται από ένα κοινό γονέα, αλλά με την πάροδο του χρόνου έχουν εξελιχθεί σε τέτοιο βαθμό που τα γονιώματά τους είναι διαφορετικά. Τα είδη της τετραπλοειδούς ομάδας είναι αλλοπλοειδή δύο διπλοειδών ειδών, όπως φαίνεται από τη γονιωματική τους σύνθεση. Τα εξαπλοειδή είδη προέρχονται από την πρόσθεση ενός τρίτου γονιώματος σε ένα τετραπλοειδές είδος (Καλτσίκης, 1992).

Σύμφωνα με τους Nevo *et al.* (2002), τα άγρια διπλοειδή είδη και ιδιαίτερα ορισμένα από αυτά που έχουν συνεισφέρει στα πολυπλοειδή σιτάρια, είναι πιθανώς μονοφυλετικά στην καταγωγή. Ωστόσο αναφέρεται ότι έχουν απομακρυνθεί αρκετά μεταξύ τους. Αυτή η απομάκρυνση είναι εμφανής τόσο στα μορφολογικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ειδών, όσο και στις οικολογικές ανάγκες τους και τη γεωγραφική τους κατανομή. Σύμφωνα με τον Kihara (1954), κυτογενετικά δεδομένα έχουν ενισχύσει την ταξινομική κατάταξη, δείχνοντας ότι καθένα από τα διπλοειδή είδη περιέχει ένα διαφορετικό γονίωμα. Τα υπό σύζευξη χρωμοσώματα των διαφορετικών γονιωμάτων παρουσιάζουν μικρή συγγένεια μεταξύ τους και έτσι δεν συνδέονται κανονικά κατά την παραγωγή συγκεκριμένων υβριδίων, με αποτέλεσμα τη πλήρη στειρότητα των υβριδίων και την απομόνωση μεταξύ των διπλοειδών ειδών.

Τα πολυπλοειδή είδη αποτελούν κλασικό παράδειγμα εξέλιξης μέσω της αμφιπλοειδίας. Συμπεριφέρονται ως τυπικά γονιδιωματικά αμφιπλοειδή, δηλαδή τα ζεύγη των χρωμοσωμάτων τους στη διπλοειδή μορφή, καθώς και ο τρόπος της κληρονομικότητας τους, είναι δισωμικά. Η αλλοπολυπλοειδής φύση των πολυπλοειδών ειδών του γένους *Triticum*, έχει επαληθευθεί μέσω της κυτογενετικής ανάλυσης των υβριδίων, που έχουν

προέλθει από είδη με διαφορετικό βαθμό πλοειδίας και ακόμα κάθε πολυπλοειδές είδος μπορεί να αναγνωριστεί ως το προϊόν του υβριδισμού που ακολουθείται από χρωμοσωματικό διπλασιασμό (Nevo *et al.*, 2002).

**Πίνακας 1.2.1.** Κατάταξη των ειδών του σιταριού σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη, ανάλογα με τον βαθμό πλοειδίας, το γονίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους (Feldman *et al.*, 1995).

Είδη	Γονίωμα	Άγρια		
		Επενδυμένα	Επενδυμένα	Μη Επενδυμένα
<b>Διπλοειδή (2n=14)</b>				
<i>Aegilops speltoides</i>	S(G)	Όλα	-	-
<i>Ae. bicornis</i>	S <sup>b</sup>	Όλα	-	-
<i>Ae. longissima</i>	S <sup>l</sup>	Όλα	-	-
<i>Ae. searsii</i>	S <sup>s</sup>	Όλα	-	-
<i>Ae. squarrosa</i>	D	Όλα	-	-
<i>Triticum urartu</i>	A	Όλα	-	-
<i>T. monococcum</i>	A	ssp. <i>boeoticum</i>	ssp. <i>monococcum</i>	ssp. <i>sinskayae</i>
<b>Τετραπλοειδή(2n=28)</b>				
<i>T. timopheevi</i>	AG	ssp. <i>araraticum</i>	ssp. <i>timopheevi</i>	ssp. <i>militinae</i>
<i>T. turgidum</i>	AB	ssp. <i>dicoccooides</i>	ssp. <i>dicoccum</i>	ssp. <i>durum</i>
		-	-	ssp. <i>turgidum</i>
		-	-	ssp. <i>polonicum</i>
		-	-	ssp. <i>carthlicum</i>
		-	-	ssp. <i>turanicum</i>
<b>Εξαπλοειδή (2n=42)</b>				
<i>T. aestivum</i>	ABD	-	ssp. <i>spelta</i>	ssp. <i>aestivum</i>
		-	ssp. <i>macha</i>	ssp. <i>compactum</i>
		-	ssp. <i>vavilovi</i>	ssp. <i>sphaerococcum</i>

Σύμφωνα με τους Nevo *et al.* (2002), στο διπλοειδές επίπεδο υπάρχουν δύο βασικά είδη σιταριού, το *Triticum monococcum* L. και το *Triticum urartu* Thum. Το *Triticum*

*monococcum* περιλαμβάνει το καλλιεργούμενο είδος *Triticum monococcum* ssp. *aegilopoides* (Link) Thell. Το *Triticum urartu* πιθανώς υπάρχει μόνο στην άγρια μορφή του. Σύμφωνα με τους Morris και Sears (1967), στο τετραπλοειδές επίπεδο υπάρχουν δύο είδη, το *Triticum turgidum* L., το οποίο περιλαμβάνει το άγριο είδος *Triticum turgidum* ssp. *dicocoides* (Korn.) Thell και αρκετά καλλιεργούμενα υποείδη και το *Triticum timopheevi* Zhuk., το οποίο περιλαμβάνει το άγριο είδος *Triticum timopheevi* ssp. *araraticum* (Jakubz.) Mac Key και το καλλιεργούμενο είδος *timopheevi*= *Triticum turgidum* ssp. *timopheevi* (Zhuk.). Στο εξαπλοειδές επίπεδο υπάρχουν επίσης δύο είδη, το *Triticum aestivum* L., το οποίο παρουσιάζει αρκετά υποείδη (Morris and Sears, 1967) και το *Triticum zhukovski* Menab. Et Ericz (πίνακας 1.2.1).

### **1.1.2 Η σημασία της μελέτης των τοπικών πληθυσμών και η ανάγκη διατήρησης της βιοποικιλότητας**

Μέχρι τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα, όλα τα σιτάρια υπήρχαν με τη μορφή τοπικών (φυσικών) πληθυσμών, υψηλής ετερογένειας. Δηλαδή ήταν το αποτέλεσμα της διασταύρωσης συγγενικών σειρών με απομονωμένα υβρίδια. Σύμφωνα με τους Feldman *et al.* (1995), η επιλογή έγινε αρχικά για αύξηση της απόδοσης, αύξηση του μεγέθους του καρπού, για καλύτερευση της ποιότητας των παραγόμενων αλεύρων και για την προσαρμογή σε ένα μεγαλύτερο εύρος αγροκλιματικών συνθηκών. Πολλοί τοπικοί πληθυσμοί σιταριού υπάρχουν ακόμη και σήμερα, επιδεικνύοντας μεσαία ή υψηλά επίπεδα γενετικής παραλλακτικότητας. Ωστόσο, κατά τον περασμένο αιώνα της σύγχρονης βελτίωσης οι τοπικοί πληθυσμοί σιταριού στις προηγμένες γεωργίες, σχεδόν αντικαταστήθηκαν από γενετικά ομοιόμορφες ποικιλίες. Αυτές οι ποικιλίες αρχικά ήταν το αποτέλεσμα της επιλογής από τοπικούς (φυσικούς) πληθυσμούς, αργότερα όμως προήλθαν από επιτυχημένους κύκλους διασταυρώσεων μεταξύ εγκατεστημένων καθαρών σειρών, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις είχαν διαφορετική καταγωγή. Το αποτέλεσμα αυτής της πρακτικής ήταν ένα αξιοσημείωτο στένεμα της γενετικής βάσης σε πολλές, αν όχι σε όλες τις ανεπτυγμένες γεωργίες και ενώ οι αποδόσεις του σιταριού αύξαναν, μαζί με αυτές αυξανόταν και η γενετική ομοιογένεια (Harlan, 1975,1976,1992).

Οι βελτιωμένες ποικιλίες του σιταριού έχουν αναπαραχθεί αμιγώς τα τελευταία εκατό χρόνια, με στόχο τις υψηλές αποδόσεις σε ένα σύστημα καλλιέργειας υψηλών εισροών. Οι σύγχρονες ποικιλίες, σε αντίθεση με τους προγόνους τους ή με τους τοπικούς (φυσικούς) πληθυσμούς, αποτελούν αμιγώς αναπαραγόμενες ποικιλίες. Έχουν σκόπιμα επιλεγθεί ώστε

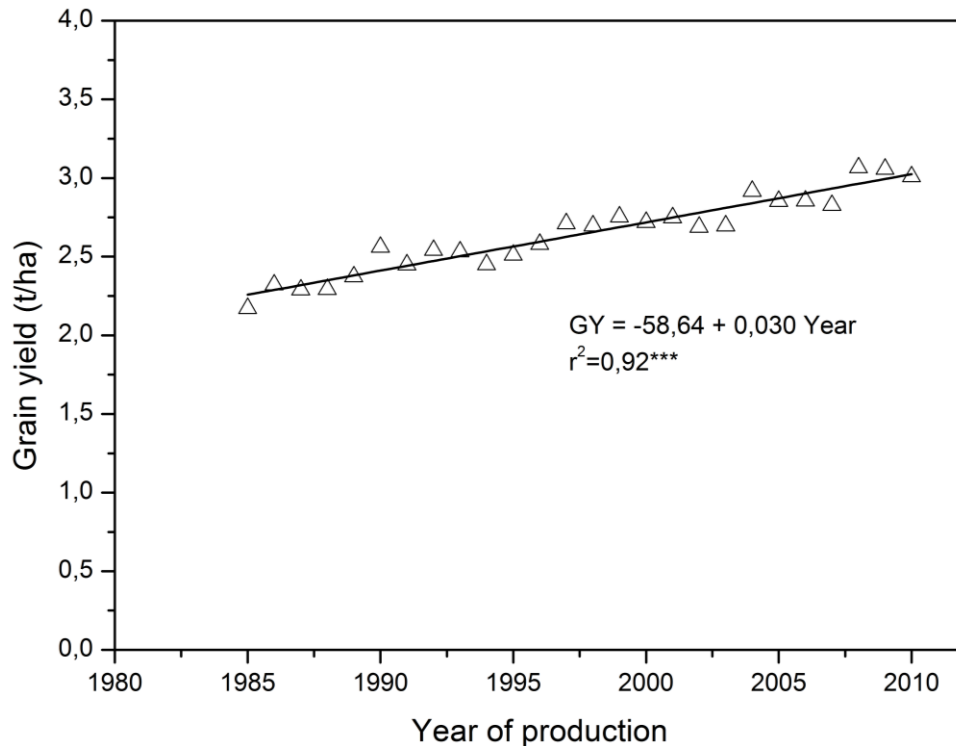
να αποδίδουν σε ένα εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών, κατά συνέπεια έχουν μειωμένη την ανάγκη προσαρμοστικότητας σε συγκεκριμένες τοπικές συνθήκες. Εντούτοις η επίτευξη αυτών των σκοπών, οδήγησε στην επιλογή υψηλού βαθμού ομοιογένειας εντός των ποικιλιών. Επομένως, σύμφωνα με τους Frankel και Soule (1981) και Plucknett *et al.*, (1987), η γενετική βάση των καλλιεργούμενων σιταριών έχει στενέψει με σοβαρό ρίσκο και άρα η μελλοντική τους εξέλιξη βρίσκεται σε κίνδυνο.

Η απώλεια της γενετικής ποικιλότητας ορισμένων από τα παγκοσμίως καλλιεργούμενα φυτά, έχει επιταχυνθεί τις πρόσφατες δεκαετίες, με αποτέλεσμα πολλές από τις σύγχρονες καλλιέργειες να έχουν γίνει ευαίσθητες σε ασθένειες, εντομολογικές προσβολές, αλλά και σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις (Plucknett *et al.*, 1987). Για τον λόγο αυτό, σύμφωνα με τους Plucknett *et al.*, (1987), Brown *et al.*, (1989, 1990) έχει εγκατασταθεί ένα παγκόσμιο δίκτυο τράπεζας γονιδίων, με σκοπό την παροχή γενετικών πόρων στους βελτιωτές, οι οποίοι με τη σειρά τους θα επωμισθούν την εξέλιξη των φυτών ως προς την αντοχή και την ανθεκτικότητα τους και τα οποία θα παραμείνουν σταθερά, αλλά και με υψηλές αποδόσεις. Σύμφωνα με τους Feldman και Sears (1981), η δυναμική *in situ* διατήρηση των άγριων συγγενικών φυτικών ειδών, αποτελεί την πιο σημαντική ελπίδα για τη βελτίωση των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Ωστόσο, η διατήρηση των διαφορετικών βλαστοπλασμάτων δεν μπορεί από μόνη της να είναι επαρκής σε μια τέτοια προσπάθεια. Επομένως, για την επίτευξη μιας πιο αποτελεσματικής χρήσης της αποθηκευμένης γενετικής δεξαμενής, είναι αναγκαίο να μπορούν να προβλεφθούν, να εξεταστούν και να αξιολογηθούν, οι υποσχόμενες γενετικές πηγές και παραλλακτικότητες, οι οποίες εμφανίζονται σε φυσικούς πληθυσμούς και γονότυπους των άγριων συγγενικών (wild relatives) φυτικών ειδών (Nevo *et al.*, 2002).

### **1.1.3 Η συνεισφορά και οι προοπτικές της βελτίωσης στην αύξηση της παραγωγικότητας του σιταριού**

Σύμφωνα με στοιχεία του FAO τα τελευταία 30 χρόνια περίπου η παγκόσμια απόδοση στο σιτάρι μεταβάλλεται μ' ένα θετικό ρυθμό της τάξης των 30 kg ha<sup>-1</sup> έτος<sup>-1</sup> (διάγραμμα 1.1.3). Οι Fischer and Edmeades (2010), διαπίστωσαν ωστόσο ότι ο σχετικός ρυθμός αύξησης της απόδοσης στο σιτάρι παρουσιάζει μία φθίνουσα πορεία. Το πρόβλημα βέβαια είναι ότι ακόμα και αν διατηρηθεί σταθερός ο σχετικός ρυθμός αύξησης της απόδοσης, αρκετές μελέτες υποστηρίζουν ότι δε θα μπορέσει να εμποδίσει την αναμενόμενη

εκτόξευση των τιμών, λόγω της προβλεπόμενης ζήτησης κατά το έτος 2050 (Tweeten and Thompson, 2008).



**Διάγραμμα 1.1.3.** Η μεταβολή της παγκόσμιας απόδοσης του σιταριού για την περίοδο από το έτος 1980 έως το έτος 2010. (FAOSTAT, 2012: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [Ημερομηνία προσπέλασης: 23 Δεκ. 2012]). Grain yield: απόδοση σε καρπό σε τόνους/εκτάριο, year of production: έτος παραγωγής.

Σύμφωνα με προβλέψεις των Ηνωμένων Εθνών το έτος 2050 ο πληθυσμός τη γης αναμένεται να φτάσει τα 9.4 δις. Για τον λόγο αυτόν η ανθρωπότητα πρέπει να προετοιμαστεί και να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για να μπορέσει να σιτίσει 10 δις πληθυσμού τα επόμενα 40-50 χρόνια. Αυτή η δυνατότητα είναι ανάγκη, χωρίς την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, να προέλθει από την αύξηση, τόσο των αποδόσεων, όσο και της αντοχής των σιταριών στις καταπονήσεις, καθώς μαζί και με την ορθολογικότερη χρήση του νερού και των λιπασμάτων (Foulkes *et al.*, 2011).

Σε αυτό το σημείο είναι ανάγκη να γίνει η παράθεση ορισμένων ορισμών που σχετίζονται με την απόδοση του σιταριού:

- Δυνητική απόδοση ή δυναμικό της απόδοσης (yield potential): ονομάζεται η απόδοση που μπορεί να ληφθεί από μία ποικιλία, όταν αναπτύσσεται σ' ένα περιβάλλον (θερμοκρασίας, ηλιακής ακτινοβολίας, φωτοπεριόδου) που παρουσιάζει τη μέγιστη δυνατή προσαρμοστικότητα και καλλιεργείται με τον



πλέον ενδεδειγμένο τρόπο, ώστε τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό να μην αποτελούν περιοριστικό παράγοντα και ταυτόχρονα να υπάρχει πλήρης έλεγχος των βιοτικών παραγόντων καταπόνησης (ζιζάνια, έντομα, ασθένειες) (Evans, 1993; Evans and Fischer, 1999).

- Εφικτή απόδοση (attainable yield): προσεγγίζει χωρίς όμως να φτάνει το επίπεδο της δυνητικής απόδοσης και είναι η μέγιστη απόδοση που μπορεί να ληφθεί στο χωράφι, κάνοντας χρήση της καλύτερης διαθέσιμης τεχνολογίας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Foulkes *et al.*, 2011).
- Απόδοση αγρού (farm yield): είναι η απόδοση που λαμβάνεται στο χωράφι υπό κανονικές καλλιεργητικές συνθήκες και συνήθως αντιπροσωπεύει το 60 με 80% των εφικτών αποδόσεων (Foulkes *et al.*, 2009).

Σύμφωνα με τους Fischer and Edmeades (2010), η διαφορά ανάμεσα στην εφικτή απόδοση και την απόδοση χωραφιού ορίζεται ως το εκμεταλλεύσιμο χάσμα της απόδοσης (exploitable yield gap). Στον πίνακα 1.1.3 παρουσιάζεται η πρόοδος στη βελτίωση της αποδοτικότητας του σιταριού στο Μεξικό (από το CIMMYT), καθώς και στο Ηνωμένο Βασίλειο όπου λαμβάνονται ετησίως, ίσως οι υψηλότερες αποδόσεις παγκοσμίως στο σιτάρι.

Η δυνητική απόδοση παραμένει ο βασικός στόχος της βελτίωσης στο σιτάρι, καθώς συνδέεται άμεσα, τόσο με την εφικτή απόδοση, όσο και με την απόδοση αγρού (Slafer and Calderini, 2005; Fischer and Edmeades, 2010), ακόμη και σε συνθήκες που πολύ συχνά είναι αντίξοες κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των καρπών (Acreche *et al.*, 2008). Η επιλογή για υψηλότερη δυνητική απόδοση, πολύ συχνά είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας του σιταριού, τόσο σε συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων (συνήθως νερού και θερμοκρασίας), όσο και σε φυσιολογικές συνθήκες (Calderini and Slafer, 1999; Slafer *et al.*, 1999; Richards *et al.*, 2002; Araus *et al.*, 2002; Reynolds and Borlaug, 2006; Foulkes *et al.*, 2007).

Στο σιτάρι η βελτίωση της απόδοσης συνδέεται σε πολύ μεγάλο βαθμό με την αύξηση του αριθμού των καρπών ανά μονάδα επιφάνειας (Canevara *et al.*, 1994; Sayre *et al.*, 1997; Brancourt-Hulmel *et al.*, 2003; Shearman *et al.*, 2005; Peltonen-Sainio *et al.*, 2007). Ωστόσο, τα διεθνή στοιχεία δείχνουν ότι η περιορισμένη ικανότητα των καρπών να συσσωρεύουν και να χρησιμοποιούν τα φωτοσυνθετικά προϊόντα (sink strength) συνεχίζει να παραμένει ένας καθοριστικός παράγοντας περιορισμού των αποδόσεων (Fischer, 1985; Slafer and Savin, 1994; Abbate *et al.*, 1998; Miralles *et al.*, 2000; Borrás *et al.*, 2004; Miralles and Slafer, 2007). Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνει βελτίωση της

συγκεκριμένης ικανότητας (sink capacity) εφόσον πρόκειται να αξιοποιηθούν πλήρως οι βελτιώσεις στη βιομάζα και στην αποδοτικότητα χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας (η παραγωγή βιομάζας ανά μονάδα απορροφούμενης ακτινοβολίας; RUE) (Reynolds *et al.*, 2001, 2005, 2009; Acreche and Slafer, 2009).

**Πίνακας 1.1.3.** Η πρόοδος της βελτίωσης του σιταριού στο Μεξικό και στο Ηνωμένο Βασίλειο (Fischer and Edmeades, 2010).

Περιοχή και περίοδος	Δυνητική απόδοση (PY)			Απόδοση αγρού (FY)		Χάσμα απόδοσης
	2007	Μεταβολή	Πρόοδος	2007	Πρόοδος	%FY
	t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> έτος <sup>-1</sup>	% / έτος	t ha <sup>-1</sup>	% / έτος	
Ηνωμένο Βασίλειο, 1989-2008	10,4	61	0,6	8	0,7	30
Μεξικό, 1979-2008	9	23	0,3	6	0,4	50

Ιστορικά, η αύξηση της συγκέντρωσης των φωτοσυνθετικών προϊόντων στον αυξανόμενο στάχυ και στους καρπούς, παρουσιάζει από τις υψηλότερες μονομερείς επιδράσεις στη βελτίωση της δυνητικής απόδοσης στο σιτάρι (Calderini *et al.*, 1999), τόσο σε συνθήκες που επάγουν τη λήψη υψηλών αποδόσεων (Brancourt-Hulmel *et al.*, 2003), όσο και σε συνθήκες καταπόνησης, όπως είναι αυτές που εμφανίζονται στις περιοχές της Μεσογείου (Loss and Siddique, 1994; Acreche *et al.*, 2008). Αν και η αύξηση της βιομάζας φαίνεται ότι συνεισέφερε στην πρόοδο της γενετικής απόδοσης των σύγχρονων ποικιλιών που κυκλοφόρησαν μέχρι και περίπου το 1990 (Donmez *et al.*, 2001; Shearman *et al.*, 2005), υπάρχουν ξεκάθαρες ενδείξεις ότι στις σύγχρονες ποικιλίες ο περιορισμός της απόδοσης, οφείλεται περισσότερο στις περιορισμένες δυνατότητες των καταναλωτικών κέντρων (sink limitation), παρά στις δυνατότητες παραγωγής και μεταφοράς φωτοσυνθετικών προϊόντων (source limitation) κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των καρπών (Borrás *et al.*, 2004). Με βάση το συγκεκριμένο ζήτημα οι Reynolds *et al.* (2005), αναφέρουν ότι υπάρχει περίπτωση να μη μπορεί να γίνει εκμετάλλευση της τρέχουσας βελτιωμένης φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών κατά τη διάρκεια του γεμίσματος των καρπών, εφόσον αυτή δε μπορέσει να συνδυαστεί και με μία αντίστοιχη βελτίωση στη γονιμότητα του στάχυ. Επομένως, αν αναμένεται η βελτίωση στη φωτοσύνθεση να αποφέρει μία επιπλέον αύξηση στην απόδοση, πρέπει μεγαλύτερη ποσότητα φωτοσυνθετικών προϊόντων να αφομοιωθούν στους αναπτυσσόμενους στάχεις και επιπλέον

ο αριθμός των καρπών ή το δυνητικό μεγεθός τους να αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό, που να μπορεί να φιλοξενήσει τα επιπλέον φωτοσυνθετικά προϊόντα (Foulkes *et al.*, 2011).

Η αύξηση των αποδόσεων λόγω της εισαγωγής των ημιάνων ποικιλιών κατά τη διάρκεια της «Πράσινης επανάστασης» της δεκαετίας του 60 και 70, σχετίστηκε με τη μείωση του ύψους των φυτών, τη μείωση του πλαγιάσματος, καθώς και με τον περιορισμό του τροφικού ανταγωνισμού με το αναπτυσσόμενο στέλεχος, το οποίο είχε ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ανάπτυξη των στάχων, την παραγωγή περισσότερων καρπών ανά μονάδα επιφάνειας και την επίτευξη υψηλότερων τιμών του δείκτη συγκομιδής (Fischer and Stockman, 1986). Σύμφωνα με τον Fischer (2007), η μεγαλύτερη πρόοδος στη δυνητική απόδοση σχετίστηκε με την αύξηση των τιμών του δείκτη συγκομιδής. Ειδικότερα, μελέτες που έγιναν σε ποικιλίες σιταριού και κριθαριού που καλλιεργούνταν κατά τον τελευταίο αιώνα, έδειξαν ότι η αύξηση της απόδοσης συσχετιζόταν άμεσα με την αύξηση κατά 30 με 55% του δείκτη συγκομιδής (Slafer *et al.*, 1994; Cattivelli *et al.*, 1994). Ο Austin (1980), υπολόγισε ένα υποθετικό όριο ως προς τη μέγιστη τιμή που μπορεί να λάβει ο δείκτης συγκομιδής και η οποία κυμαίνεται κοντά στο 60%. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι ακόμη και οι καλύτερες ποικιλίες του Ηνωμένου Βασιλείου παρουσιάζουν τιμές του συντελεστή συγκομιδής κοντά στο 48-50% (Shearman *et al.*, 2005), δηλαδή αρκετά κάτω από το όριο που έθεσε ο Austin (1980), ενώ οι γενετικά ανοιξιάτικες ποικιλίες σπάνια ξεπερνούν το 45% (Sayre *et al.*, 1997). Αυτό δείχνει ότι υπάρχουν αρκετά περιθώρια για τη βελτίωση του συγκεκριμένου δείκτη (Fischer, 2007).

Η βελτίωση της απόδοσης σε καρπό κατά το παρελθόν, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης των θρεπτικών στοιχείων, αλλά ταυτόχρονα οδήγησε και σε αύξηση των απαιτήσεων για θρέψη (αυξήθηκε η άριστη οικονομική δόση σε λίπασμα) και ειδικά σε άζωτο, όταν οι συνθήκες επιτρέπουν την επίτευξη υψηλών αποδόσεων (Foulkes *et al.*, 1998; Sylvester-Bradley and Kindred, 2009)

### **1.1.3.1 Στρατηγικές ώστε να ξεπεραστούν οι περιορισμοί στη γονιμότητα των στάχων και στον δείκτη συγκομιδής**

Ένας αρχικός τρόπος, ο οποίος βεβαία στήριζεται από τα αποτελεσματα πρόσφατων μελετών, είναι με τη βελτιστοποίηση του αναπτυξιακού προτύπου των ποικιλιών. Αρκετές φυσιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η αύξηση του αριθμού των καρπών που καταφέρνουν και σχηματίζονται, προκαλούν σχεδόν παράλληλη αύξηση στην απόδοση και επίσης, ο αριθμός των καρπών και ως εκ τούτου και ο αριθμός των γόνιμων ανθέων

σχετίζεται πολύ ισχυρά με το ξηρό βάρος των στάχων στην άνθηση (Fischer and Stockman, 1980; Kirby, 1988; Siddique *et al.*, 1989; González *et al.*, 2003b, 2005b). Καθώς η ανάπτυξη των στάχων λαμβάνει χώρα σε μία σχετικά σύντομη περίοδο πριν την άνθηση και η οποία συμπίπτει με την αύξηση του στελέχους, έχει προταθεί ότι μία τροποποίηση της περιόδου αυτής μπορεί να επιφέρει βελτίωση στο ξηρό βάρος των στάχων στην άνθηση, καθώς και στον αριθμό των καρπών (Slafer *et al.*, 2001). Εξάλλου, πολύ πρόσφατα στοιχεία απέδειξαν ότι όσο επιμηκύνεται η διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης, τόσο μειώνεται και το ποσοστό των ανθέων που τελικά εκφυλίζονται και νεκρώνονται (González *et al.*, 2011; Isidro *et al.*, 2011), με αποτέλεσμα να υπάρχουν περισσότερα ικανά άνθη κατά το στάδιο της άνθησης για να σχηματίσουν καρπό. Οι Isidro *et al.* (2011), σύγκριναν παλιές και σύγχρονες ιταλικές και ισπανικές ποικιλίες σκληρού σιταριού για να διαπιστώσουν τις μεταβολές που προήλθαν από τη γενετική βελτίωση κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Για τον λόγο αυτό κατέταξαν το πειραματικό τους υλικό σε τρεις κατηγορίες: στις παλιές ποικιλίες (χρησιμοποιούνταν πριν το 1945), τις ενδιάμεσες (χρησιμοποιούνταν από το 1950 έως το 1985) και τις σύγχρονες (ήταν εμπορικά διαθέσιμες ανάμεσα στο 1988 και 2000). Από τα αποτελέσματά τους διαπίστωσαν ότι η βελτίωση στις σύγχρονες ποικιλίες οδήγησε στην αύξηση της διάρκειας των σταδίων από τη διόγκωση του κολεού μέχρι την άνθηση, δηλαδή στη περίοδο η οποία είναι και η πιο σημαντική για τον καθορισμό του τελικού αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης.

Μία άλλη στρατηγική που μπορεί να ακολουθηθεί θεωρητικά για την αύξηση της αφομοίωσης των φωτοσυνθετικών προϊόντων στους καρπούς, είναι με τη μείωση του ανταγωνισμού από άλλα εναλλακτικά κέντρα κατανάλωσης φωτοσυνθετικών προϊόντων (sinks), ειδικά κατά τη διάρκεια της περιόδου επιμήκυνσης του στελέχους, όπου γίνεται και ο καθορισμός του αριθμού των καρπών (Fischer, 1985; Kirby, 1988). Αυτά τα ανταγωνιστικά καταναλωτικά-αφομοιωτικά κέντρα περιλαμβάνουν τις ρίζες, τα φύλλα, τα στελέχη, καθώς και τα άγονα αδέλφια (Foulkes *et al.*, 2011). Οι Reynolds *et al.* (2009), σε μία πρόσφατη ανασκόπηση παρουσίασαν το γενετικό εύρος των παραπάνω φυτικών οργάνων, όσον αφορά τη δυναμική τους ως καταναλωτικά κέντρα φωτοσυνθετικών προϊόντων και ως εκ τούτου ξηράς ουσίας. Τα στοιχεία τους παρουσιάστηκαν ως ποσοστό επί της βιομάζας του υπέργειου τμήματος των φυτών. Σε γενικές γραμμές παρατήρησαν ότι το εύρος των τιμών για τους στάχους ήταν 12-29%, για τα ελάσματα των φύλλων 19-31% και για τα στελέχη μαζί με τους κολεούς των φύλλων 48-63%. Επίσης, η ξηρή ουσία που χάθηκε στα άγονα αδέλφια αντιπροσώπευε το 2-15% της βιομάζας του υπέργειου τμήματος των φυτών (Berry *et al.*, 2003), ενώ η ξηρή ουσία που αποθηκεύτηκε στη ρίζα

αντιπροσώπευε το 6-17% της συνολικής βιομάζας των φυτών. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν ότι υπάρχει δυνατότητα αύξησης της αφομοίωσης των φωτοσυνθετικών προϊόντων στους στάχεις σε βάρος άλλων φυτικών οργάνων (Foulkes *et al.*, 2011).

#### **1.1.4 Κωδικοποίηση της ανάπτυξης και της μορφολογίας του σιταριού**

Παρά το γεγονός ότι η ποσοτική περιγραφή της ανάπτυξης των σιτηρών είχε ήδη ξεκινήσει από το 19<sup>ο</sup> αιώνα (Lermer and Holzner, 1888; Nowacki, 1886), ήταν το 1941 όπου ο Feekes επεξεργάστηκε μία από τις πιο σημαντικές φαινολογικές κλίμακες για τα σιτηρά, η οποία βασίστηκε σε 5 αναπτυξιακές περιόδους: α) αδελφωμα, β) καλάμωμα, γ) ξεστάχασμα, δ) άνθηση και ε) ωρίμανση. Τις περιόδους αυτές ο Feekes (1941), τις υποδιαίρεσε σε 23 στάδια και έτσι απέκτησε μία ποσοτική κλίμακα, η οποία περιελάμβανε την ανάπτυξη των σιτηρών, από την εμφάνιση του πρώτου φύλλου μέχρι και την οικονομική ωρίμανση των παραγόμενων καρπών. Το ενδιαφέρον του Feekes (1941), ως φυτοπαθολόγου είναι έκδηλο από το γεγονός ότι τα μεταγενέστερα στάδια της ανάπτυξης των σιτηρών παρουσιάζονται με περισσότερη λεπτομέρεια σε σχέση με τα αρχικά (Large, 1954). Λίγο αργότερα οι Keller and Baggiolini (1954), τροποποίησαν ελαφρώς τη συγκεκριμένη κλίμακα και χρησιμοποίησαν ένα αλφαβητικό σύστημα για να κωδικοποιήσουν την ανάπτυξη. Ο Chancellor (1966), επεξεργάστηκε τα αρχικά στάδια της κλίμακας αυτής με σκοπό τη βελτίωση της χρήσης της κατά την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων. Μια καλύτερη προσπάθεια ως προς τα αρχικά στάδια και πάλι όμως για χρήση της κλίμακας ως οδηγό κατά την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων, είχε γίνει νωρίτερα από τους Woodford and Evans (1965), οι οποίοι περιέγραψαν τα αρχικά στάδια με αρκετή λεπτομέρεια, όχι όμως και τα μεταγενέστερα (Landes and Porter, 1989).

Ο Haun (1973), δημιούργησε μία φαινολογική κλίμακα που έτυχε ευρείας αποδοχής ειδικά στις Η.Π.Α. και η οποία βασιζόταν στην ανάπτυξη των φύλλων. Σύμφωνα με τους Cabeza *et al.* (1996), οι βασικοί λόγοι που κατατάσσουν τη συγκεκριμένη κλίμακα ανάμεσα στις πιο σημαντικές είναι η ευαισθησία της, η απλότητα στη χρήση, καθώς και η γραμμική της σχέση με τον χρόνο και τις θερμικές μονάδες. Διεθνώς η χρήση της έχει πραγματοποιηθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό (Klepper *et al.*, 1982; Bauer *et al.*, 1984; Kirby *et al.*, 1985; Cao and Moss, 1989, 1991; Hay and Delecolle, 1989; Cabeza *et al.*, 1993; Wilhelm and McMaster, 1995; Cabeza *et al.*, 1996). Την ίδια χρονιά με τον Haun (1973), δημοσιεύτηκε μια νέα φαινολογική κλίμακα από την Kuperman (1973), της οποίας τα στάδια δεν συνέπιπταν με την κλίμακα του Feekes (1941) και οι Landes and Porter (1989),

τη χαρακτήρισαν περισσότερο ποιοτική παρά ποσοτική. Το επόμενο έτος ωστόσο, οι Zadoks *et al.* (1974), πρότειναν μία κλίμακα όπου μέχρι και σήμερα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εφαρμογή διεθνώς και χαρακτηρίζεται από την πληρότητά της ως προς την περιγραφή της συνολικής εξωτερικής ανάπτυξης των σιτηρών, από το στάδιο της ενυδάτωσης των σπόρων και την έναρξη της διαδικασίας του φυτρώματος, μέχρι και την πλήρη ωρίμανση των καρπών.

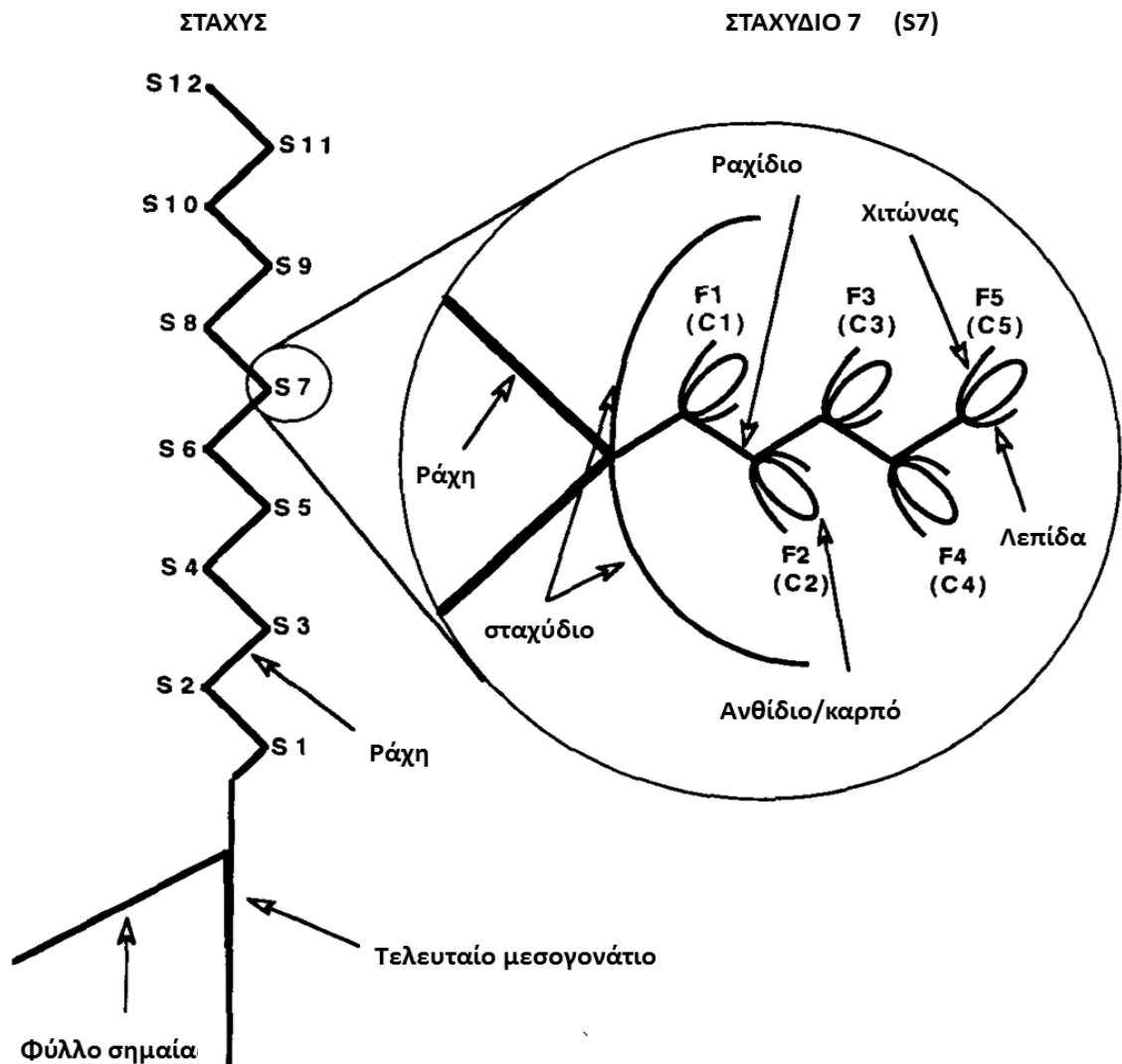
Μία από τις τελευταίες προσπάθειες πραγματοποιήθηκε από τους Waldren and Flowerday (1979), οι οποίοι διατύπωσαν μία δεκαβάθμια κλίμακα της εξωτερικής ανάπτυξης των σιτηρών. Κάποια από τα στάδιά τους υποδιαιρούνται, αλλά σε καμία περίπτωση δεν παρουσιάζουν την αναλυτική περιγραφή της κλίμακας των Zadoks *et al.* (1974). Οι Landes and Porter (1989), σε μια εξαιρετική ανασκόπηση παρουσίασαν μια συγκριτική μελέτη όλων των γνωστών προσπαθειών για την κωδικοποίηση της εξωτερικής ανάπτυξης των σιτηρών.

Όσον αφορά την κωδικοποίηση της εσωτερικής ανάπτυξης του σιταριού και συγκεκριμένα της μορφογένεσης του ακραίου μεριστώματος αλλά και του εμβρυακού στάχυ, έχουν γίνει αρκετές δημοσιεύσεις κατά το παρελθόν (Lerner and Holzner, 1888; Bonnet, 1936; Andersen, 1954; Barnard, 1954; Friend *et al.*, 1963; Williams, 1966a; Langer and Hanif, 1973; Kirby, 1974; Nicholls, 1974; Nerson *et al.*, 1980; Kirby and Appleyard, 1981; George, 1982; Waddington *et al.*, 1983; Gardner *et al.*, 1985; Stefany, 1993; Nátrová and Jokeš 1993). Μια αναλυτικότερη περιγραφή τους παρουσιάζεται ωστόσο στο κεφ. 4.1. Για την αναλυτικότερη μελέτη τόσο του σιταριού, όσο και των υπόλοιπων σιτηρών, εκτός από τη δημιουργία κλιμάκων για την περιγραφή της εσωτερικής και εξωτερικής ανάπτυξης, έχουν προταθεί και συστήματα ονοματολογίας των επιμέρους βλαστικών και αναπαραγωγικών οργάνων. Αρκετά από αυτά τα συστήματα απαριθμούν την εμφάνιση των πραγματικών φύλλων κάθε στελέχους ακροπεταλικά ξεκινώντας από το πρώτο εμφανιζόμενο φύλλο το οποίο ονοματίζεται ως L1 το δεύτερο L2 κτλ. (Jewis, 1972; Klepper *et al.*, 1982, 1983a). Ο Jewis (1972), πρότεινε ένα σύστημα για την ονομασία των αδελφιών, το οποίο τροποποιήθηκε και επεκτάθηκε και από άλλους (Klepper *et al.*, 1982, 1983a). Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιεί τον αριθμό του φύλλου και το μητρικό στέλεχος για να μπορέσει να ονομάσει το κάθε αδέφι. Τα αδέφια που προέρχονται από τις μασχάλες των φύλλων του κύριου στελέχους (MS) καλούνται ως πρωτογενή αδέφια (primary tillers) και λαμβάνουν το γράμμα «T» μαζί μ' ένα μονοψήφιο αριθμό, ο οποίος συμβολίζει τον αριθμό του φύλλου πάνω στο κύριο στέλεχος. Για παράδειγμα, το αδέφι που εμφανίζεται από το πρώτο φύλλο του κύριου στελέχους καλείται ως «T1». Τα αδέφια

που προέρχονται από τις μασχάλες των φύλλων που εκφύονται στα πρωτογενή αδέρφια καλούνται ως δευτερογενή (secondary) και λαμβάνουν ένα διψήφιο αριθμό. Αντίστοιχα, τα αδέρφια που προέρχονται από τις μασχάλες των φύλλων που εκφύονται στα δευτερογενή αδέρφια καλούνται ως τριτογενή (tertiary) και λαμβάνουν ένα τριψήφιο αριθμό. Με τον

**Πίνακας 1.1.4.** Σύγκριση συστημάτων κωδικοποίησης και ονοματολογίας φυτικών οργάνων.

Φυτικά όργανα	Συστήματα ονοματολογίας	
	Klepper <i>et al.</i> (1982)	Moragues and McMaster (2012)
Κύριο στέλεχος	MS	MS
Πρωτογενή αδέρφια	T1	T01
	T2	T02
	T3	T03
	...	...
	T12	T12
	...	...
Δευτερογενή αδέρφια	Tn	Tn
	T10	T01:00
	T11	T01:01
	T12	T01:02
	...	...
Τριτογενή αδέρφια	T110	T01:01:00
	T111	T01:01:01
	T112	T01:01:02
	...	...
Φύλλα κύριου στελέχους	L1	MS:L1
	L2	MS:L2
	...	...
Φύλλα πρωτογενών αδελφιών	L11	T01:L1
	L12	T01:L2
	L21	T02:L1
	...	...



**Διάγραμμα 1.1.4.** Διαγραμματική απεικόνιση της κωδικοποίησης και ονοματολογίας των αναπαραγωγικών οργάνων του σιταριού (Wilhelm and McMaster, 1996).

ίδιο τρόπο συνεχίζεται το σύστημα για τεταρτογενή αδέρφια, κτλ. Η τελευταία τροποποίηση αυτού του συστήματος έγινε από τους Moragues and McMaster (2012), όπως παρουσιάζεται στον πίνακα 1.1.4.

Οι Wilhelm and McMaster (1996), πρότειναν μία κωδικοποίηση των αναπαραγωγικών οργάνων του σιταριού. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη κωδικοποίηση το πρώτο σταχύδιο της βάσης του στάχου καλείται «S1», το δεύτερο «S2» το τρίτο «S3», κτλ. (διάγραμμα 1.1.4). Τα ανθίδια μέσα σε κάθε σταχύδιο είναι ακροπεταλικά ορισμένα, με το πρώτο ανθίδιο το οποίο βρίσκεται στη βάση του άξονα του ραχιδίου να ονομάζεται ως «F1», το αμέσως επόμενο από επάνω «F2», κτλ. Επιπλέον, μετά τη γονιμοποίηση η ονομασία των ανθέων αλλάζει



από το γράμμα «F», στο γράμμα «C», το οποίο συμβολίζει το σχηματιζόμενο καρπό (καρύοψη, caryopsis).

## **1.2. Η αναπαραγωγική ανάπτυξη του σιταριού**

### **1.2.1 Η μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος από τη βλαστική στην αναπαραγωγική φάση**

Το κορυφαίο μερίστωμα παρουσιάζει μία επαρκή ανάπτυξη ακόμη και εντός του εμβρύου. Ωστόσο από τη βλάστηση του σπόρου και μετά, αλλάζει μορφή και πολυπλοκότητα, σχηματίζοντας στην αρχή φύλλα και έπειτα άνθη (Bonnet, 1966; Williams, 1975; Kirby and Appleyard, 1981; Gardner *et al.*, 1985; Kirby and Appleyard, 1987). Κατά τη χρονική περίοδο που το κορυφαίο μερίστωμα βρίσκεται στη βλαστική φάση, το σχήμα του είναι σφαιρικό, έχει μήκος περίπου 0,2 mm και σχηματίζει μόνο φύλλα. Στα αριστερά και στα δεξιά της μεριστωματικής κορυφής δημιουργούνται συνεχώς καταβολές φύλλων, που ωστόσο στη συνέχεια τη θέση τους θα πάρουν οι καταβολές των σταχυδίων (Kirby and Appleyard, 1981).

Η μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος από τη βλαστική στην αναπαραγωγική φάση πραγματοποιείται στο στάδιο της μονής πλευράς, εφόσον γίνει αποκάλυψη του κορυφαίου μεριστώματος ή διαφορετικά στο στάδιο του αδελφώματος, αν χρησιμοποιηθούν εξωτερικοί μορφολογικοί χαρακτήρες (McMaster, 1997). Η διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης παραλλάσει μεταξύ των διαφορετικών γονοτύπων. Οι ημινάνες ποικιλίες που έχουν προέλθει από την ιαπωνική ποικιλία Norin 10 έχουν την τάση να καταναλώνουν περισσότερο χρόνο στη φάση της μετάπτωσης, σχηματίζοντας έτσι περισσότερες μονές πλευρές σε σχέση με τις κανονικές ποικιλίες (Fisher, 1973). Η μετάπτωση από τη βλαστική στην αναπαραγωγική φάση μπορεί να επηρεαστεί από τουλάχιστον τέσσερα σήματα: εαρινοποίηση, φωτοπερίοδο, σε μερικές περιπτώσεις εαρινοποίηση σε μικρές ημέρες, καθώς και από το αν έχουν ήδη σχηματιστεί αρκετά φύλλα (εσωτερικό σήμα) (McMaster, 1997). Ωστόσο, δεν ανταποκρίνονται όλες οι ποικιλίες σε όλα τα σήματα (Hay and Kirby, 1991).

Σε αρκετές αναφορές σχεδόν παραλείπεται το γεγονός ότι μέχρι το στάδιο της μετάπτωσης και γενικά κατά το αδελφωμα, το κορυφαίο μερίστωμα βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (Hay, 1986). Από το στάδιο του αδελφώματος μέχρι και την ωρίμανση το κορυφαίο μερίστωμα αναπτύσσεται υπό την επίδραση των μικροκλιματικών συνθηκών που δημιουργούνται στο υπέργειο τμήμα του φυτού. Ο Purvis (1961),

διαπίστωσε ότι το κορυφαίο μερίστωμα αντιλαμβάνεται με άμεσο τρόπο τη θερμοκρασία. Εξάλλου, τα περισσότερα αναπτυξιακά μοντέλα ενσωματώνουν κάποιο είδος θερμικών μονάδων ή την ανταπόκριση στη θερμοκρασία που επικρατεί στο υπέργειο μέρος των φυτών (McMaster, 1997)

### 1.2.2 Η πρώτη αναπαραγωγική περίοδος

Καθώς η εξέλιξη προχωράει, το ακραίο μερίστωμα αποκτά πιο κυλινδρική μορφή, κάτι που υποδεικνύει ότι αρχίζει ο σχηματισμός των καταβολών των σταχυδίων και επομένως ξεκινά και η αναπαραγωγική φάση. Το επόμενο αναγνωρίσιμο στάδιο είναι το στάδιο της διπλής πλευράς στο οποίο κάθε σχηματιζόμενη καταβολή παρουσιάζει δύο πλευρές (διπλή πλευρά) και το μήκος του εμβρυακού στάχυ είναι περίπου 1.2 mm. Η κατώτερη πλευρά του μελλοντικού στάχυ αποτελεί καταβολή φύλλου, της οποίας η περαιτέρω εξέλιξη συνήθως αναστέλλεται (εικόνα 1.2.2) (Kirby and Appleyard, 1981). Σύμφωνα με τους Harrell *et al.* (1993), η εμφάνιση του σταδίου της διπλής πλευράς πραγματοποιείται πριν την έναρξη του καλαμώματος και συμπίπτει με την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων της ράχης του στάχυ στα ανοιξιάτικα σιτάρια (Holmes, 1973). Σύμφωνα με τους Kirby *et al.* (1999), η διάρκεια της φάσης από τη σπορά και μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς εξαρτάται τουλάχιστον από δύο φυσιολογικές διαδικασίες. Αρχικά από το ρυθμό με τον οποίο γίνεται ο κορεσμός των αναγκών σε εαρινοποίηση και δεύτερον από την αντίδραση των φυτών στη φωτοπερίοδο. Ωστόσο, μέχρι να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των φυτών σε εαρινοποίηση, η φωτοπερίοδος θεωρείται ότι δεν ασκεί ουσιαστικές επιδράσεις πάνω στα φυτά (Jamieson *et al.*, 1998). Γενικά δεν υπάρχει κάποιο ορατό σημάδι (Hay and Kirby, 1991) ή κάποια βιοχημική μεταβολή που να δείχνει πότε έχουν ικανοποιηθεί οι ανάγκες του σιταριού σε εαρινοποίηση, παρά μόνο η επακόλουθη έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου, η οποία διαπιστώνεται στο σιτάρι με την εμφάνιση του σταδίου της διπλής πλευράς και το οποίο με τη σειρά του επιβεβαιώνει την εκπλήρωση των αναγκών του σε εαρινοποίηση (Slafer and Rawson, 1994). Αν και το στάδιο της διπλής πλευράς (double ridge stage) μπορεί να χρησιμοποιείται ως μορφολογική ένδειξη έναρξης της περιόδου διαφοροποίησης και σχηματισμού των ανθέων, εντούτοις οι πρώτες καταβολές σταχυδίων διαφοροποιούνται πριν από το στάδιο αυτό (Delécolle *et al.*, 1989; Kirby, 1990)



**Εικόνα 1.2.2.** Όψη εμβρυακού στάχου στο στάδιο της διπλής πλευράς, όπου διακρίνονται οι καταβολές των φύλλων και των σταχυδίων

Στο συγκεκριμένο στάδιο φαίνονται πλέον καθαρά οι καταβολές των σταχυδίων, εντούτοις ο αριθμός τους είναι ο μισός ή ακόμη και μικρότερος από αυτόν που πρόκειται να σχηματιστεί τελικά (Baker and Gallagher, 1983a; Kirby, 1985). Άλλες εργασίες παρουσιάζουν αντιφατικά στοιχεία, καθώς σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους ο αριθμός των σταχυδίων που σχηματίζονται στο στάδιο της διπλής πλευράς, κυμαίνεται από το 9 έως το 80% του αριθμού των σταχυδίων που πρόκειται τελικά να σχηματιστούν (Delecolle *et al.*, 1989). Ο τελικός αριθμός των σταχυδίων είναι γενικά υπό συζήτηση, καθώς μπορεί να είναι αποτέλεσμα της ποικιλίας, του αριθμού των απλών πλευρών, καθώς και του χρόνου που διαρκεί η φάση της μετάπτωσης του κορυφαίου μεριστώματος από βλαστικό σε αναπαραγωγικό (Fisher, 1973). Επίσης, έχει βρεθεί ότι επηρεάζεται και σημαντικό βαθμό από την υδατική κατάσταση των φυτών (Oosterhuis and Cartwright, 1983; Frank *et al.*, 1987; McMaster *et al.*, 1994; Denčić *et al.*, 2000; Elhani *et al.*, 2007; Rassaa *et al.*, 2008). Ο Morgan (1971), συμπληρώνει ότι η υδατική καταπόνηση πριν το ξεστάχυσμα δεν προκαλεί θνησιμότητα σταχυδίων, εκτός και αν όλο το φυτό νεκρωθεί. Ο τελικός αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ, σύμφωνα με τους Allison και Daynard (1976), παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα μεταξύ των ποικιλιών και μπορεί να προσεγγίσει ένα μέγιστο, το οποίο είναι περίπου 30 σταχύδια ανά στάχυ.

Η αγγειακή σύνδεση μεταξύ των σταχυδίων και της ράχης του στάχου εγκαθίσταται περίπου κατά την έναρξη της ανθικής διαφοροποίησης (Whingwiri *et al.*, 1981), ενώ ο αριθμός των σταχυδίων φαίνεται ότι καθορίζει την ποσότητα του αγγειακού ιστού που απαιτείται να διαφοροποιηθεί (Evans *et al.*, 1970).

Η εμφάνιση των καταβολών των σταχυδίων πραγματοποιείται ακροπεταλικά (από τη βάση προς την κορυφή) (Barnard, 1955; Bonnett, 1966; Kirby, 1974) και είναι δύο με τρεις φορές γρηγορότερη από το σχηματισμό των καταβολών των φύλλων (Kirby, 1974; Baker and Gallagher, 1983a,b; Malvoisin, 1984; Delecalle *et al.*, 1989; Nerson *et al.*, 1990; Grieve *et al.*, 1993). Ωστόσο, ο ρυθμός αυτός παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των ποικιλιών (Allison and Daynard, 1976). Επίσης, έχει βρεθεί ότι μεταβάλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη διάρκεια της ημέρας (Rawson 1971b; Allison and Daynard 1976; Rahman and Wilson 1977; Stern and Kirby 1979; Rahman 1980; Kirby *et al.*, 1987; Delecalle *et al.*, 1989). Αρκετές μελέτες αναφέρουν ότι η διαφοροποίηση των καταβολών που προορίζονται να γίνουν σταχύδια, παρουσιάζει γραμμική σχέση με τη θερμοκρασία (Baker and Gallagher, 1983b; Mohapatra *et al.*, 1983; Malvoisin, 1984; Hunt and Charleau, 1986; Kirby *et al.*, 1989), αν και σε συγκεκριμένες χρονιές και ποικιλίες αυτή η σχέση μπορεί να είναι και καμπυλόγραμμη (Hunt and Charleau, 1986).

### **1.2.3 Η φάση της διαφοροποίησης των σταχυδίων**

Από το στάδιο της διπλής πλευράς και μετά η εξέλιξη επικεντρώνεται στη διαφοροποίηση των σταχυδίων, καθώς αρχίζουν και διαμορφώνονται τα διαφορετικά τμήματα των ανθέων (χιτώνες, λεπίδες, λέπυρα, στήμονες, ωθήκες, κ.α). Με την έναρξη της διαφοροποίησης των ανθικών καταβολών πραγματοποιείται μία βασική μεταβολή στο αναπτυξιακό πρότυπο του στάχου και το οποίο διατηρείται μέχρι και τη φυσιολογική ωρίμανση (McMaster, 1997). Έως και το σημείο αυτό η διαφοροποίηση και έκπτυξη νέων φύλλων και σταχυδίων πραγματοποιούνταν ακροπεταλικά, ωστόσο δε συμβαίνει το ίδιο και με τη διαφοροποίηση των σταχυδίων. Η παρατήρηση της μορφογένεσης στο σιτάρι οδήγησε στη διαπίστωση ότι δε διαφοροποιούνται πρώτα τα σταχύδια της βάσης, αλλά η διαφοροποίηση ξεκινά από τα σταχύδια που βρίσκονται στη μέση του αναπτυσσόμενου στάχου και προχωρά προς τις άκρες (Barnard, 1955; Bonnett, 1966; Williams, 1966a; Fisher, 1973; Kirby, 1974; Sibony and Pinthus, 1988). Ωστόσο, επικρατεί μια διαφωνία για το κατά πόσο τα σταχύδια της βάσης (Kirby, 1974) ή της κορυφής (Whingwiri and Stern, 1982) είναι αυτά που διαφοροποιούνται πρώτα. Εντός όμως των σταχυδίων η διαφοροποίηση έχει

κατεύθυνση από τη βάση τους και προς την κορυφή και επιπλέον ο σχηματισμός των ανθέων πραγματοποιείται πρώτα στα κεντρικά στελέχη και μετά στα αδέρφια (McMaster, 1997).

Οι περισσότερες αναφορές διεθνώς συνηγορούν στο γεγονός ότι ο σχηματισμός των ανθέων μέσα στα σταχύδια ξεκινά λίγο πριν σχηματιστεί το τελευταίο σταχύδιο στο στάχυ (Andersen, 1954; Barnard, 1954; Williams, 1966a; Kirby, 1974; Nicholls, 1974; Kirby and Appleyard, 1981; Waddington *et al.*, 1983; Gardner *et al.*, 1985). Ωστόσο, ο αριθμός των ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις από μελέτη σε μελέτη. Για παράδειγμα, ο Kirby (1974, 1985), κατά το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου βρήκε περίπου 2-3 ανθίδια ανά σταχύδιο, στα σταχύδια που εδράζονταν στη μέση και ελαφρώς προς τη βάση της ράχης του στάχυ. Οι Whingwiri και Stern (1982), αναφέρουν ότι η διαφοροποίηση και ο σχηματισμός ανθέων ξεκινά σε όλα τα σταχύδια του στάχυ πριν το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου. Επίσης, παρατήρησαν ότι το 48% των τρίτων ανθέων ανά σταχύδιο, ξεκινούν τη διαφοροποίηση και το σχηματισμό τους πριν την εμφάνιση του τελευταίου σταχυδίου, το 40% μετά την εμφάνιση του τελευταίου σταχυδίου και το υπόλοιπο ποσοστό κατά τη διάρκεια της εμφάνισης του τελευταίου σταχυδίου. Σύμφωνα με τους ίδιους, το μεγαλύτερο ποσοστό της διαφοροποίησης και σχηματισμού των τέταρτων ανθέων ανά σταχύδιο πραγματοποιείται 1-8 ημέρες μετά το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου.

Η φάση της διαφοροποίησης νέων σταχυδίων ολοκληρώνεται με το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου (terminal spikelet stage) στο κορυφαίο μερίστωμα (Slafer *et al.*, 2009). Αυτό συμβαίνει λίγο πριν την έναρξη του καλαμώματος (Baker and Gallagher, 1983a) και συμπίπτει με την πρώτη εμφάνιση της καταβολής των στημόνων (Williams 1966a; Fisher, 1973). Η θέση σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου χαρακτηρίζεται από την περιστροφή κατά 90° σε σχέση με το επίπεδο έκφυσης των υπόλοιπων σταχυδίων (Bonnet, 1966; Hay and Kirby, 1991). Στο στάδιο αυτό έχει διαμορφωθεί πλέον ο τελικός αριθμός των σταχυδίων του αναπτυσσόμενου στάχυ (Allison and Daynard, 1976; Kirby and Appleyard, 1981) και από το σημείο αυτό και μετά η έμφαση δίνεται στη διαφοροποίηση των ανθέων. Ωστόσο έχει βρεθεί ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του μήκους της βλαστικής φάσης και του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ. Δηλαδή, επιμηκύνοντας τη διάρκεια της βλαστικής ανάπτυξης του κορυφαίου μεριστώματος, παρουσιάζεται αύξηση στον αριθμό των σταχυδίων και παράλληλα αύξηση στον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο (Rahman *et al.*, 1977; Miralles *et al.*, 2000; Fernada *et al.*, 2003). Οι Isidro *et al.* (2011), βρήκαν ότι η διάρκεια από τη σπορά και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του

τελευταίου σταχυδίου, με ελάχιστες εξαιρέσεις, ήταν συστηματικά μεγαλύτερη στις παλιές ιταλικές και ισπανικές ποικιλίες σκληρού σιταριού σε σχέση με τις σύγχρονες.

#### 1.2.4 Η διαφοροποίηση των ανθέων

Η διαφοροποίηση και ανάπτυξη των ανθέων αρχίζει πρώτα στα ανθίδια που βρίσκονται πιο κοντά στη ράχη του στάχυ, δηλαδή κατά σειρά πρώτα το F1 σύμφωνα με την κατάταξη των Wilhelm και McMaster (1996) και έπονται τα πιο απομακρυσμένα (Sibony and Pinthus, 1988). Αυτός είναι και ο λόγος που τα καρπόφυλλα (κατά την άνθηση), καθώς και οι καρποί των ανθέων που βρίσκονται στη βάση των σταχυδίων είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος από αυτά που σχηματίζονται σε επάκρια άνθη (Rawson and Evans, 1970; Calderini *et al.*, 2001).

Οι πρώτες καταβολές λέπυρων, χιτώνων και λεπίδων εμφανίζονται περίπου στα μεσαία τμήματα της ράχης του στάχυ (Baker and Gallagher, 1983a; Barnard, 1955; Bonnett, 1966; Kirby, 1985; Oosterhuis, 1977). Σε κάθε σταχύδιο διαφοροποιούνται πρώτα τα δύο λέπυρα και ακολουθούν οι χιτώνες των κατώτερων ανθέων (McMaster, 1997). Ειδικότερα, η διαφοροποίηση μέσα σε κάθε άνθος έχει κατεύθυνση από έξω προς τα μέσα, δηλαδή σχηματίζεται πρώτα ο χιτώνας και ακολουθούν οι στήμονες, η λεπίδα και ο ύπερος (Bonnet, 1966; Oosterhuis, 1977). Ο Barnard (1954), βρήκε ωστόσο ότι πρώτα διαφοροποιείται η λεπίδα και μετά οι στήμονες. Οι καταβολές των ανθίων αποτελούν το πρώτο τμήμα των στημόνων που ξεκινά να διαφοροποιείται, ενώ το νήμα αρχίζει να σχηματίζεται αργότερα κάτω από τους ανθήρες (Bonnett, 1966). Ο ύπερος αποτελεί το τελευταίο ανθικό τμήμα που σχηματίζεται και η σειρά της διαφοροποίησης που ακολουθείται, είναι καταρχήν η ωοθήκη και έπονται οι στύλοι και το στίγμα (Bonnett, 1966).

Ο μέγιστος αριθμός ανθέων που μπορεί να σχηματιστεί σε κάθε σταχύδιο είναι περίπου 8-12 άνθη για τα μεσαία σταχύδια και περίπου 6-8 άνθη για τα επάκρια σταχύδια. Ωστόσο, λιγότερα από τα μισά καταφέρνουν να είναι γόνιμα στο στάδιο της άνθησης, γιατί ένα ποσοστό τους αποβάλλεται ή αναπτύσσεται ανεπαρκώς μέχρι την άνθηση (Engledow and Ramiah, 1930; Barnard, 1954; Single, 1964; Langer and Hanif, 1973; Kirby, 1974; Whingwiri and Stem, 1982; Kirby, 1985; Herzog, 1986; Kirby and Appleyard, 1987; Kirby, 1988; Siddique *et al.*, 1989; Hay and Kirby, 1991). Η πάυση της διαφοροποίησης νέων ανθέων πραγματοποιείται περίπου στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού (Baker and Gallagher, 1983a; Kirby, 1988; González *et al.*, 2003a, 2005b), ωστόσο δεν είναι

ξεκαθαρισμένο αν πραγματοποιείται ταυτόχρονα σε όλα τα στελέχη, καθώς και σε όλα τα σταχύδια (McMaster, 1997).

### 1.2.5 Εκφυλισμός και νέκρωση ανθέων

Ο εκφυλισμός των ανθέων και η νέκρωσή τους συμπίπτει με την περίοδο όπου το στέλεχος και ο εμβρυακός στάχυς αυξάνονται με το μέγιστο ρυθμό (Langer and Hanif, 1973; Fischer and Stockman, 1980; Kirby, 1985, 1988; Siddique *et al.*, 1989; Youssefian *et al.*, 1992a; Miralles *et al.*, 1998; González *et al.*, 2011). Οι Li *et al.* (2001) και Bancal (2008), εντόπισαν την έναρξη του συγκεκριμένου φαινομένου στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού. Οι Craufurd και Cartwright (1989), παρατήρησαν ότι η νέκρωση των ανθέων ξεκίνησε όταν το βασικό άνθος F1, σύμφωνα με την ταξινόμηση των Moragues και McMaster (2012), των μεσαίων σταχυδίων έφτανε το στάδιο 8 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983). Ο Bancal (2009), διαπίστωσε ότι η νέκρωση των ανθέων ξεκίνησε μεταξύ των σταδίων 7 και 8 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), ενώ οι González *et al.* (2011), μεταξύ των σταδίων 8 και 9 της ίδιας κλίμακας. Οι Li *et al.*, (2001), αναφέρουν ότι η διαδικασία ανάπτυξης των ανθέων στο σιτάρι μπορεί να περιγραφεί σε τρία διαφορετικά στάδια, που παρουσιάζονται με την παρακάτω σειρά:

- Έναρξη σχηματισμού ανθικών καταβολών (Initiation)
- Εκφυλισμός ανθέων (Degeneration)
- Αποβολή ανθέων (Abortion)

Σύμφωνα με τους González *et al.* (2011), ο εκφυλισμός και η νέκρωση των ανθέων μπορεί να διαχωριστεί στον ρυθμό με τον οποίο εκφυλίζονται τα άνθη, καθώς και από τη διάρκεια της φάσης που πραγματοποιείται ο εκφυλισμός των ανθέων. Όσον αφορά τη διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης έχει διαπιστωθεί, ότι όσο επιμηκύνεται, τόσο μειώνεται και το ποσοστό των ανθέων που τελικά εκφυλίζονται και νεκρώνονται (González *et al.*, 2011; Isidro *et al.*, 2011).

Ο αριθμός των ανθέων που τελικά καταφέρνουν και είναι γόνιμα στο στάδιο της άνθησης και επομένως ικανά για να σχηματίσουν καρπό εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το ποσοστό επιβίωσης των ανθέων κατά τη φάση εκφυλισμού (Fischer and Stockman, 1980; Whingwiri and Stern, 1982; Sibony and Pinthus, 1988; Craufurd and Cartwright, 1989; Miralles *et al.*, 1998; Miralles *et al.*, 2000; González *et al.*, 2003a; González *et al.*,

2005a; Ferrante *et al.*, 2010). Επίσης, έχει βρεθεί αρκετά ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του ξηρού βάρους των στάχων κατά το στάδιο της άνθησης και του αριθμού των γόνιμων ανθέων (Fischer and Stockman, 1980; Kirby, 1988; Siddique *et al.*, 1989; González *et al.*, 2003b, 2005b)

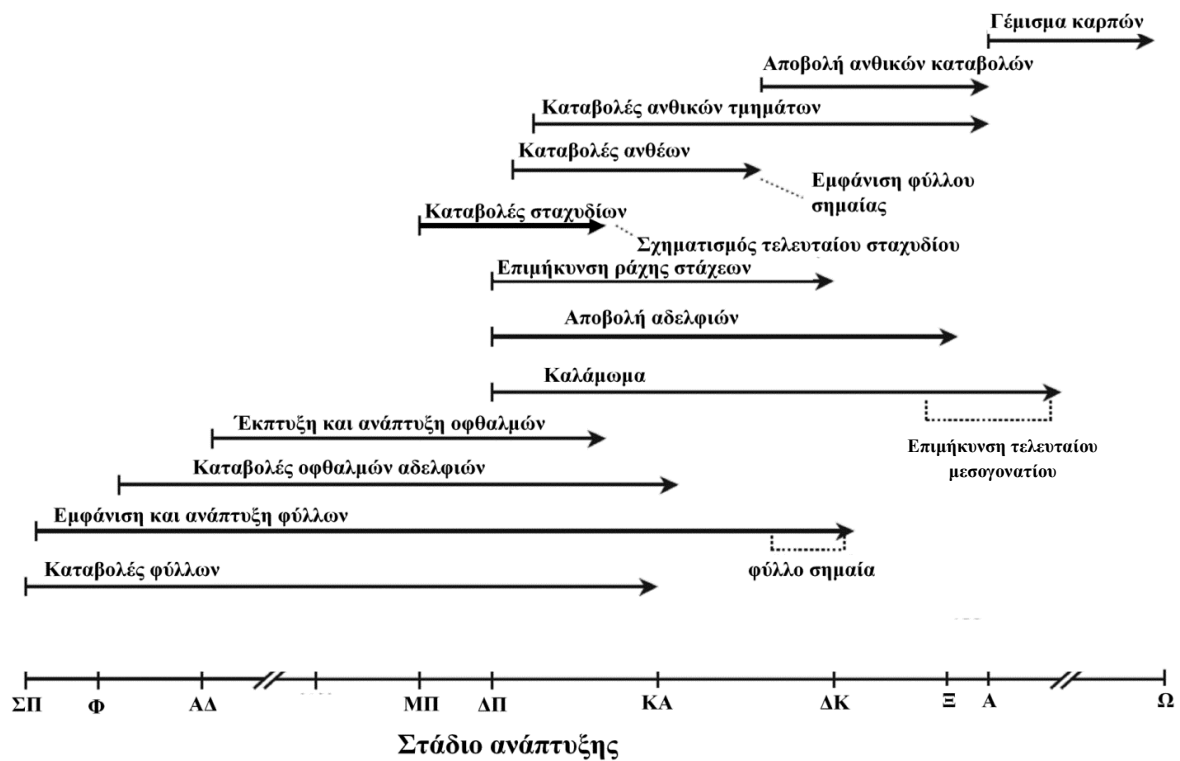
### 1.2.6 Η ανάπτυξη των δευτερογενών στελεχών

Η διαφοροποίηση και έκπτυξη των οφθαλμών που θα σχηματίσουν τα αδέρφια σταματά συνήθως λίγο πριν την έναρξη του καλαμώματος (σχήμα 1.2.6) (Rawson, 1971a; Gallagher and Biscoe, 1978; Baker and Gallagher, 1983b; Kirby, 1985; Herzog, 1986). Άλλες εργασίες προτείνουν ωστόσο ότι το αδελφωμα δε σταματά σε συγκεκριμένο αναπτυξιακό στάδιο, αλλά μάλλον οι παράγοντες του περιβάλλοντος αλληλεπιδρούν με γενετικούς παράγοντες προκαλώντας παραλλακτικότητα στη διακοπή της εμφάνισης νέων αδελφιών (Darwinkel, 1978; Kirby, 1985; Longnecker *et al.*, 1993).

Η έναρξη της νέκρωσης των δευτερογενών στελεχών πραγματοποιείται με τη διακοπή της εμφάνισης νέων αδελφιών και ολοκληρώνεται τυπικά λίγο πριν την άνθηση (Gallagher and Biscoe, 1978). Ο Hay (1986), διαπίστωσε ότι η θνησιμότητα των δευτερογενών στελεχών αυξάνει λίγο μετά την επιμήκυνση των μεσογονατίων και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου. Επίσης, έχει βρεθεί ότι η θνησιμότητα των αδελφιών επηρεάζεται από την υψηλή θερμοκρασία (Cannell, 1969; Rawson, 1971a; Ishag and Taha, 1974; Thorne and Wood, 1987), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων (Bremner, 1969; Power and Alessi, 1978; Blacklow and Incoll, 1981), την πυκνότητα της φυτείας (Darwinkel, 1978), την αλατότητα (McMaster, 1997) αλλά και από το νερό (Langer, 1979; Trought and Drew, 1980; Belford, 1981; Davidson and Chevalier, 1987; Krenzer *et al.*, 1991; McMaster *et al.*, 1994; Blum *et al.*, 1990; Elhani *et al.*, 2007). Σε διάφορα πειράματα η θνησιμότητα των δευτερογενών στελεχών που καταγράφηκε, κυμάνθηκε από 7 έως 30 % (Sharma, 1995)

Ο ρόλος των νεκρών ή των μη παραγωγικών δευτερογενών στελεχών στην παραγωγικότητα της φυτείας δεν είναι ξεκαθαρισμένος (Sharma, 1995). Τα αδέρφια που δεν κατάφεραν να σχηματίσουν στάχυ μπορεί να έχουν ευεργετική δράση ως κέντρα αφομοίωσης φωτοσυνθετικών προϊόντων, αλλά και αποθήκευσης θρεπτικών στοιχείων (Palfi and Dezsí, 1960). Από την άλλη πλευρά μπορεί να έχουν αρνητικές επιδράσεις λόγω ανταγωνισμού για φωτοσυνθετικά προϊόντα και θρεπτικά στοιχεία (Langer and Dougherty, 1976).





**Διάγραμμα 1.2.6.** Διαγραμματική απεικόνιση των σταδίων ανάπτυξης του σιταριού. (ΣΠ): σπορά, (Φ): φύτευμα, (ΑΔ): αδελφωμα, (ΜΠ): στάδιο μονής πλευράς, (ΔΠ): στάδιο διπλής πλευράς, (ΚΑ): καλάμωμα, (ΔΚ): διόγκωση κολεού, (Ξ): ξεστάχουσμα, (Α): άνθηση και (Ω): ωρίμανση (McMaster *et al.*, 2005)

### 1.3 Νερό και φυτά

Παρότι το νερό είναι το πιο άφθονο μόριο στην επιφάνεια της γης, η διαθεσιμότητά του αποτελεί τον πιο βασικό παράγοντα περιορισμού της φυτικής παραγωγής σε παγκόσμια κλίμακα (Lambers *et al.*, 1998). Οι Begg και Turner (1976), αναφέρουν ότι η έλλειψη νερού είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας για τη μείωση των αποδόσεων. Επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι η παρουσία του νερού στους φυτικούς οργανισμούς είναι υψίστης σημασίας. Σύμφωνα με τους Lambers *et al.* (1998), ο ρόλος του νερού για τους φυτικούς οργανισμούς μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

- Αποτελεί το 80-95% της βιομάζας των μη ξυλωδών ιστών, όπως τα φύλλα και οι ρίζες.
- Λόγω της μεγάλης του πολικότητας μπορεί και διαλύει μεγάλες ποσότητες ιόντων και πολικών οργανικών μεταβολιτών (σάκχαρα, αμινοξέα και πρωτεΐνες), τα οποία είναι βασικά για το μεταβολισμό και για τη διατήρηση της ζωής.
- Σε κυτταρικό επίπεδο είναι το βασικό μέσο διακίνησης των μεταβολιτών.

- Σε επίπεδο ολόκληρου φυτού αποτελεί το μέσο διακίνησης των υδατανθράκων, των θρεπτικών στοιχείων καθώς και των φυτορρυθμιστικών ουσιών μεταξύ των διαφορετικών οργάνων του φυτού.
- Μέσω της εξάτμισης του από τα κύτταρα του μεσόφυλλου παρέχεται η δυνατότητα στα φυτά να ρυθμίζουν τη θερμοκρασία τους και έτσι να αποφεύγεται η ανάπτυξη πολύ υψηλών θερμοκρασιών κατά τις πολύ ζεστές ημέρες.

Η σπουδαιότητα του νερού για όλους τους έμβιους οργανισμούς ξεκινά από τις φυσικές και χημικές του ιδιότητες (Bernal, 1965), οι οποίες καθορίζουν και τις λειτουργίες του στη φυσιολογία του φυτού. Το νερό είναι το κύριο συστατικό του πρωτοπλάσματος και επηρεάζει όλες τις φυσιολογικές κυτταρικές λειτουργίες. Στους φυτικούς ιστούς όμως, το νερό σπάνια συναντάται σε καθαρή μορφή και αυτό διότι το νερό στα φυτά και το περιβάλλον των ριζών περιέχει ένα ευρύ φάσμα διαλυτών ουσιών.

### 1.3.1 Υδατικές σχέσεις των φυτών

Σύμφωνα με τους Slatyer και Taylor (1960), σε ένα οποιοδήποτε σύστημα που περιέχει νερό, το ενεργειακό περιεχόμενο του νερού εκφράζεται θερμοδυναμικά με μία έκφραση που περιλαμβάνει την έννοια του χημικού δυναμικού ( $\mu_w$ ). Έτσι ως δυναμικό ( $\Psi$ ) ορίζεται:

$$\Psi = \mu_w - \mu_{w0} / V_w \quad (1.1)$$

Όπου ο αριθμητής αντιστοιχεί στη διαφορά των χημικών δυναμικών του νερού στο κύτταρο (σε δεδομένο διάλυμα) και στο καθαρό νερό αντίστοιχα και  $V_w$  είναι ο μερικός γραμμομοριακός όγκος του νερού και έχει τιμή  $18 \text{ cm}^3/\text{gr}$ . Το υδατικό δυναμικό έχει μονάδες πίεσης (Bar ή πολλαπλάσια του Pa) (Karamanos, 2003).

Η χρησιμοποίηση του δυναμικού του ύδατος είναι σήμερα ευρύτατα γνωστή διότι αποφεύγονται οι δυσκολίες μέτρησης της χημικής ενεργότητας. Στην καθημερινή πρακτική η συμπεριφορά του ύδατος καταδεικνύεται εύκολα με την μέτρηση της υδροστατικής πίεσης  $P$  και της ωσμωτικής πίεσης. Επιπλέον, με τη σχέση 1.1 το δυναμικό του ύδατος εκφράζεται ευκολότερα με μονάδες πίεσης (atm, bar ή Pascals) που είναι περισσότερο σχετικές με το σύστημα έδαφος – φυτό - ατμόσφαιρα, παρά με μονάδες ενέργειας (joules)(Δροσόπουλος, 1998).

Όπως και στην περίπτωση του χημικού δυναμικού του ύδατος ενός διαλύματος, σημείο αναφοράς λαμβάνεται το καθαρό νερό, έτσι και εδώ το υδατικό δυναμικό ενός διαλύματος

μετريέται με σημείο αναφοράς το καθαρό νερό. Το υδατικό δυναμικό του καθαρού νερού λαμβάνεται κατά συνθήκη ίσο με το μηδέν. Αυτό δεν σημαίνει ότι η χημική ενεργότητα του καθαρού νερού είναι μηδενική, αφού η τιμή του  $\mu_{W0}$  είναι αρκετά υψηλή, αλλά ότι το υδατικό δυναμικό κατά συνθήκη θεωρείται μηδέν. Γίνεται φανερό ότι το νερό επειδή κινείται από ένα υψηλότερο υδατικό δυναμικό προς ένα χαμηλότερο και επειδή το υδατικό δυναμικό του καθαρού νερού κατά συνθήκη είναι  $\Psi = 0$ , οι τιμές του υδατικού δυναμικού του διαλύματος θα είναι αρνητικές. Το νερό δηλαδή κινείται από μία περιοχή με λιγότερο αρνητικές τιμές του υδατικού δυναμικού, προς την περιοχή με περισσότερο αρνητικές τιμές (Δροσόπουλος, 1998).

Από την εξίσωση 1.1 προκύπτει ότι το υδατικό δυναμικό ενός διαλύματος αποτελεί έκφραση και μέτρο της ενεργειακής στάθμης του ύδατος και είναι συνάρτηση της υδροστατικής πίεσης και της ωσμωτικής πίεσης του διαλύματος. Στην περίπτωση των φυτικών κυττάρων η υδατική κατάσταση μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$\Psi = f(\psi_p, \psi_s, \psi_m) \quad (1.2)$$

Όπου  $\psi_s$  είναι το οσμωτικό δυναμικό,  $\psi_p$  είναι το δυναμικό πίεσης ή υδροστατικό δυναμικό και  $\psi_m$  είναι το δυναμικό της θεμελιώδους μάζας. Πιο συγκεκριμένα, το οσμωτικό δυναμικό καθορίζεται από τη συγκέντρωση των οσμωτικά ενεργών ουσιών μέσα στο χυμοτόπιο (Karamanos, 2003) και παίρνει τιμή ίση με την ωσμωτική πίεση ( $\Pi$ ) αλλά με αντίθετο πρόσημο. Έτσι:

$$\Pi = R \cdot T \cdot C_s \quad (1.3)$$

Όπου  $T$ : θερμοκρασία,  $R$ : η παγκόσμια σταθερά των αερίων και

$$C_s = n_s / V \quad (1.4)$$

Σε ένα φυτικό κύτταρο το  $\psi_s$  έχει πάντα αρνητικές τιμές με μέγιστη τιμή το μηδέν, διότι οι διαλυτές ουσίες τείνουν να μειώσουν το ενεργειακό περιεχόμενο σε σχέση με το καθαρό νερό. Όσον αφορά το υδροστατικό δυναμικό, οι αλλαγές στον κυτταρικό όγκο είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη του δυναμικού πίεσης. Όταν το νερό εισέρχεται στο κύτταρο ο όγκος του χυμοτοπίου αυξάνει και μια πίεση που καλείται πίεση σπαργής, ασκείται στα

τοιχώματα του κυττάρου. Την ίδια στιγμή μια πίεση ίση και αντίθετη με την πίεση σπαργής αναπτύσσεται με αντίθετη φορά από τα τοιχώματα προς το εσωτερικό των κυττάρων. Αυτή η πίεση που καλείται πίεση τοιχωμάτων, δρα σαν υδροστατική πίεση με αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργειακής κατάστασης του νερού στο κύτταρο που αντιπροσωπεύει το δυναμικό πίεσης  $\psi_p$ . Το δυναμικό πίεσης λαμβάνει θετικές τιμές για όσο διάστημα το χυμοτόπιο ασκεί μια πίεση στα περιβάλλοντα τοιχώματα. Το δυναμικό πίεσης λαμβάνει την τιμή μηδέν στο σημείο της αρχόμενης πλασμόλυσης κατά το οποίο το χυμοτόπιο σταματά να πιέζει τα τοιχώματα.

Η παρουσία του δυναμικού θεμελιώδους μάζας  $\psi_m$  εκφράζει τις ασκούμενες φυσικοχημικές δυνάμεις συγκράτησης του νερού από τα κολλοειδή υλικά και τις δυνάμεις τριχοειδών φαινομένων (Dainty, 1963). Το δυναμικό θεμελιώδους μάζας, όπως και το δυναμικό πίεσης, παρουσιάζει αρνητικές τιμές διότι προκαλεί μείωση του υδατικού δυναμικού λόγω επίδρασης των μεγάλων κολλοειδών μορίων (Δροσόπουλος, 1998). Στα φυτικά κύτταρα το δυναμικό θεμελιώδους μάζας εντοπίζεται στα κυτταρικά τοιχώματα και στο κυτόπλασμα. Σε ιστούς όπου η θεμελιώδης μάζα είναι σε χαμηλή αναλογία, το δυναμικό θεμελιώδους μάζας δεν παίζει σημαντικό ρόλο (Wiebe, 1966; Boyer, 1967). Σε αυτές τις περιπτώσεις η σχέση 1.2 απλουστεύεται ως εξής:

$$\Psi = \psi_p + \psi_s \quad (1.5)$$

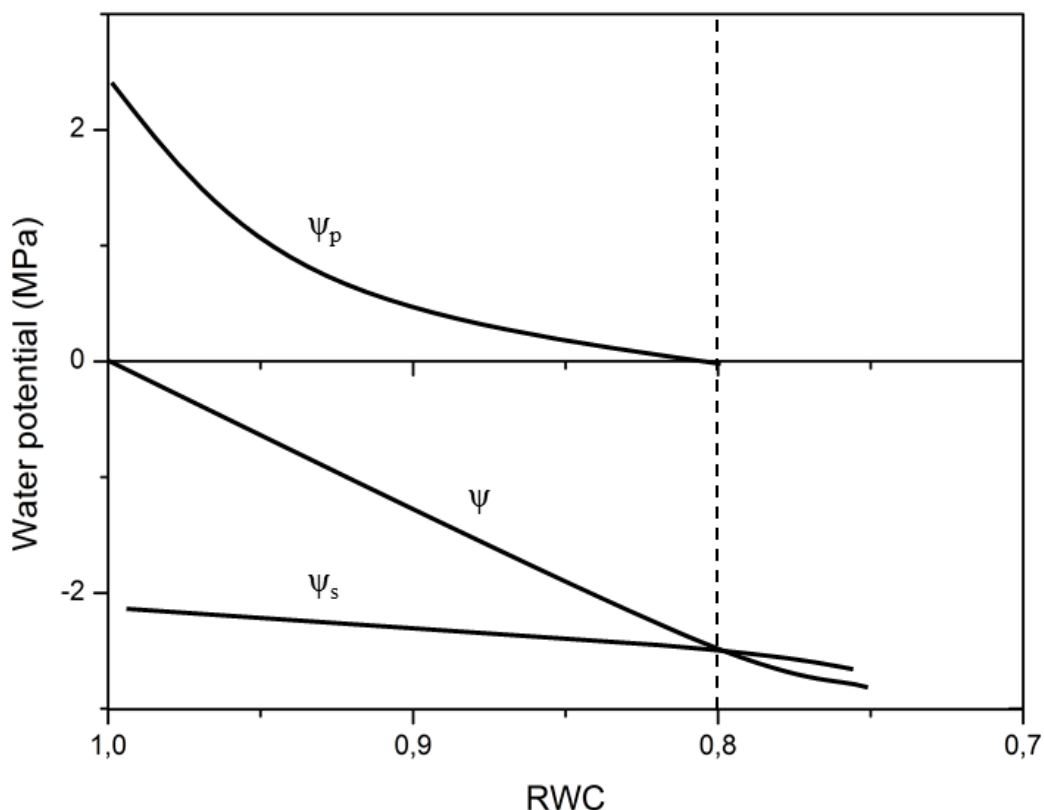
Σε ιστούς όμως όπου η αναλογία της θεμελιώδους μάζας είναι υψηλή όπως συμβαίνει στα ξηρόφυτα, τότε το δυναμικό θεμελιώδους μάζας είναι σημαντικό και δεν μπορεί να αγνοηθεί (Wilson, 1967).

Στο διάγραμμα 1.3.1 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ του όγκου του χαμένου νερού με το ωσμωτικό δυναμικό και το δυναμικό υδροστατικής πίεσης. Από το συγκεκριμένο διάγραμμα φαίνεται ότι καθώς το φυτικό κύτταρο χάνει νερό, το ωσμωτικό δυναμικό μειώνεται σχεδόν γραμμικά και το δυναμικό υδροστατικής πίεσης μειώνεται καμπυλόγραμμα. Όταν το κύτταρο φτάσει στη μέγιστη υδάτωσή του (πλήρης σπαργή), το υδατικό δυναμικό παρουσιάζει τη μεγαλύτερη του τιμή (δηλαδή μηδέν) διότι  $|\psi_p| = |\psi_s|$ . Όσο πέφτει η περιεκτικότητα του νερού στο κύτταρο το υδατικό δυναμικό παρουσιάζει πιο αρνητικές τιμές και κατά την έναρξη της πλασμόλυσης παρατηρείται  $\psi_p = 0$  και  $\Psi = \psi_s$ . Σύμφωνα με τον Hsiao (1973), η διατήρηση του δυναμικού υδροστατικής πίεσης πάνω από το μηδέν, είναι ευεργετική για τα φυτά που αναπτύσσονται σε ξηρές περιοχές. Αυτό

επιτυγχάνεται με περισσότερο ελαστικό κυτταρικό τοίχωμα, το οποίο ρυθμίζει καλύτερα την πτώση του δυναμικού υδροστατικής πίεσης.

Κατά την απώλεια του ύδατος από το φυτικό κύτταρο φαίνεται ότι υπάρχουν κάποιες δυνατότητες προσαρμογής. Πιο συγκεκριμένα συσσωρεύονται ωσμωτικά ενεργές ουσίες στα χυμοτόπια των κυττάρων που πραγματοποιείται αφυδάτωση, με αποτέλεσμα το ωσμωτικό δυναμικό από ευθύγραμμο τείνει να γίνει καμπυλόγραμμο. Επομένως, παρατηρείται μία πτώση του ωσμωτικού δυναμικού σε πιο αρνητικές τιμές από αυτές που θα περίμενε κανείς. Αυτή η συσσώρευση διαλυτών ουσιών αποτελεί ένα μηχανισμό προσαρμογής σε ξηροθερμικές συνθήκες, γνωστό και ως ωσμωρύθμιση. Η ωσμωρύθμιση παρουσιάζει τα παρακάτω ευεργετικά αποτελέσματα:

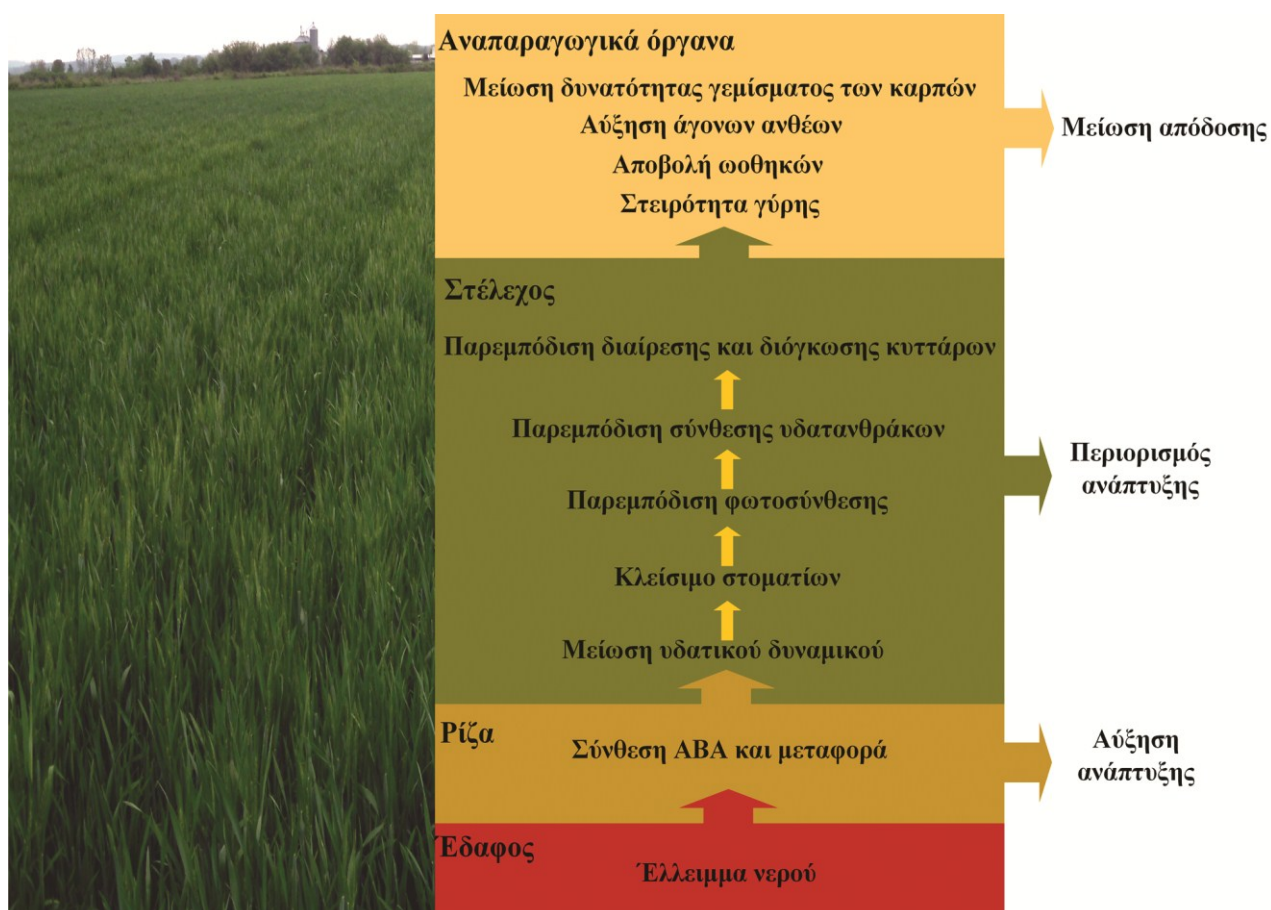
- Τα κύτταρα τείνουν να διατηρήσουν τη σπαργή τους.
- Αυξάνεται η ικανότητα των φυτικών κυττάρων για απορρόφηση νερού κάτω από ξηρές συνθήκες, καθώς το υδατικό δυναμικό τους γίνεται χαμηλότερο από αυτό του εδάφους. Έτσι, λόγω αυτής της διαφοράς δυναμικού επιτυγχάνεται κίνηση νερού προς τα κύτταρα (Karamanos, 1981).



**Διάγραμμα 1.3.1.** Σχέση μεταξύ των υδατικών απωλειών, του υδατικού δυναμικού ( $\Psi$ ), του ωσμωτικού δυναμικού ( $\Psi_s$ ), καθώς και του δυναμικού πίεσης ( $\Psi_p$ ). Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν το σημείο της αρχόμενης πλασμόλυσης. RWC: σχετικό υδατικό περιεχόμενο κυττάρου, Water potential: υδατικό δυναμικό. Προσαρμογή από (Weatherley, 1965).

#### 1.4 Η αντίδραση των φυτών στην έλλειψη του νερού

Τα φυτά αντιδρούν στην έλλειψη του νερού σε μοριακό, κυτταρικό, αλλά και σε φυσιολογικό επίπεδο. Η αντίδραση αυτή εξαρτάται από το φυτικό είδος και τη γενετική του σύσταση (Rampino *et al.*, 2006), από τη διάρκεια και την ένταση της υδατικής καταπόνησης (Araus *et al.*, 2002; Bartels and Souer, 2004), από την ηλικία και το στάδιο της ανάπτυξης του φυτού (Zhu *et al.*, 2005), από το εξεταζόμενο φυτικό όργανο και το είδος του κυττάρου (Verdoy *et al.* 2004; Cominelli *et al.*, 2005; Zhou *et al.*, 2007), καθώς και από το υποκυτταρικό διαμέρισμα (Battaglia *et al.*, 2007). Στο διάγραμμα 1.4 παρουσιάζεται μια απλοποιημένη καταγραφή των επιδράσεων της έλλειψης νερού στα διάφορα φυτικά όργανα, αναδεικνύοντας το γεγονός ότι ένα από τα σήματα μακράς διάρκειας που λειτουργούν κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης είναι το αμψισικό οξύ (ABA) (Bray, 2002).



**Διάγραμμα 1.4.** Η επίδραση της έλλειψης του νερού στα σιτηρά (Barnabás *et al.*, 2008), τροποποιημένο από (Βαχαμίδης *et al.*, 2012).

Η μείωση του νερού στο περιβάλλον της ρίζας των φυτών επάγει την αύξηση της σύνθεσης αμψισικού οξέως, το οποίο διατηρεί την ανάπτυξη της ρίζας και ταυτόχρονα αυξάνει την υδραυλική της αγωγιμότητα (Barnabás *et al.*, 2008). Οι δύο αυτές διαδικασίες οδηγούν στην αύξηση της απορρόφησης νερού από το έδαφος και ως ένα ποσοστό αναβάλουν την εμφάνιση υδατικών ελλειμμάτων στα ανώτερα τμήματα του φυτού. Στο μεταξύ, το αμψισικό οξύ που έχει παραχθεί στη ρίζα μεταφέρεται ανοδικά μέσω του ξυλώματος προκαλώντας κλείσιμο των στοματίων και παρεμποδίζοντας την περαιτέρω αύξηση της επιφάνειας των φύλλων, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τις απώλειες σε νερό (Barnabás *et al.*, 2008). Επίσης υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι το αμψισικό οξύ μπορεί να μεταφερθεί και στις αναπαραγωγικές δομές των φυτών και να επηρεάσει την ανάπτυξή τους, πιθανώς μέσω ρύθμισης της έκφρασης γονιδίων που ελέγχουν την κυτταρική διαίρεση και τη λειτουργία των ενζύμων του μεταβολισμού των υδατανθράκων (Liu *et al.*, 2005).

Το πρώτο βήμα για την ενεργοποίηση μιας συγκεκριμένης απόκρισης σ' ένα περιβαλλοντικό ερέθισμα όπως η έλλειψη του νερού, είναι η αντίληψή του από συγκεκριμένους δέκτες. Οι αντιδράσεις των φυτών στην υδατική καταπόνηση μπορεί να βασιστεί σε αρκετούς μηχανισμούς (π.χ. υδατική κατάσταση, πίεση σπαργής, ορμόνες, μεταβολές στις κυτταρικές μεμβράνες κτλ) (Chaves *et al.*, 2003). Σύμφωνα με τον Καραμπουρνιώτη (2003), τα φυτά αντιλαμβάνονται τα εξωτερικά ερεθίσματα μέσω εξειδικευμένων δεκτών. Ο δέκτης μετά το ερέθισμα μεταβάλλει ορισμένες ιδιότητές του, σηματοδοτώντας την έναρξη μιας ακολουθίας διαδικασιών εγκλιματισμού. Στη συνέχεια υφίσταται το στάδιο της μεταγωγής, το οποίο αφορά σε όλα τα γεγονότα που μεσολαβούν από την αντίληψη του ερεθίσματος έως την εμφάνιση της απάντησης. Κατά το στάδιο αυτό ο δέκτης επάγει ελεγχόμενες μεταβολικές αλλαγές και στη συνέχεια διαβιβάζονται μηνύματα από την περιοχή του δέκτη σε μια ορισμένη περιοχή απάντησης. Κατά κανόνα η απάντηση εξαρτάται από το μέγεθος της δόσης, δηλαδή της έντασης του ερεθίσματος.

Σε κυτταρικό επίπεδο η έλλειψη του νερού φαίνεται ότι επηρεάζει περισσότερο τη μεγέθυνση των κυττάρων απ' ό,τι την κυτταρική διαίρεση (Vaadia *et al.*, 1961; Gates, 1964; Hsiao, 1973). Ειδικά, οι Brouwer (1963) και Petinov (1965), παρατήρησαν ότι ο αριθμός των κυττάρων είναι γενικά ίδιος σε φυτά που έχουν υποστεί υδατική καταπόνηση, και σε μάρτυρες που δεν έχουν υποστεί υδατική καταπόνηση, ενώ αντίθετα το μέγεθος των κυττάρων που έχουν υποστεί υδατική καταπόνηση είναι μικρότερο από τους μάρτυρες. Από την άλλη πλευρά ο Larcher (2001), αναφέρει ότι η πρώτη και η πιο ευαίσθητη ανταπόκριση των κυττάρων στα υδατικά ελλείμματα, είναι η μείωση της σπαργής τους και η

επιβράδυνση της διαδικασίας αύξησής τους (κυρίως η αύξηση που προέρχεται μέσω της διόγκωσης των κυττάρων). Σύμφωνα με τα προηγούμενα, ο Simpson (1981), παρατήρησε ότι η μείωση του μεγέθους των κυττάρων κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης έχει άμεση σχέση με την απώλεια σπαργής που προκαλεί μείωση του ρυθμού αύξησης των κυττάρων. Ο Thomas (1997), αναφέρει ότι η παρουσία των υδατικών ελλειμμάτων παρουσιάζει άμεσο αποτέλεσμα και στον μεταβολισμό του κυττάρου. Ειδικότερα αναφέρεται ότι πολλά από τα πρωτεϊνικά μόρια αφού δημιουργηθούν καταφέρνουν να μείνουν σταθερά για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, καθώς γίνεται απότομα η μετατροπή τους. Πιο συγκεκριμένα τα προϊόντα της αποδιοργάνωσης των πρωτεϊνών, όπως είναι τα αμινοξέα, συσσωρεύονται κατά τη διάρκεια της υδατικής καταπόνησης και συνεισφέρουν έτσι στην ωσμωτική ρύθμιση (Munns *et al.*, 1979) ή αποθηκεύονται και μετά χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για επακόλουθη αποκατάσταση (Blum and Ebercon, 1976). Από την πλευρά τους τα ένζυμα παρουσιάζουν διαφορετική ανταπόκριση στα υδατικά ελλείμματα ανάλογα με το είδος τους. Σύμφωνα με τον Thomas (1997), ένζυμα τα οποία παρουσιάζουν δραστηριότητα σε καλώς ποτιζόμενα φυτά, η λειτουργία τους παρεμποδίζεται με την εμφάνιση των ελλειμμάτων και άλλα τα οποία αδρανούσαν, με την εμφάνιση των υδατικών ελλειμμάτων φαίνεται να παρουσιάζουν πιο έντονη δραστηριότητα. Ο Larcher (2001), αναφέρει ότι ένα από τα ένζυμα που των οποίων η λειτουργία παρεμποδίζεται έντονα από την υδατική καταπόνηση είναι η νιτρική ρεδοουκτάση. Αναφέρεται, ότι ακόμη και μικρά υδατικά ελλείμματα μπορούν να μειώσουν τη δραστηριότητα της νιτρικής ρεδοουκτάσης κατά 20%, ενώ μεγαλύτερες περιόδους ελλειμμάτων μπορούν να επιφέρουν μείωση που φτάνει και το 50%. Επομένως, αυτός είναι και ο λόγος που η ύπαρξη της υδατικής καταπόνησης, οδηγεί στην αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών σε φυτά που έχουν λιπανθεί (Larcher, 2001).

Ένα άλλο σημαντικό σημείο της επίδρασης των υδατικών ελλειμμάτων στα κύτταρα, είναι και οι κυτταρικές μεμβράνες. Η μελέτη της αντοχής των κυτταρικών μεμβρανών στην υδατική καταπόνηση έχει γίνει το αντικείμενο έντονης έρευνας τα τελευταία εκατό χρόνια (Levitt, 1980). Όταν τα κύτταρα αφυδατωθούν εκτεταμένα, η πίεση σπαργής χάνεται, ο πρωτοπλάστης συρρικνώνεται και το κυτταρικό τοίχωμα αν είναι λεπτό, προσκολλάται με τον πρωτοπλάστη και αποδιοργανώνονται μαζί, ενώ αν το κυτταρικό τοίχωμα είναι χονδρό, τότε ο πρωτοπλάστης συρρικνώνεται και έπειτα αποσπάται ολοκληρωτικά (πλασμόλυση) (Thomas, 1997). Από την άλλη πλευρά αν το πλασμάλλημα πάθει ζημιά, τότε τα κυτταρικά οργανίδια μπορεί να διαρρεύσουν εκτός του κυττάρου και επομένως το κύτταρο καταστρέφεται. Εντούτοις, τα φυτά διαθέτουν ορισμένους μηχανισμούς με τους οποίους



μειώνουν τα αποτελέσματα της υδατικής καταπόνησης πάνω στις κυτταρικές μεμβράνες. Ειδικότερα το κύτταρο με ωσμωτική ρύθμιση μπορεί να διατηρήσει την πίεση σπαραγής του (Thomas, 1997) και παράλληλα με μετατροπή στις φυσικές και χημικές ιδιότητες των μεμβρανών, όπως με αύξηση του λόγου στερόλης / φωσφολιπίδια ή με την αύξηση των επιπέδων των λιπιδίων και των φωσφολιπιδίων, μπορεί να συνεισφέρει στη σταθερότητα των μεμβρανών και γενικότερα στην αντοχή της επίδρασης των υδατικών καταπονήσεων (Douglas and Paleg, 1981; Svenningsson and Liljenberg, 1986; Gantet *et al.*, 1990; Premachandra *et al.*, 1991).

Όσον αφορά τη φωτοσύνθεση, οι Huang *et al.* (1998) αναφέρουν ότι η έλλειψη νερού προκαλεί μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών αλλά και μείωση της φωτοσυνθετικής επιφάνειας. Από την άλλη πλευρά οι Hale και Orcutt (1987), αναφέρουν ότι σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης τα στομάτια κλείνουν, ενώ ταυτόχρονα η ηλιακή ακτινοβολία συνεχίζει να απορροφάται από τα φύλλα. Η έλλειψη του νερού προκαλεί κλείσιμο των στοματίων λόγω της δράσης του αμψισικού οξέως και επομένως μείωση της δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα (Flexas *et al.*, 2004, 2007), από το οποίο δημιουργείται το μεγαλύτερο μέρος της ξηράς ουσίας που παράγεται στο φυτό (Nielsen and Orcutt, 1996). Επίσης υπάρχουν αναφορές που υποστηρίζουν ότι με την παρουσία των υδατικών ελλειμμάτων επηρεάζεται η μεταφορά των ηλεκτρονίων και παρεμποδίζεται η φωτοφωσφορυλίωση, ενώ επίσης ελαττώνεται και η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα από τους απομονωμένους χλωροπλάστες (Plaut, 1971; Plaut and Bravdo, 1973). Οι αλλαγές στη μεταφορά των ηλεκτρονίων παρατηρήθηκαν *in vivo* (Boyer and Bowen, 1970; Boyer, 1971) και βαίνουν παράλληλα με την παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης στον ηλίανθο.

### **1.5 Συνδυασμένη επίδραση υδατικής και θερμικής καταπόνησης**

Πρόσφατες μελέτες (Rizhsky *et al.*, 2004; Mittler 2006) αποκάλυψαν πως οι κυτταρικές και μεταβολικές αντιδράσεις των φυτών από το συνδυασμό δύο διαφορετικών αβιοτικών καταπονήσεων είναι μοναδικές και δε μπορούν να εξαχθούν άμεσα από την αντίδραση των φυτών σε κάθε μία από αυτές ξεχωριστά. Ο συνδυασμός υδατικής και θερμικής καταπόνησης αντιπροσωπεύει ένα εξαιρετικό παράδειγμα δύο διαφορετικών αβιοτικών καταπονήσεων που συμβαίνουν ταυτόχρονα στο χωράφι (Moffat 2002; Shah & Paulsen 2003). Ωστόσο, είναι πολύ περιορισμένη μέχρι στιγμής η γνώση που αφορά τη συνδυασμένη επίδρασή τους στα φυτά (Barnabás *et al.*, 2008). Κατά καιρούς έχουν γίνει διάφορες πειραματικές προσπάθειες με τις οποίες εξετάστηκε η συνδυασμένη επίδραση

αυτών των καταπονήσεων στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα του αραβόσιτου, του σόργου, του κριθαριού, διάφορων αγρωστωδών (Barnabás *et al.*, 2008), αλλά και στη μηδική (Karamanos *et al.*, 2009). Σε μεγάλο βαθμό βρέθηκε ότι η συνδυασμένη επίδραση αυτών των καταπονήσεων στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών παρουσίαζε σημαντικά πιο επιβλαβείς επιπτώσεις απ' ότι η κάθε μία ξεχωριστά (Heyne and Brunson 1940; Craufurd and Peacock 1993; Savin and Nicolas 1996; Wang and Huang, 2004). Σε μία σχετικά πρόσφατη μελέτη στο αγρωστώδες *Leymus chinensis*, προτάθηκε ότι όταν οι υψηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται με έντονη έλλειψη εδαφικής υγρασίας, τότε υπάρχει περίπτωση να μειωθεί η λειτουργία του φωτοσυστήματος PSII, να εξασθενήσει ο αναβολισμός του αζώτου, να ενισχυθεί ο καταβολισμός πρωτεϊνών, ενώ επιπλέον μπορεί να γίνει και υπεροξειδωση των λιπιδίων (Xu and Zhou, 2006).

Η επίδραση διαφορετικών καταπονήσεων μπορεί να προκαλέσει από την πλευρά των φυτών αντικρουόμενες ή ανταγωνιστικές αποκρίσεις. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια θερμικής καταπόνησης τα φυτά ανοίγουν τα στομάτιά τους με σκοπό να μειώσουν τη θερμοκρασία τους μέσω της διαπνοής. Ωστόσο, αν η θερμική καταπόνηση συνδυαστεί και με έλλειψη νερού, τότε αυτό καθιστά τα φυτά ανάικα να μπορέσουν να ανοίξουν τα στομάτιά τους, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στα φύλλα να παραμένει υψηλή (Rizhsky *et al.*, 2002).

## **1.6 Στρατηγικές των φυτών για την αντιμετώπιση της ξηρασίας**

Έχει καθιερωθεί η αντοχή των φυτών στην υδατική καταπόνηση να διαχωρίζεται σε τρεις στρατηγικές, τη διαφυγή, την αποφυγή και την ανθεκτικότητα (Levit, 1982; Turner 1986). Παρ' όλα αυτά όμως τα φυτά έχουν τη δυνατότητα να συνδυάζουν αρκετούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς, οι οποίοι δεν ανήκουν κάθε φορά σε μία και μόνο από τις στρατηγικές αντιμετώπισης της ξηρασίας (Begg and Turner, 1976; Ludlow, 1989). Τα φυτά που χρησιμοποιούν τη διαφυγή ως στρατηγική, επιδεικνύουν ένα υψηλό βαθμό αναπτυξιακής πλαστικότητας που τους δίνει τη δυνατότητα να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο πριν την εμφάνιση των υδατικών ελλειμμάτων (Chaves *et al.*, 2003). Αυτή η στρατηγική είναι ιδιαίτερα σημαντική σε άνυδρες περιοχές όπου τα ετήσια αυτοφυή φυτά μπορούν να συνδυάσουν σύντομους βιολογικούς κύκλους μαζί με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, αξιοποιώντας στο μέγιστο δυνατό βαθμό τους διαθέσιμους πόρους για όσο διάστημα υπάρχει υγρασία στο έδαφος (Mooney *et al.*, 1987; Maroco *et al.*, 2000)

Η επιτυχία στην αναπαραγωγική διαδικασία επιτυγχάνεται και με την πιο αποτελεσματική αφομοίωση των φωτοσυνθετικών προϊόντων από τους καρπούς. Αυτό σχετίζεται με την ικανότητα των φυτών να αποθηκεύουν αποθησαυριστικές ουσίες σε διάφορα φυτικά όργανα (στελέχη, ρίζες) και να τις κινητοποιούν για την παραγωγή των καρπών. Η συγκεκριμένη αντίδραση έχει τεκμηριωθεί σε μεγάλο βαθμό στα σιτηρά (Gebbing and Schnyder, 1999; Bruce *et al.*, 2002), καθώς και σε ορισμένα ψυχανθή (Rodrigues *et al.*, 1995; Chaves *et al.*, 2002) και επίσης φαίνεται να αυξάνεται σε φυτά που έχουν καταπονηθεί από την έλλειψη του νερού (Rodrigues *et al.*, 1995; Yang *et al.*, 2001).

Τα φυτά μπορούν να αντιμετωπίσουν την έλλειψη του νερού με την αποφυγή αφυδάτωσης των ιστών τους, διατηρώντας το υδατικό δυναμικό όσο το δυνατόν υψηλότερα ή απλά δείχνοντας αντοχή ακόμη και σε χαμηλές τιμές υδατικού δυναμικού (Chaves *et al.*, 2003). Η αποφυγή της αφυδάτωσης ως στρατηγική είναι κοινή, τόσο σε ετήσια, όσο και σε πολυετή φυτά και έχει να κάνει μ' ένα σύνολο προσαρμοστικών μηχανισμών, οι οποίοι περιλαμβάνουν α) τον περιορισμό των απωλειών του νερού και β) την αύξηση της απορρόφησής του (Karamanos, 1984; Nielsen and Orcutt, 1996). Οι απώλειες του νερού περιορίζονται με το κλείσιμο των στοματίων, με τη συστροφή των φύλλων, με την ανάπτυξη τριχώματος στην επιφάνεια των φύλλων, με τη μείωση της επιφάνειας του φυλλώματος, με την υποκατάσταση των φύλλων με αγκάθια, με την απώλεια φύλλων, με την ανάπτυξη ισχυρής και παχιάς εφυμενίδας, με την ανάπτυξη ενός εκτεταμένου ριζικού συστήματος για την καλύτερη άντληση του νερού κτλ (Simpson, 1981; Karamanos, 1984; Καραμπουρνιώτης, 2003).

Όσον αφορά την ανθεκτικότητα των φυτών στην έλλειψη του νερού, αναφέρεται ότι τα φυτά που χρησιμοποιούν αυτή την τακτική έχουν την ικανότητα να διατηρούν στοιχειώδη μεταβολική δραστηριότητα ακόμη και αν το δυναμικό του νερού στο κυτόπλασμα πέσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα (Καραμπουρνιώτης, 2003). Μία από τις πλέον σημαντικές διαδικασίες που ανήκουν σε αυτή την περίπτωση είναι η ωσμωρύθμιση (Morgan, 1984). Η συγκεκριμένη διαδικασία αναφέρεται στη ρύθμιση του ωσμωτικού δυναμικού των ιστών σε χαμηλότερα επίπεδα μέσω της συσσώρευσης οσμωτικά ενεργών μεταβολιτών. Σκοπός αυτής της στρατηγικής είναι η δημιουργία χαμηλότερου δυναμικού στους ιστούς, έτσι ώστε να διευκολύνεται η πρόσληψη του νερού και να διατηρείται ανεκτή πίεση σπαργής (Καραμπουρνιώτης, 2003). Η διατήρηση της σπαργής, εκτός από την ωσμωρύθμιση, μπορεί να επιτευχθεί και με την αυξημένη ελαστικότητα των ιστών (Elston *et al.*, 1976). Συνήθως, η αποτελεσματικότητά της είναι σημαντικά μικρότερη από την ωσμωρύθμιση (Tyree και Karamanos, 1981), ενώ σε κάποια φυτά, όπως για παράδειγμα τα κουκιά φαίνεται να παίζει

κάποιο ρόλο στην διατήρηση της σπαργής (Elston *et al.*, 1976). Όσο μεγαλύτερη είναι η ελαστικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων, τόσο πιο ομαλή είναι η μείωση του υδροστατικού δυναμικού κατά την αφυδάτωση, το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στην αφυδάτωση (Karamanos, 1984).

## **1.7 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη**

### **1.7.1 Πριν την άνθηση**

Διεθνώς έχουν δημοσιευθεί πολλές εργασίες που έχουν εξετάσει τις επιδράσεις καταπονήσεων στο γέμισμα και στο τελικό μέγεθος των καρπών, για την περίοδο από την άνθηση και μετά, αλλά πολύ λίγες έχουν επικεντρωθεί στην επίδραση των καταπονήσεων για την περίοδο πριν την άνθηση και συγκεκριμένα στον αριθμό των καρπών (Dolferus *et al.*, 2011). Επίσης, υπάρχουν πολλές εργασίες στη διεθνή βιβλιογραφία που αναφέρουν διαφορές στον αριθμό των καρπών ανά m<sup>2</sup> λόγω περιβαλλοντικών επιδράσεων και γονοτυπικών διαφορών (π.χ. Egli, 1998; Slafer *et al.*, 2006). Ωστόσο, αποδείξεις αν αυτές οι διαφορές μεταξύ των γονοτύπων και των περιβαλλοντικών επιδράσεων σχετίζονται με τις διαδικασίες σχηματισμού και εκφυλισμού των ανθικών καταβολών σπανίζουν. Ένας πολύ πιθανός λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η ανάλυση της τύχης των ανθικών καταβολών είναι αρκετά δύσκολη και πολύ χρονοβόρα σε σχέση με τη μελέτη άλλων χαρακτηριστικών (Ferrante *et al.*, 2010). Ακόμη λιγότερες είναι οι εργασίες που συνδυάζουν την επίδραση της υδατικής καταπόνησης και τη μελέτη των ανθικών καταβολών (Saini and Aspinall, 1981; Oosterhuis and Cartwright, 1983; Rajala *et al.*, 2009; Ferrante *et al.*, 2010), αλλά σχεδόν καμία δεν υπάρχει που να παρουσιάζει την τύχη των ανθικών καταβολών για ένα έυρος διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας.

Η μορφογένεση του ακραίου μεριστώματος στα σιτηρά θεωρείται αρκετά ευαίσθητη ως διαδικασία στην έλλειψη του νερού (Skazkin and Fontalina, 1951; Nicholls and May, 1963; Husain and Aspinall, 1970). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η εμφάνιση υδατικών ελλειμμάτων κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της ταξιανθίας στα σιτηρά προκαλεί επιβράδυνση στον ρυθμό της ανάπτυξης, οδηγώντας ουσιαστικά στην καθυστέρηση της άνθησης ή και ακόμα στην πλήρη παρεμπόδισή της (Angus and Moncur, 1977; Mahalakshmi and Bidinger, 1985a,b; Mahalakshmi *et al.*, 1987; Craufurd *et al.*, 1993; Wopereis *et al.*, 1996; Winkel *et al.*, 1997; Derouw and Winkel, 1998). Ο Slatyer (1969), σε μία εξαιρετική ανασκόπηση, αναφέρει ότι υπάρχουν τουλάχιστον τρία είδη επιδράσεων που

έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρότερου αριθμού καρπών ανά στάχυ, όταν η υδατική καταπόνηση συμβαίνει κατά την αναπαραγωγική ανάπτυξη:

- Η ανάπτυξη των ανθικών καταβολών είναι πιθανό να εμποδιστεί.
- Το έμβρυο εντός του εμβρυοσάκου μπορεί να αποβληθεί ή η ανάπτυξη των γυρεόκοκκων μπορεί να καθυστερήσει.
- Η επιμήκυνση των στημόνων και των στύλων είναι πιθανό να εμποδιστεί.

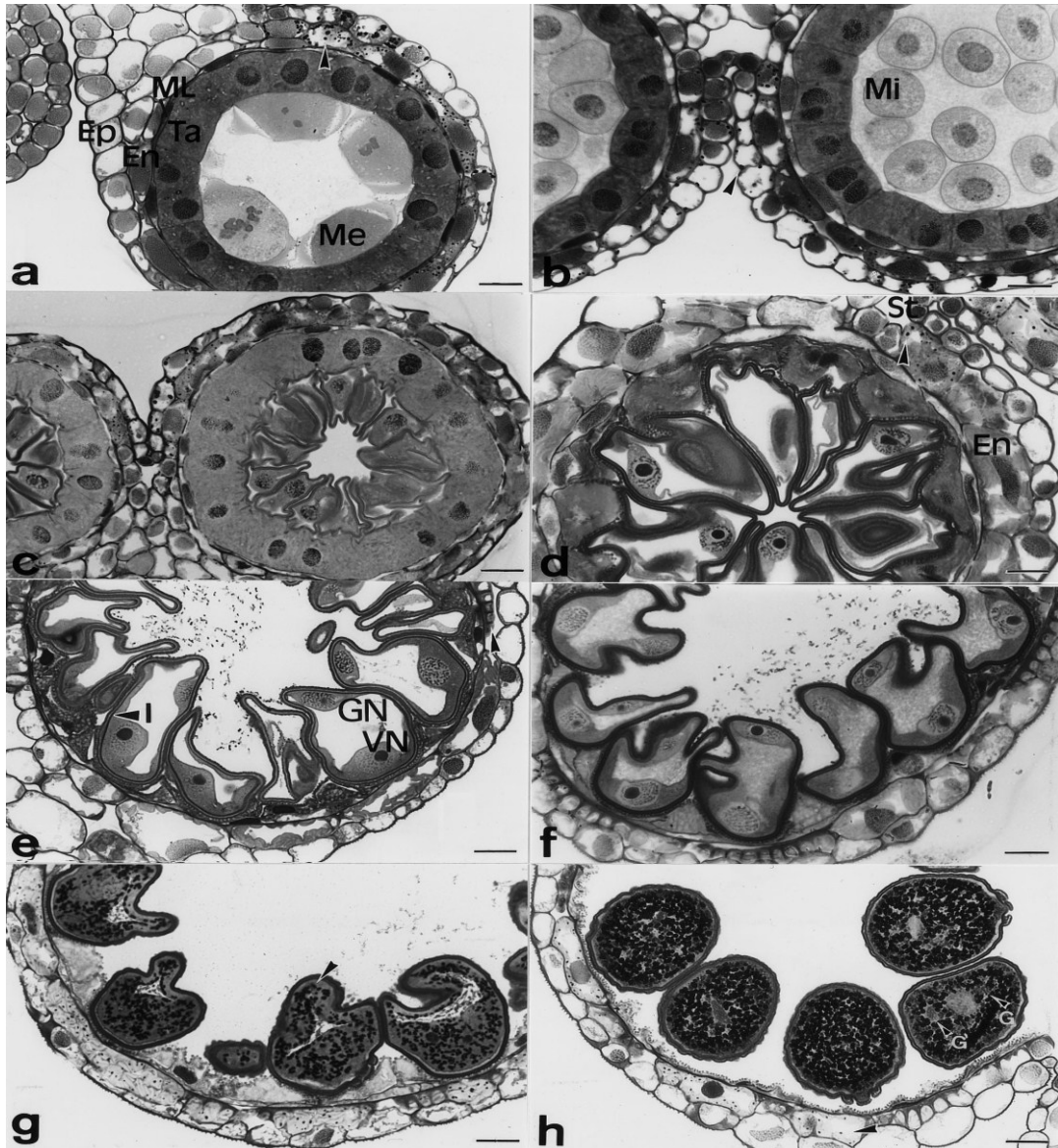
Οι Oosterhuis and Cartwright (1983), βρήκαν ότι η έλλειψη του νερού από τη σπορά και μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς, καθώς και για την περίοδο από το στάδιο της διπλής πλευράς και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ. Επίσης, η έλλειψη νερού μετά από τον σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου και πριν από το στάδιο του ξεσταχύασματος προκάλεσε την αύξηση της εμφάνισης μη γόνιμων ανθέων στα ακραία σταχύδια και κυρίως στα σταχύδια της βάσης του στάχυ. Οι Nicholls and May (1963), παρατήρησαν ότι ο ρυθμός σχηματισμού των ανθικών καταβολών σε φυτά κριθαριού που είχαν υποστεί υδατική καταπόνηση ήταν μικρότερος σε σχέση με τον μάρτυρα.

Οι Ferrante *et al.* (2010), διαπίστωσαν ότι σε συνθήκες επάρκειας νερού τα δύο πρώτα ανθίδια (F1 και F2) σε όλα τα σταχύδια κατάφεραν και ολοκλήρωσαν την ανάπτυξή τους μέχρι την άνθηση, ωστόσο τα F3 ανθίδια των σταχυδίων της βάσης και της κορυφής του στάχυ, καθώς και τα F4 ανθίδια των μεσαίων σταχυδίων του στάχυ μπόρεσαν να το πετύχουν αυτό όταν η παροχή των φυτών με άζωτο ήταν υψηλή. Η ίδια κατάσταση επαναλήφθηκε και όταν υπήρχε έλλειψη νερού, με τη διαφορά ότι εκτός από τα F1 και F2 ανθίδια όλων των σταχυδίων, μόνο τα F3 ανθίδια των μεσαίων σταχυδίων κατάφεραν και ολοκλήρωσαν την ανάπτυξή τους μέχρι την άνθηση και μόνο όταν η παροχή των φυτών με άζωτο ήταν υψηλή. Σε μία πολύ ενδιαφέρουσα μελέτη οι Rajala *et al.* (2009), βρήκαν ότι η έλλειψη του νερού κατά την περίοδο από την ανάδυση των φυτών μέχρι και λίγο πριν την επικονίαση, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της φωτοσύνθεσης και ως εκ τούτου τη μείωση πιθανώς της ποσότητας των διαλυτών υδατανθράκων που ήταν διαθέσιμοι για την ανάπτυξη των ανθικών οργάνων. Αυτό με τη σειρά του οδήγησε στη μείωση των γόνιμων ανθέων κατά το στάδιο της επικονίασης. Οι ίδιοι συμπλήρωσαν ότι η μείωση των παραγόμενων γόνιμων ανθέων λόγω υδατικής καταπόνησης δεν πρέπει να οφείλεται αποκλειστικά στην περιορισμένη διαθεσιμότητα των φωτοσυνθετικών προϊόντων, αλλά μάλλον πρέπει να επιδρούν και οι μεταβολές που συμβαίνουν στις φυτικές ορμόνες (π.χ. αμπισισικό οξύ και αιθυλένιο).

### 1.7.1.1 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη γύρη

Η ύπαρξη υδατικής καταπόνησης κατά το στάδιο της μείωσης των γυρεοκόκκων προκαλεί στειρότητα στο σιτάρι (Skazkin 1961; Saini and Aspinall 1981). Υπάρχουν αναφορές που δείχνουν ότι η έλλειψη του νερού σε αυτό το στάδιο οδηγεί στον σχηματισμό συρρικνωμένων ανθών στο σιτάρι και στο ρύζι, των οποίων η διάρρηξη δεν είναι εφικτή (Saini and Aspinall 1981; Sheoran and Saini 1996). Το σύνολο των γυρεοκόκκων από τέτοιους ανθήρες, καθώς και ένα ποσοστό γυρεοκόκκων από τους φαινομενικά φυσιολογικούς ανθήρες δεν είναι γόνιμοι (Saini, 1997). Η έλλειψη του νερού κατά τη διάρκεια της μείωσης αναστέλλει την περαιτέρω ανάπτυξη των μικροσπορίων ή των γυρεοκόκκων και προκαλεί στειρότητα (Barnabás *et al.*, 2008). Η συγκεκριμένη βλάβη δεν προκαλείται από την αφυδάτωση των αναπαραγωγικών ιστών, αλλά είναι το έμμεσο αποτέλεσμα του υδατικού ελλείμματος που εμφανίζεται σε βλαστικά όργανα όπως τα φύλλα (Saini, 1997).

Σύμφωνα με τους Lalonde *et al.* (1997), η μικροσποριογένεση στο σιτάρι μπορεί να διαχωριστεί σε δύο φάσεις: τον σχηματισμό των μικροσπορίων από τα μητρικά κύτταρα των γυρεοκόκκων (εικόνα 1.7: a-c) και από τη φάση ωρίμανσης, η οποία καλύπτει την ωρίμανση των γυρεοκόκκων από τα μικροσπόρια (εικόνα 1.7: d-h). Η επίδραση της έλλειψης του νερού σύμφωνα με τους ίδιους, αρχίζει να γίνεται ορατή από το στάδιο της μείωσης, όπου ένα σημαντικό ποσοστό των μητρικών κυττάρων αρχίζει να εκφυλίζεται και ένα επιπλέον ποσοστό τους αρχίζει και παίρνει κοκκώδη εμφάνιση. Επιπλέον, η υδατική καταπόνηση προκαλεί την έλλειψη του προσανατολισμού των μικροσπορίων, μεγέθυνση του ενδιάμεσου στρώματος του τοιχώματος των ασκών και απουσία των κυττάρων του τάπητα, ενώ επίσης επηρεάζει το σχηματισμό του εξωστρώματος των γυρεοκόκκων. Ωστόσο, δε φαίνεται να επηρεάζεται η διάρκεια της ανάπτυξης των γυρεοκόκκων από την υδατική καταπόνηση



**Εικόνα 1.7.** Εγκάρσιες τομές ανθήρων σιταριού σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, **a**) στάδιο μείωσης: το βέλος δείχνει τους αμυλόκοκκους στα επιδερμικά (Ep) και ενδοθηλιακά (En) κύτταρα. Φαίνονται επίσης τα κύτταρα του τάπητα (Ta) που δεν περιέχουν άμυλο, καθώς και τα μητρικά των γυρεόκοκκων κύτταρα (Me), **b**) μικροσπόρια (Mi) σε πρώιμη φάση: με το βέλος υποδεικνύονται αμυλόκοκκοι σε ενδοθηλιακά και επιδερμικά κύτταρα, **c**) νεαρά μικροσπόρια: η παρουσία άμυλου υπάρχει ακόμα, **d-h**) φάση ωρίμανσης, **d**) τα μικροσπόρια έχουν επεκταθεί και τα χυμοτόπια έχουν εγκατασταθεί επιτυχώς: το άμυλο που έχει απομείνει σημειώνεται με τα βέλη στα ενδοθηλιακά κύτταρα (En) κοντά στη σχισμή διάρρηξης (St) του ασκού και επίσης έχει αρχίσει ο εκφυλισμός των κυττάρων του τάπητα, **e**) διπύρηνος γυρεόκοκκος: ο γεννητήσιος πυρήνας (GN) και ο βλαστητικός (VN) είναι τοποθετημένοι ο ένας απέναντι στον άλλο, **f**) τα χυμοτόπια εξαφανίζονται από τους γυρεόκοκκους, **g**) διπύρηνιο γυρεόκοκκο: το άμυλο αφομοιώνεται από τους γυρεόκοκκους και το εξώστρωμα και ενδόστρωμα των γυρεόκοκκων έχει πλήρως σχηματιστεί, **h**) ώριμοι γυρεόκοκκοι οι οποίοι περιέχουν κόκκους άμυλου, (Lalonde *et al.*, 1997).

### 1.7.2 Κατά την άνθηση και γονιμοποίηση

Για μπορέσει να γίνει ο σχηματισμός των καρπών, η γύρη πρέπει αρχικά να είναι βιώσιμη και το στίγμα δεκτικό. Στη συνέχεια, η προβολή του γυρεοκόκκου πρέπει να αναπτυχθεί κανονικά και να φτάσει στο σημείο εντός των σπερματικών βλαστών, όπου θα γίνει η διπλή γονιμοποίηση, από την οποία θα προκύψουν το έμβρυο και το ενδοσπέρμιο. Μετά από αυτό το σημείο, ο σχηματισμός των καρπών προϋποθέτει την ομαλή ανάπτυξη του εμβρύου και του ενδοσπερμίου. Αρκετές από αυτές τις διαδικασίες είναι πολύ πιθανό να ανασχεθούν από την εμφάνιση δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών, που πολύ συχνά συμβαίνουν στον αγρό (Barnabás *et al.*, 2008; Dolferus *et al.*, 2011). Στα σιτηρά η βιωσιμότητα και η βλάστηση των γυρεοκόκκων επηρεάζονται πολύ έντονα από την ύπαρξη καταπόνησης (Saini and Aspinall 1982; Stone 2001).

Αν και στον αραβόσιτο και το ρύζι υπάρχουν αρκετές μελέτες που εξετάζουν την επίδραση της υδατικής καταπόνησης κατά τη διάρκεια της άνθησης και γονιμοποίησης (Saini and Westgate, 2000; Barnabás *et al.*, 2008) δεν έχει γίνει στον ίδιο βαθμό κάτι αντίστοιχο και στο σιτάρι. Οι Barnabás *et al.* (2008), διαπίστωσαν ότι η έλλειψη του νερού στην περίοδο της άνθησης του σιταριού δεν παρουσίαζε αρνητική επίδραση στη διαδικασία της διπλής γονιμοποίησης ή στην αρχική ανάπτυξη του εμβρύου, εκτός και αν η υδατική καταπόνηση έφτανε σε θανατηφόρα επίπεδα. Σε αντίθεση όμως με την υδατική καταπόνηση, η επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών σε αυτή την περίοδο είναι πιο ξεκαθαρισμένη στο σιτάρι. Θερμοκρασίες πάνω από τους 30-31 °C από το στάδιο της μείωσης έως την ωρίμανση των γυρεοκόκκων προκαλεί επιβλαβείς επιδράσεις στη βιωσιμότητά τους, οδηγώντας στην αποτυχία της γονιμοποίησης και στον περιορισμό των παραγόμενων καρπών (Saini and Aspinall, 1982; Wheeler *et al.*, 1996a, 1996b). Οι Ferris *et al.* (1998), παρατήρησαν επίσης ότι εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών από τα μισά της περιόδου της άνθησης, είχε αρνητική επίδραση στον αριθμό των παραγόμενων καρπών στο ανοιξιιάτικο σιτάρι.

### 1.7.3 Μετά την άνθηση

Η διαθεσιμότητα του νερού παρουσιάζει αρκετές επιδράσεις στον ρυθμό και στη διάρκεια της αύξησης των καρπών, όπως μέσω της αφομοίωσης του άνθρακα, της απορρόφησης ανόργανων θρεπτικών στοιχείων από τις ρίζες, καθώς και μέσω των επιδράσεων στην κυτταρική διαίρεση και μεγέθυνση (McMaster, 1997). Το διαθέσιμο νερό αλληλεπιδρά με το άζωτο και προκαλείται μείωση της κινητοποίησης των αμινοξέων



(Aggarwal and Sinha, 1984) και επιπλέον αυτή η αλληλεπίδραση έχει βρεθεί ότι παρουσιάζει ένα σημαντικό εύρος επιδράσεων στην απόδοση (Palfi and Dezsi, 1960; Spiertz and de Vos, 1983; Mogensen and Talukder, 1987; Palta *et al.*, 1994; Christen *et al.*, 1995, Albrizio *et al.*, 2010; Cossani *et al.*, 2011). Είναι σαφές ότι η επάρκεια και διαθεσιμότητα του νερού σχετίζεται ισχυρά με την αύξηση των καρπών και την απόδοση (Bingham, 1967; Fischer, 1973; Gallagher *et al.*, 1976; Brocklehurst *et al.*, 1978; Fischer and Maurer, 1978; Johnson and Moss, 1976; Brooks *et al.*, 1982; Richards, 1983), παρά το γεγονός ότι μερικές μελέτες υποστηρίζουν ότι το υδατικό δυναμικό των καρπών είναι ανεξάρτητο απ' αυτό του υπόλοιπου φυτού (Barlow *et al.*, 1980; Brooks *et al.*, 1982). Αρκετές αναφορές οδηγούν με ασφάλεια στη διαπίστωση ότι η διάρκεια της περιόδου γεμίσματος των καρπών περιορίζεται λόγω της υδατικής καταπόνησης (Angus and Moncur, 1977; Sionit *et al.*, 1980; Brooks *et al.*, 1982; Bauer *et al.*, 1985; Frank *et al.*, 1987; Mogensen and Talukder, 1987; McMaster and Smika, 1988; Ehdaie *et al.*, 2008), αλλά η επίδραση αυτή υπάρχει πιθανότητα να είναι έμμεση λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του φυτού (McMaster, 1997).

Παλαιότερες αναφορές υποστήριζαν ότι η υδατική καταπόνηση δεν παρουσιάζει σημαντική επίδραση στους ρυθμούς ανάπτυξης (Mogensen and Talukder, 1987), ωστόσο νεότερα δεδομένα δείχνουν ότι ο ρυθμός αφομοίωση ξηράς ουσίας στους αναπτυσσόμενους καρπούς μειώνεται αρκετά από την έλλειψη νερού (Plaut *et al.*, 2004; Ehdaie *et al.*, 2008).

## **1.8 Εκτίμηση της αντοχής στη ξηρασία**

Ένα κρίσιμο σημείο στις μελέτες που έχουν να κάνουν με την ανθεκτικότητα στην ξηρασία είναι η εκτίμηση του βαθμού της αντοχής διαφορετικών γονότυπων. Σε αρκετές μελέτες η αναγνώριση των ανθεκτικών και των ευαίσθητων στη ξηρασία ποικιλιών, βασίζεται σε ορισμένες φυσιολογικές μετρήσεις που σχετίζονται με την αντίδραση των φυτών στην έλλειψη του νερού (Cattivelli *et al.*, 2008). Η δυσκολία ωστόσο στην ανεύρεση μίας αξιόπιστης φυσιολογικής παραμέτρου ως δείκτη της αποδοτικότητας σε συνθήκες έλλειψης νερού, όρισε την αποδοτικότητα των φυτών σ' ένα εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών, ως τον βασικό δείκτη αντοχής στη ξηρασία (Voltas *et al.*, 2005). Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένας αριθμός τεχνικών παλινδρόμησης ανάμεσα στην απόδοση και σε περιβαλλοντικούς δείκτες για να μπορέσει να αξιολογηθεί η προσαρμοστικότητα των γονότυπων. Αρκετοί τέτοιοι δείκτες έχουν προταθεί για να περιγράψουν την επίδοση της απόδοσης συγκεκριμένων γονότυπων σε συνθήκες με ή χωρίς υδατική καταπόνηση, σε

σύγκριση με τη μέση αποδοτικότητα ή την απόδοση ενός ανώτερου από πλευράς παραγωγικότητας γονότυπου (Finlay and Wilkinson, 1963; Eberhart and Russell, 1966; Fischer and Maurer, 1978; Soika *et al.*, 1981; Lin and Binn, 1988; Yadav and Bhatnagar, 2001). Μερικοί ερευνητές έκφρασαν το δυναμικό της απόδοσης σε σχέση μ'ένα περιβαλλοντικά επηρεαζόμενο φυσιολογικό χαρακτηριστικό, όπως η θερμοκρασία του φυλλώματος ή το υδατικό δυναμικό. Για την εκτίμηση της υδατικής καταπόνησης που βιώνουν τα φυτά οι Idso *et al.* (1981), πρότειναν το δείκτη «water stress index (CWSI)», ο οποίος προκύπτει από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του φυλλώματος σε σχέση με αυτή που παρατηρείται σε επαρκώς αρδευμένα πειραματικά τεμάχια. Λίγο αργότερα οι Karamanos and Papatheohari (1999), πρότειναν το δείκτη WPI, ο οποίος προκύπτει από τη χρονική πορεία των τιμών του υδατικού δυναμικού των φύλλων. Ο συγκεκριμένος δείκτης παρέχει μία αρκετά αξιόπιστη ένδειξη της συνολικής υδατικής καταπόνησης που έχει υποστεί ένα φυτό κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Αυτό του δίνει τη δυνατότητα της υψηλής συσχέτισής του με χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα η απόδοση ή ακόμη και με ανατομικά χαρακτηριστικά (Bresta *et al.*, 2011), τα οποία απαιτούν μεγάλη χρονική διάρκεια για τον τελικό τους καθορισμό.

Άλλες προσεγγίσεις στοχεύουν στην ποσοτικοποίηση του βαθμού της έλλειψης του νερού βασιζόμενες σε συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες (καιρός, διαθέσιμη εδαφική υγρασία, κτλ), με σκοπό την ανεξαρτοποίηση από την αλληλεπίδραση του γονότυπου με το περιβάλλον (Cattivelli *et al.*, 2008). Οι Araus *et al.* (2003), βρήκαν ότι η απόδοση συσχετιζόταν ικανοποιητικά με την παρεχόμενη ποσότητα του νερού σε διαφορετικές συνθήκες υδατικής καταπόνησης. Οι Motzo *et al.* (2001), πρότειναν έναν εποχικό δείκτη υδατικής καταπόνησης ο οποίος βασιζόταν στην αλληλεπίδραση εδάφους-φυτού-ατμόσφαιρας. Οι Rizza *et al.* (2004), πρότειναν ένα δείκτη «WSI» ο οποίος βασιζόταν σε μία απλή ισορροπία, μεταξύ του εδαφικού νερού και της ποσότητας που αφαιρούταν μέσω της διαπνοής, σε σχέση με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Οι ίδιοι πρότειναν επίσης ότι το δυναμικό της απόδοσης και η προσαρμοστικότητα των ποικιλιών μπορεί να σχετιστεί με την υδατική καταπόνηση και να περιγραφεί μέσω των μεταβλητών της παλινδρόμησης, η οποία προκύπτει από τη χρήση της απόδοσης ως εξαρτημένη μεταβλητή και του δείκτη «WSI» ως ανεξάρτητη μεταβλητή.

## 1.9 Σκοπός της μελέτης

Μέσω της σταδιακής αύξησης του βαθμού της υδατικής καταπόνησης που βίωναν εγχώριοι πληθυσμοί και εμπορικές ποικιλίες σκληρού σιταριού, η παρούσα μελέτη εστίασε στην περίοδο της αναπαραγωγικής ανάπτυξης και συγκεκριμένα στις μορφογενετικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στους στάχεις. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο τέθηκε η ανάγκη:

- Να αξιολογηθεί η συμπεριφορά της αναπαραγωγικής φάσης στην υδατική καταπόνηση μερικών από τις πιο σημαντικές ελληνικές καλλιεργούμενες ποικιλίες σκληρού σιταριού και παράλληλα μέσω της σύγκρισή τους με τους εγχώριους πληθυσμούς, να αναδειχθεί η πρόοδος από τη βελτίωσή τους, καθώς και η επισήμανση χαρακτηριστικών που πιθανώς χρειάζονται περαιτέρω βελτίωση.
- Να γίνει η αξιολόγηση της αναπαραγωγικής συμπεριφοράς δύο εγχωρίων αβελτίωτων πληθυσμών σκληρού σιταριού αναγνωρισμένης αξίας στην υδατική καταπόνηση, για την ύπαρξη χαρακτηριστικών που θα μπορούσαν εν δυνάμει στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν σε βελτιωτικά προγράμματα.
- Να γίνει μία πιο αναλυτική εκτίμηση της τύχης των ανθικών καταβολών και της μορφογενετικής ανάπτυξης του σιταριού σ' ένα εύρος υδατικής καταπόνησης, καθώς η μελέτη του για την περίοδο από την έναρξη της διαφοροποίησης και μέχρι την ολοκλήρωση του εκφυλισμού των ανθικών καταβολών σπανίζει (Dolferus *et al.*, 2011), πιθανώς λόγω της δυσκολίας αλλά και του χρόνου που χρειάζεται η αξιολόγηση τέτοιων χαρακτηριστικών (Ferrante *et al.*, 2010).
- Δημιουργίας μίας νέας κλίμακας για την καλύτερη μελέτη της μορφογένεσης στο σιτάρι, καθώς οι κλίμακες που υπήρχαν στη διεθνή βιβλιογραφία, είτε δεν εξέταζαν την ανάπτυξη του κορυφαίου μεριστώματος σε όλες τις φάσεις του, είτε είναι πολύ δύσκολες στην εφαρμογή τους για την εξέταση πολλών δειγμάτων ανά δειγματοληψία.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 2.1 Γενικά

Τα πειράματα διεξήχθησαν τις καλλιεργητικές περιόδους 2007-2008 και 2008-2009 εντός μόνιμου στεγάστρου που ήταν εγκατεστημένο στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. (γεωγραφικό πλάτος: 37° 59' Δ, γεωγραφικό μήκος: 23° 32' Β, υψόμετρο 30 m πάνω απ' το επίπεδο της θάλασσας). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτικό πείραμα κατά την καλλιεργητική περίοδο 2006-2007 (Βαχαμίδης *et al.*, 2008), τα αποτελέσματα του οποίου δεν αποτελούν ωστόσο αντικείμενο της παρούσας διατριβής. Ορισμένες από τις ιδιότητες του εδάφους που πραγματοποιήθηκαν τα πειράματα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1. Η ανάλυση του σύνθετου εδαφικού δείγματος, το οποίο είχε προέλθει από 10 δειγματοληπτικές θέσεις (βάθους 0-30cm), πραγματοποιήθηκε από το Εργαστήριο Εδαφολογίας & Γεωργικής Χημείας του Γ.Π.Α.

**Πίνακας 2.1.** Ανάλυση του εδάφους (βάθους 0-30cm) του πειραματικού αγρού κατά την καλλιεργητική περίοδο 07-08.

<b>Ιδιότητες</b>	<b>Τιμή</b>
<b>Φυσικές</b>	
Άμμος	34,7%
Άργιλος	29,8%
Ίλύς	35,5%
Χαρακτηρισμός εδάφους	Αργιλοπηλώδες
<b>Χημικές</b>	
pH (1:1 H <sub>2</sub> O)	7,95
CaCO <sub>3</sub> (%)	16%
Οργανική ουσία (%)	1,93
Ολικό N (%)	0,165
P (κατά Olsen) (ppm)	31,12
K (ppm)	520

## 2.2 Φυτικό υλικό

Την πρώτη πειραματική χρονιά αξιολογήθηκαν 2 εγχώριοι πληθυσμοί σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), οι «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς και 2 εμπορικές ποικιλίες, επίσης σκληρού σιταριού, οι «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81». Το δεύτερο πειραματικό έτος προστέθηκαν επιπλέον η ελληνική ποικιλία σκληρού σιταριού «Σέλας» και η ιταλική ποικιλία «Simeto». Οι ελληνικές ποικιλίες του σκληρού σιταριού που μελετήθηκαν είναι δημιούργημα του Ινστιτούτου Σιτηρών του Ε.Λ.Γ.Ο.- Δήμητρα (πρώην ΕΘΙΑΓΕ). Η προμήθεια όλου του φυτικού υλικού έγινε από το Ινστιτούτο Σιτηρών.

### Πίνακας 2.2.1. Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Παπαδάκης».

#### Μορφολογικά

Ύψος: Κοντή

Στάχης: Συμπαγής-Λευκός με άγανα λευκά

Σπόρος: Ημιεπιμήκης-Λευκός κεχριμπαρένιος

#### Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωϊμότητα: Πρώϊμη

Αδέλφωμα: Μέτριο

Αντοχή στο πλάγιασμα: Μέτρια

Αντοχή στον παγετό του χειμώνα: Μέτρια

Αντοχή στον παγετό της άνοιξης: Μέτρια

Αντοχή στις 3 σκωριάσεις: Ανθεκτική

Αντοχή στις άλλες ασθένειες: Μέτρια

Σταθερότητα απόδοσης: Πολύ καλή

Προσαρμοστικότητα: Γενική

Βάρος 1.000 κόκκων: 41 γρ.

Εναλλακτικότητα: Ανοιξιάτικη

Κατάλληλη εποχή σποράς: Πρώϊμη

Ποσότητα σπόρου: 15-18 κιλά/στρ.

#### Τεχνολογικά

Υαλώδεις κόκκοι %: 87

Πρωτεΐνη %(P)(NX5,7): 15,0

Χρωστική, ppm (β-καροτίνη): 8,1

---

Η περιγραφή των χαρακτηριστικών είναι από το Ινστιτούτο Σιτηρών

**Πίνακας 2.2.2.** Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Μεξικάλι 81».

---

Μορφολογικά

Ύψος: 85-95 εκατοστά.

Στάχης: Παράλληλος, μέσης συμπάγειας, λευκός με άγανα λευκά.

Σπόρος: Ωοειδής, μεγάλος, ανοιχτός κεχριμπαρένιος.

Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωιμότητα: Πολύ Πρώιμη.

Αδέλφωμα: Μέτριο.

Αντοχή στο πλάγιασμα: Μεγάλη.

Αντοχή στον παγετό του χειμώνα: Μέτρια.

Αντοχή στον παγετό της άνοιξης: Μέτρια.

Αντοχή στις 3 σκωριάσεις: Ανθεκτική (ευπαθής στην καστανή).

Αντοχή στις άλλες ασθένειες: Μέτρια.

Σταθερότητα απόδοσης: Καλή (Μ.0.470 κιλά/στρ.).

Προσαρμοστικότητα: Γενική.

Βάρος 1.000 κόκκων: 44 (38-60) γραμμάρια.

Εναλλακτικότητα: Ανοιξιάτικη.

Κατάλληλη εποχή σποράς: Πρώιμη

Ποσότητα σπόρου: 18-20 κιλά/στρ.

Τεχνολογικά

Υαλώδεις κόκκοι %: 67 (30-100).

Πρωτεΐνη % (P) (NX5,7): 13,5 (10-18).

Χρωστική, ppm (β-καροτίνιο): 5,8 (4,1-7,3).

---

Η περιγραφή των χαρακτηριστικών είναι από το Ινστιτούτο Σιτηρών

**Πίνακας 2.2.3.** Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Simeto».

---

Μορφολογικά

Ύψος: 75-80 εκατοστά.

Στάχης: Επιμήκης, μεγάλος και με πολλά μαύρα άγανα

Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωιμότητα: Πρώιμη.

Αδέλφωμα: Μέτριο.

Αντοχή στο πλάγιασμα: Μεγάλη.

Προσαρμοστικότητα: Γενική.

Ποσότητα σπόρου: 22-24 κιλά/στρ.

---

(Ομάδα Σύνταξης του Αγροτύπου, 2012)

**Πίνακας 2.2.4.** Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας «Σέλας».

---

Μορφολογικά

Ύψος: 85-95 εκατοστά.

Στάχης: Παράλληλος, μέσης συμπάγειας, λευκός με άγανα λευκά.

Σπόρος: Ωοειδής, μεγάλος, ανοικτός κεχριμπαρένιος.

Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωιμότητα: Πολύ πρόιμη.

Αδέλφωμα: Μέτριο.

Αντοχή στο πλάγιασμα: Μεγάλη.

Αντοχή στον παγετό του χειμώνα: Μέτρια.

Αντοχή στον παγετό της άνοιξης: Μέτρια.

Αντοχή στις 3 σκωριάσεις: Ευπαθής στην καστανή, ανθεκτική στις άλλες.

Αντοχή στις άλλες ασθένειες: Μέτρια.

Σταθερότητα απόδοσης: Μέτρια (Μ.Ο. 460 κιλά/στρ.).

Προσαρμοστικότητα: Γενική.

Βάρος 1.000 κόκκων: 45(38-58) γραμμάρια.

Εναλλακτικότητα: Ανοιξιάτικη.

Κατάλληλη εποχή σποράς: Πρόιμη

Ποσότητα σπόρου: 18-20 κιλά/στρ.

Τεχνολογικά

Υαλώδεις κόκκοι %: 70 (35-100).

Πρωτεΐνη % (P) (NX5,7): 13,8 (10-20).

Χρωστική, ppm (β-καροτίνιο): 6,6 (4,2-9,1).

---

Η περιγραφή των χαρακτηριστικών είναι από το Ινστιτούτο Σιτηρών

**Πίνακας 2.2.5.** Τα χαρακτηριστικά του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17».

---

Μορφολογικά

Ύψος: Πολύ ψηλός

Στάχης: Μέτριας συμπάγειας, λευκός με άγανα λευκά.

Σπόρος: Ημιεπιμήκης, μέτριος,

Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωιμότητα: Πολύ όψιμη.

Αδέλφωμα: Έντονο.

Αντοχή στο πλάγιασμα: Πολύ μικρή.

Προσαρμοστικότητα στη ξηρασία: Καλή.

Αποδοτικότητα: Υψηλή.

Περιοχή προέλευσης

Λήμνος

---

Από Karamanos *et al.* (2008), τροποποιημένο.

**Πίνακας 2.2.6.** Τα χαρακτηριστικά του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184».

---

Μορφολογικά

Ύψος: Πολύ ψηλός

Στάχης: Μέτριας συμπάγειας, λευκός με άγανα λευκά.

Σπόρος: Ημιεπιμήκης, μέτριος,

Αγρονομικά και φυσιολογικά

Πρωιμότητα: Πολύ όψιμη.

Αδέλφωμα: Έντονο.

Αντοχή στο πλάγιασμα: Πολύ μικρή.

Προσαρμοστικότητα στη ξηρασία: Μέτρια.

Αποδοτικότητα: Καλή.

Περιοχή προέλευσης

Ηράκλειο Κρήτης

---

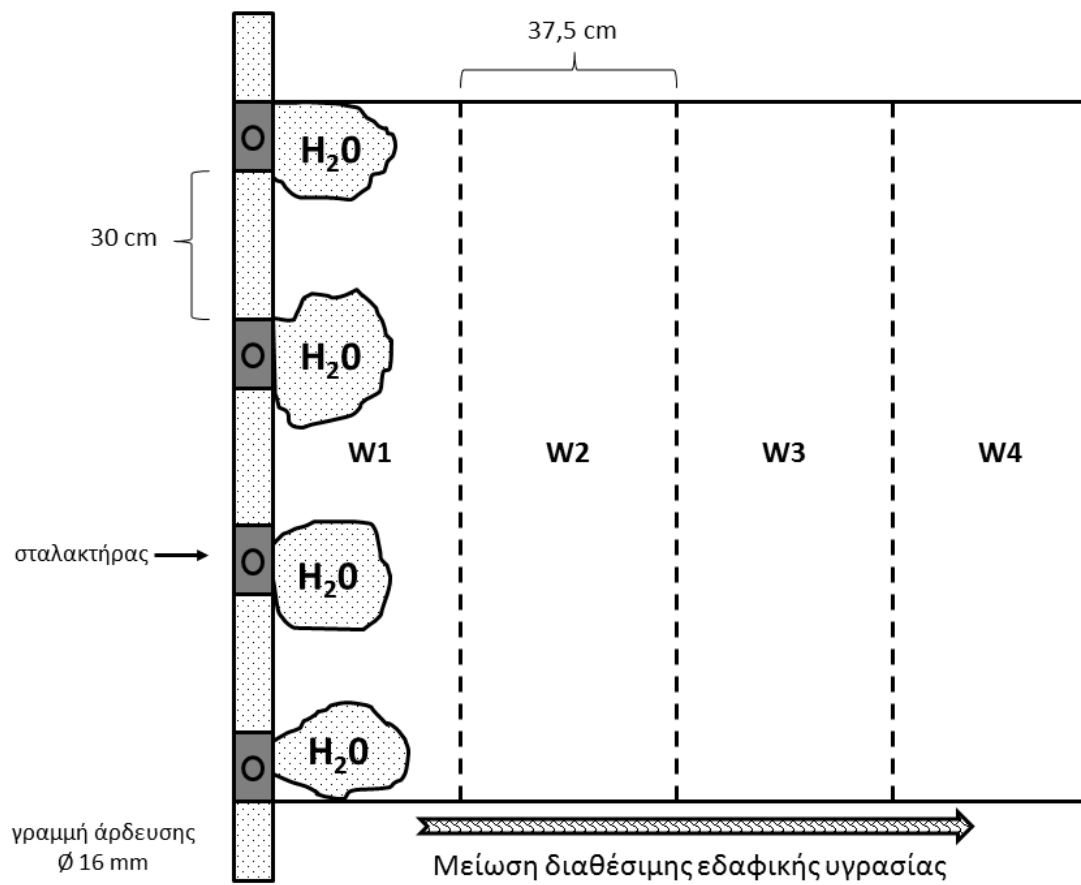
Από Karamanos *et al.* (2008), τροποποιημένο.

### 2.3 Πειραματικό σχέδιο

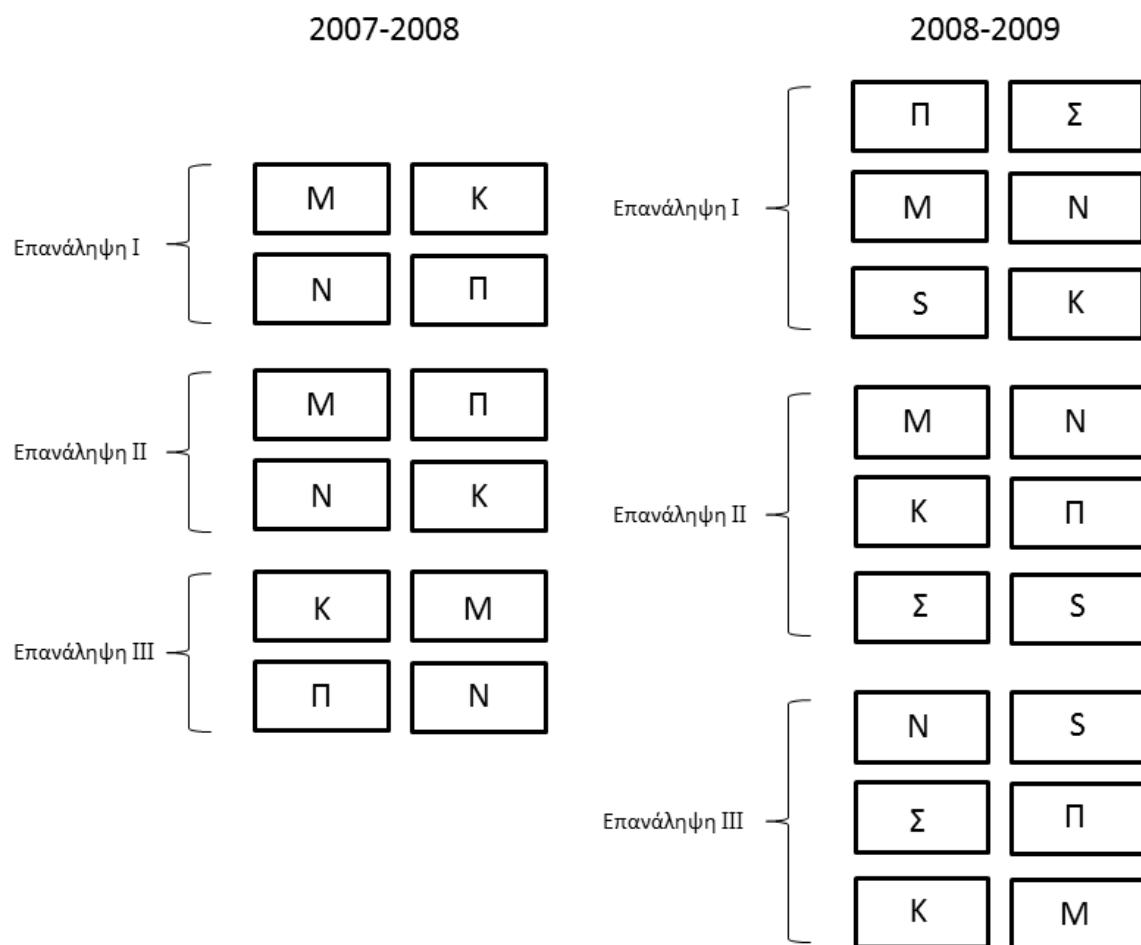
Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν και τα δύο πειραματικά έτη των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot design) (Gomez and Gomez, 1984), με τρεις επαναλήψεις. Ως κύρια τεμάχια χρησιμοποιήθηκαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού, όπου τη μεν πρώτη χρονιά ήταν 4 («Κοντοπούλι 17», «Ντόπια Ηρακλείου 184», «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81») ενώ τη δεύτερη, με την προσθήκη και των ποικιλιών «Σέλας» και «Simeto» έγιναν 6. Ως υποτεμάχια επιλέχθηκαν οι μεταχειρίσεις του νερού (επίπεδα εδαφικής υγρασίας). Η συνολική έκταση του πειραματικού αγρού ήταν 300 m<sup>2</sup>, η επιφάνεια κάθε κύριου τεμαχίου 2,70 m<sup>2</sup> (1,5m x 1,8m) και η επιφάνεια κάθε υπό-τεμαχίου 0,675 m<sup>2</sup> (0,375m x 1,8m).

Τα επίπεδα εδαφικής υγρασίας διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με την απόσταση του κάθε υπο-τεμαχίου από την πηγή του νερού (σταλακτηφόρος αγωγός Ø 16 mm.). Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη αποτελεί μια ελαφρώς τροποποιημένη μορφή της τεχνικής που προτάθηκε από τους Hanks *et al.* (1976). Με αυτό τον τρόπο διαμορφώθηκαν 4 διαφορετικά επίπεδα εδαφικής υγρασίας (W1, W2, W3 και W4). Επαρκώς αρδευόμενο, θεωρήθηκε το υποτεμάχιο (W1) που γειτνιάζε με το σταλακτηφόρο αγωγό και ελάχιστα αρδευόμενο το υποτεμάχιο που βρισκόταν στη μεγαλύτερη απόσταση από αυτόν (W4). Τα ενδιάμεσα επίπεδα άρδευσης βρίσκονταν μεταξύ των δύο ακραίων υποτεμαχίων (εικόνα 2.3.1). Η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στον αγρό και για τα δύο πειραματικά έτη παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2.3.2.





**Εικόνα 2.3.1.** Η κάτοψη (επάνω) ενός κύριου πειραματικού τεμαχίου όπου διακρίνονται οι τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1, W2, W3 και W4) και λεπτομέρεια της γραμμής άρδευσης (κάτω).



**Διάγραμμα 2.3.2.** Η διάταξη των κύριων τεμαχίων στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κατά τα δύο πειραματικά έτη. Όπου (M): Μεξικάλι 81, (Π): Παπαδάκης, (Σ): Σέλας, (K): Κοντοπούλι 17, (N): Ντόπια Ηρακλείου 184 και (S): Simeto.

## 2.4 Καλλιεργητικά στοιχεία

### 2.4.1 Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους περιελάμβανε και τα δύο πειραματικά έτη διαδοχικά περάσματα με καλλιεργητή, ο οποίος συνοδεύεται και από ένα ελαφρύ κύλινδρο για μικροϊσοπεδώσεις (εικόνα 2.4.1). Επειδή το συγκεκριμένο έδαφος είχε την τάση να δημιουργεί επιφανειακή κρούστα δεν έγινε δευτερεύουσα κατεργασία με σβάρνα ή φρέζα. Εξάλλου, το σιτάρι όπως και τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρα δεν απαιτούν ψιλοχωματισμένη σποροκλίνη (Καραμάνος και Βαχαμίδης, 2012). Όργωμα του εδάφους είχε προηγηθεί την καλλιεργητική περίοδο 2006-2007.



**Εικόνα 2.4.1.** Κατεργασία του εδάφους στον πειραματικό αγρό του του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. με καλλιεργητή ο οποίος συνοδεύεται και από ένα ελαφρύ κύλινδρο για μικροϊσοπεδώσεις.

#### **2.4.2 Σπορά**

Το πρώτο πειραματικό έτος η σπορά έγινε στις 30/11/07, ενώ το δεύτερο έτος λόγω προβλημάτων έγινε πιο όψιμα (21/12/08). Η σπορά και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους πραγματοποιήθηκε σε γραμμές που είχαν απόσταση 15 εκ. και η πυκνότητά της ήταν περίπου 320 σπόροι  $m^{-2}$ . Κάθε κύριο τεμάχιο αποτελούνταν από 13 γραμμές σποράς.

#### **2.4.3 Αντιμετώπιση εχθρών**

Και τα δύο πειραματικά έτη διαπιστώθηκε η παρουσία του ορθόπτερου *Grylotalpa grylotalpa* (οικ. Grylotalpidae, κοινή ονομασία: «κρεμμυδοφάγος») στο έδαφος του πειραματικού αγρού. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό σκεύασμα «Pygix 5 GR» το οποίο περιέχει τη δραστική ουσία chlorpyrifos σε συγκέντρωση 5%. Η εφαρμογή

του σκευάσματος έγινε στις γραμμές κατά τη σπορά και η δόση που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1 κιλό σκευάσματος/στρ.

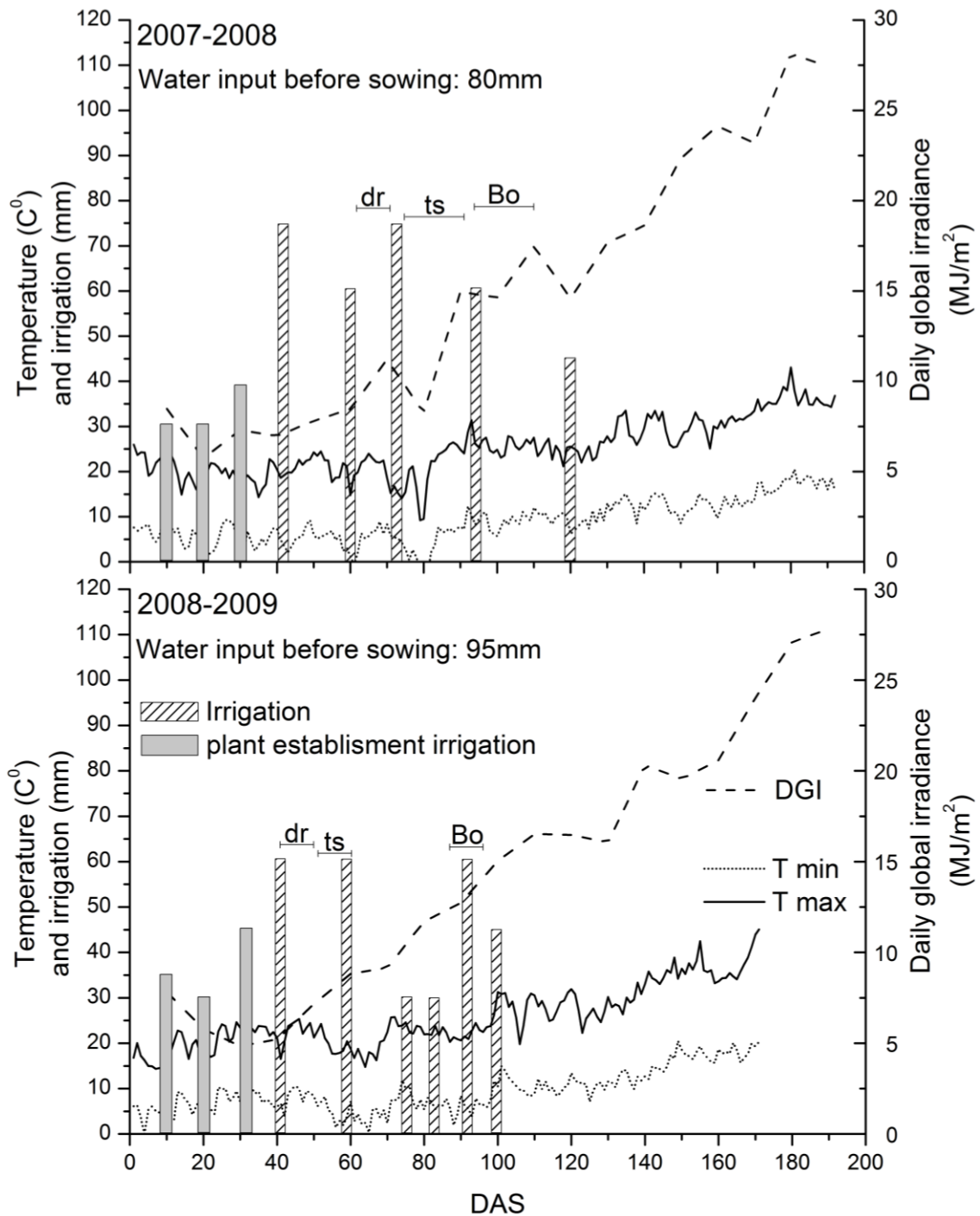
#### **2.4.4 Αντιμετώπιση ζιζανίων**

Το πρώτο πειραματικό έτος η αντιμετώπιση του πληθυσμού των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε με εφαρμογή του εμπορικού σκευάσματος «Glean 75 WG», το οποίο περιέχει τη δραστική ουσία chlorsulfuron σε συγκέντρωση 75%. Η εφαρμογή έγινε με ψεκασμό φυλλώματος μεταφυτρωτικά, στο στάδιο του ενός αδελφιού της καλλιέργειας (στάδιο 21 κατά Zadoks) και χρησιμοποιήθηκε δόση 1,3 γρ. σκευάσματος/στρ. Το δεύτερο πειραματικό έτος τα ζιζάνια αντιμετωπίστηκαν σχετικά εύκολα με σκαλίσματα και βοτανίσματα, πιθανώς λόγω της υψηλής υπολειμματικότητας του σκευάσματος «Glean 75 WG» στο έδαφος.

#### **2.4.5 Διαχείριση του νερού**

Το διάστημα πριν την προετοιμασία του εδάφους για την εγκατάσταση της καλλιέργειας έγιναν ορισμένες αρδεύσεις σε όλη την επιφάνεια του αγρού. Σκοπός αυτών των αρδεύσεων ήταν να έρθει το έδαφος σε «ρώγο», για να μπορέσει να γίνει η κατεργασία και επιπλέον για να αυξηθούν τα αποθέματά του σε υγρασία και επομένως να ευνοηθεί η διαδικασία του φυτρώματος και της πρώτης ανάπτυξης των φυτών. Συνολικά την περίοδο 2007-2008 χορηγήθηκαν σε αυτή τη φάση 80 mm νερού, ενώ την περίοδο 2008-2009 η αντίστοιχη ποσότητα ήταν 95 mm νερού. Επίσης, από τη σπορά και μέχρι την έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης χορηγήθηκαν επιπλέον σε όλη την έκταση του πειραματικού αγρού 100 και 110 mm το πρώτο και το δεύτερο πειραματικό έτος αντίστοιχα. Στο διάγραμμα 2.4.5 παρουσιάζεται συνολικά η διαχείριση του νερού και για τα δύο πειραματικά έτη.

Η έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης περιελάμβανε αρχικά την εγκατάσταση ενός συστήματος στάγδην άρδευσης, το οποίο αποτελούνταν από από έναν κεντρικό αγωγό Ø 32 mm ο οποίος συνδεόταν με σταλακτηφόρους σωλήνες Ø 16 mm, που ήταν τοποθετημένοι κατά μήκος της μίας πλευράς των πειραματικών τεμαχίων (εικόνα 2.3.1). Η ονομαστική παροχή των σταλακτών ήταν 4 lit/h και η απόσταση μεταξύ τους κατά μήκος της γραμμής άρδευσης 30 cm. Στο διάγραμμα 2.4.5 παρουσιάζεται η χρονική κατανομή των πειραματικών αρδεύσεων καθώς και η χορηγούμενη κάθε φορά δόση άρδευσης.



**Διάγραμμα 2.4.5.** Η διαχείριση του νερού σε σχέση με τις μετεωρολογικές μεταβλητές και το εύρος της διασποράς βασικών αναπτυξιακών σταδίων του πειραματικού υλικού. Water input before sowing: ποσότητα νερού πριν την σπορά, irrigation: ποσότητα χορηγούμενου νερού στη φάση των μεταχειρίσεων της άρδευσης, plant establishment irrigation: ποσότητα νερού από τη σπορά και μέχρι την έναρξη των μεταχειρίσεων του νερού, dr: στάδιο διπλής πλευράς, ts: στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου, Bo: στάδιο διόγκωσης κολοού, DAS: ημέρες από σπορά, temperature: θερμοκρασία, daily global irradiance: ένταση ηλιακής ακτινοβολίας.

Σημειώνεται ότι η ποσότητα του νερού που χορηγήθηκε στις πειραματικές αρδεύσεις (δηλ. μετά από τις πρώτες 40 ημέρες), υπολογίστηκε με βάση τη μεταχείριση W1. Σύμφωνα επομένως με το διάγραμμα 2.4.5, το πρώτο έτος χορηγήθηκαν κατά την περίοδο των πειραματικών αρδεύσεων 315 mm νερού στη μεταχείριση W1, τα οποία μετακινήθηκαν μέσω του εδάφους προς τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις (W2, W3 και W4), όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.2.1. Το δεύτερο πειραματικό έτος η αντίστοιχη ποσότητα του νερού που χορηγήθηκε ήταν 285 mm. Η έναρξη των αρδεύσεων είχε ως βασικό στόχο την κάλυψη, όσο ήταν δυνατόν, των αναγκών του πειραματικού υλικού που ήταν εγκατεστημένο στη μεταχείριση W1, ιδιαίτερα κατά τα κρίσιμα στάδια του βιολογικού κύκλου του σιταριού. Βασικός περιορισμός όσον αφορά τη χορηγούμενη κάθε φορά δόση άρδευσης ήταν ότι μετά από μία ορισμένη διάρκεια άρδευσης, η οποία κυμαινόταν περίπου από 1,5 έως 3 ώρες, υπήρχε τάση το νερό να μη μπορεί πλέον να διηθηθεί με αποτέλεσμα την έναρξη της απορροής του κατά μήκος του πειραματικού τεμαχίου. Για τον λόγο αυτό υπήρχε συνεχής έλεγχος κατά τη διάρκεια των αρδεύσεων.

## 2.5 Παρατηρήσεις – Προσδιορισμοί

### 2.5.1 Υδατική κατάσταση των φυτών

#### 2.5.1.1 Υδατικό δυναμικό φύλλων ( $\Psi_1$ )

Το υδατικό δυναμικό των φύλλων μετρήθηκε με τη μέθοδο του θαλάμου πίεσης. Ο θάλαμος πίεσης που χρησιμοποιήθηκε κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Waring και Cleary (1967). Η μέθοδος αυτή (Scholander *et al.*, 1964) συνεχίζει να αποτελεί τον κυριότερο τρόπο μέτρησης του υδατικού δυναμικού των φύλλων σε συνθήκες αγρού, διότι είναι γρήγορη, αξιόπιστη και δεν παρουσιάζει ευαισθησία στις αλλαγές της θερμοκρασίας. Οι Tyree *et al.* (1974), απέδειξαν ότι το υδατικό δυναμικό μεταβάλλεται λιγότερο από 0.02 MPa μέσα σε ένα εύρος θερμοκρασιών από 0 έως 36 °C.

Με την τεχνική αυτή ουσιαστικά υπολογίζεται η αρνητική πίεση απορρόφησης του ανιόντος χυμού (δηλ. η αρνητική υδροστατική πίεση) στα αγγεία του ξύλου (P). Η πίεση αυτή είναι ίση, κατά προσέγγιση, με το υδατικό δυναμικό του φύλλου σε μη αλόφυτα (Scholander *et al.*, 1964; Boyer, 1967), επομένως:

$$\Psi_1 \approx -P \quad (2.1)$$

Η συλλογή κάθε δείγματος γινόταν στις 12 μ.μ., χρονική περίοδο κατά την οποία το υδατικό δυναμικό λαμβάνει την κατώτερη ημερήσια τιμή του. Συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθούνταν ήταν η εξής: Κοπή του νεότερου πλήρως ανεπτυγμένου φύλλου (τρίτο φύλλο από την κορυφή) του κεντρικού στελέχους κάθε φυτού, τοποθέτηση του δείγματος σε πλαστικές σακούλες αεροστεγώς κλεισμένες και μεταφορά του σε οικιακό ψυγείο, μέχρι τη στιγμή της μέτρησης η οποία ολοκληρώνονταν το αργότερο 3-4 ώρες μετά από τη λήψη του τελευταίου δείγματος. Σε κάθε επανάληψη λαμβάνονταν 3 δείγματα ανά υποτεμάχιο (επίπεδο άρδευσης) και συνολικά 12 δείγματα ανά κύριο τεμάχιο.

### 2.5.1.2 Δείκτης υδατικού δυναμικού (Water Potential Index)

Οι ληφθείσες μετρήσεις του υδατικού δυναμικού ( $\Psi_t$ ) χρησιμοποιήθηκαν στη διαγραμματική απεικόνιση της χρονικής πορείας του για κάθε γονότυπο. Το ολοκλήρωμα της πορείας αυτής περιγράφει την ένταση και τη διάρκεια του υδατικού δυναμικού για μια δεδομένη περίοδο:

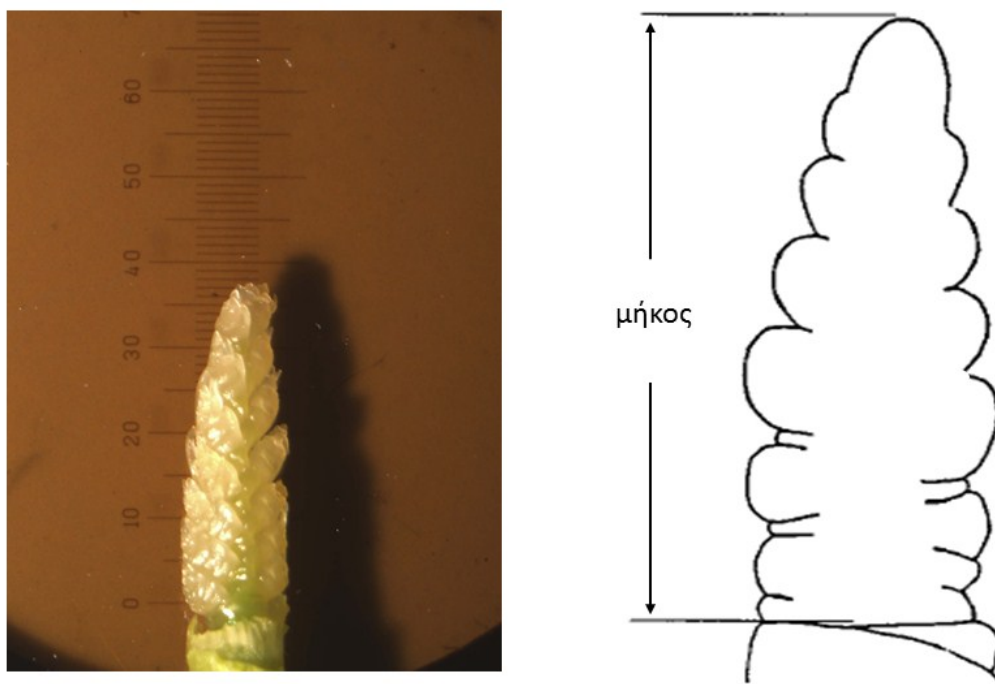
$$WPD = \int_{t=1}^v \Psi_t dt \quad (2.2)$$

Όπου  $\Psi_t$  το υδατικό δυναμικό την ημέρα  $t$  κατά τη διάρκεια της περιόδου των παρατηρήσεων, δηλαδή από την ημέρα 1 έως την ημέρα  $v$ . Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περίοδοι που εξετάζονται είναι δυνατό να διαφέρουν σε διάρκεια για διάφορους λόγους (π.χ. διαφορές στη διάρκεια του βιολογικού κύκλου ή στη διάρκεια των μετρήσεων) οι τιμές του WPD γίνονται συγκρίσιμες, μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων, όταν διαιρεθούν με τη διάρκεια της περιόδου των μετρήσεων. Η τιμή που προκύπτει σε αυτή την περίπτωση είναι ο δείκτης υδατικού δυναμικού  $WPI = WPD / n$  (Karamanos and Papatheohari, 1999).

## 2.6 Εκτίμηση της ανάπτυξης και των χαρακτηριστικών του εμβρυακού στάχου

Μία με δύο φορές την εβδομάδα, για την περίοδο λίγο πριν την έναρξη του αδελφώματος (στάδια 21-22 κατά Zadoks) και μέχρι το στάδιο του ξεσταχυάσματος (στάδιο 59 κατά Zadoks), λαμβάνονταν 3 τυχαία φυτά από κάθε επίπεδο άρδευσης και συνολικά 12 φυτά / κύριο τεμάχιο. Για κάθε δείγμα επιλεγόταν το κεντρικό στέλεχος και στη συνέχεια με επιμήκεις τομές, όπως περιγράφεται από τους Kirby and Appleyard (1981), αποκαλυπτόταν το κορυφαίο μερίστωμα. Η παρατήρηση των δειγμάτων και η λήψη των

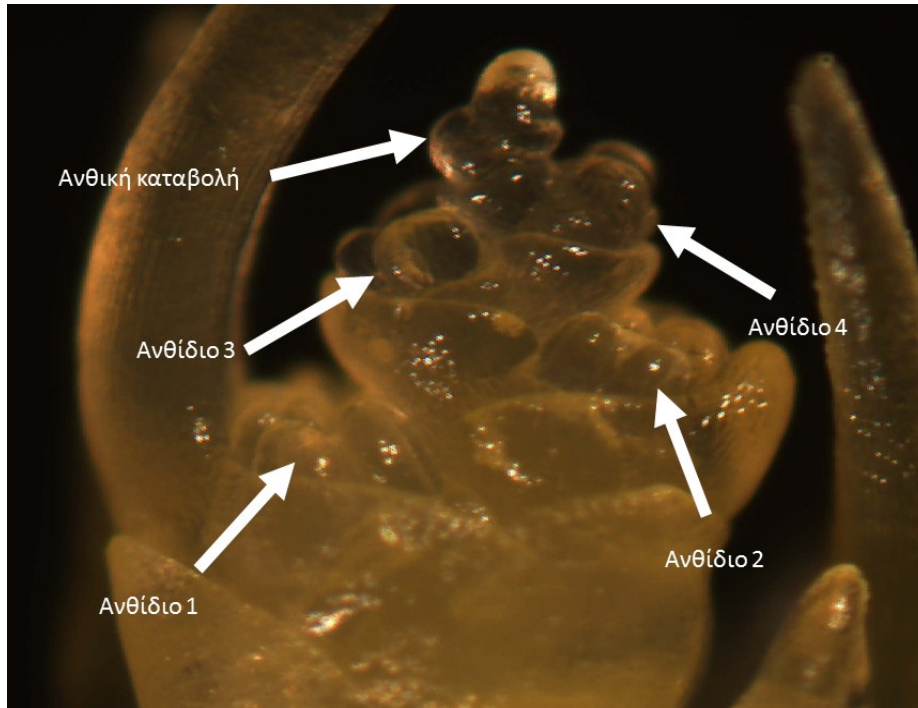
φωτογραφιών του εμβρυακού στάχου έγινε με οπτικό στερεοσκόπιο «OLYMPUS SZX12» το οποίο ήταν εξοπλισμένο με κάμερα «OLYMPUS DP71». Η εξέταση κάθε δείγματος περιελάμβανε την αναγνώριση και τον καθορισμό του μορφογενετικού του σταδίου, την εκτίμηση του μήκους της ταξιανθίας (εικόνα 2.5.1) και την καταμέτρηση του αριθμού των σχηματιζόμενων ανθέων/σταχύδιο (εικόνα 2.5.2) από το στάδιο 6 της νέας προτεινόμενης κλίμακας (κεφ. 3.2).



**Εικόνα 2.5.1.** Εκτίμηση του μήκους της ταξιανθίας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων. Ως μήκος θεωρήθηκε η απόσταση από το σημείο που συνδέεται η βάση του εμβρυακού στάχου με το στέλεχος μέχρι το κορυφαίο μερίστωμα της ταξιανθίας.

Από το στάδιο 19 της νέας κλίμακας (κεφ. 3.2), το οποίο εντοπίζεται ουσιαστικά στη φάση της διόγκωσης του κολεού, ως γόνιμα θεωρήθηκαν τα ανθίδια που είχαν φτάσει στο στάδιο των λευκών ανθέρων, όπως αυτό ορίζεται από τους Kirby and Appleyard (1981) ή είχαν εξελικτικά προχωρήσει ακόμη περισσότερο, σχηματίζοντας πράσινους ανθήρες. Οι Isidro *et al.* (2011), σε ανάλογη μελέτη θεωρούσαν ως γόνιμα μόνο όσα άνθη είχαν καταφέρει σε αυτό το στάδιο να σχηματίσουν πράσινους ανθήρες. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε ότι υπάρχει πιθανότητα και ορισμένο ποσοστό των ανθέων που βρίσκονται στο στάδιο των λευκών ανθέρων κατά τη διόγκωση του κολεού, να διατηρήσουν κανονικά την ανάπτυξή τους μέχρι την άνθηση.





**Εικόνα 2.5.2.** Εκτίμηση του αριθμού των ανθέων ανά σταχύδιο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σταχύδιο που εξετάζεται περιέχει 4άνθη και ετοιμάζεται να σχηματίσει και πέμπτο άνθος από καταβολή που υπάρχει στη μεριστωματική κορυφή

Από το στάδιο της διόγκωσης του κολεού και μετά, ως εκφυλισμένα ή νεκρά άνθη θεωρήθηκαν εκείνα στα οποία άρχισε να γίνεται ορατή η έναρξη της αφυδάτωσης των ιστών τους (εικόνα 4.4.1) (González *et al.*, 2011). Ενώ στην άνθηση ως γόνιμα θεωρήθηκαν τα άνθη που είχαν πράσινους ή κίτρινους ανθήρες και κανονικά ανεπτυγμένο δισχιδές (*bifidum*) στίγμα (Miralles *et al.*, 1998; Isidro *et al.* 2011) ή εναλλακτικά είχαν φτάσει στο στάδιο 10 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983).

Ο υπολογισμός του μέσου ρυθμού σχηματισμού αλλά και εκφυλισμού των ανθέων έγινε όπως αναφέρεται από τον Hunt (1978), σύμφωνα με τη μαθηματική έκφραση:

$$\bar{R}_{mean} = \frac{F_v - F_1}{T_v - T_1} \quad (2.3)$$

Όπου  $\bar{R}_{mean}$ : ο μέσος (απόλυτος) ρυθμός σχηματισμού ή εκφυλισμού των ανθέων,  $F_v$ : ο τελικός αριθμός ανθέων,  $F_1$ : ο αριθμός των ανθέων στην αρχή των μετρήσεων,  $T_v$ : ο χρόνος σε ημέρες από τη σπορά που επιτυγχάνεται ο τελικός αριθμός ανθέων και  $T_1$ : ο χρόνος σε ημέρες από τη σπορά που ξεκινούν οι μετρήσεις

### 2.6.1 Αύξηση της ταξιανθίας

Η χρονική πορεία της επιμήκυνσης των ταξιανθιών παρουσίασε την καλύτερη προσαρμογή ( $r^2 > 0,9$ ) κατά την εφαρμογή της στην εξίσωση Richards (Richards, 1959; Tjørne and Tjørne, 2010). Η συγκεκριμένη εξίσωση παρουσιάζει την εξής μορφή:

$$Y = A(1 + (d - 1) \exp(-k(t - Ti)))^{1/(1-d)} \quad (2.4)$$

$Y$ : το μήκος της ταξιανθίας κατά τη χρονική στιγμή  $t$ .

$A$ : το μέγιστο μήκος της ταξιανθίας.

$Ti$ : ο χρόνος που απαιτείται για να προσεγγιστεί το σημείο αντιστάθμισης της σιγμοειδούς καμπύλης (Inflection point).

$t$ : ο χρόνος.

$k, d$ : σταθερές.

Ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός της επιμήκυνσης (WMGR) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον Richards (1959), ως εξής:

$$WMGR = \frac{Ak}{(2d+2)} \quad (2.5)$$

Σύμφωνα με τους Tjørne και Tjørne (2010), υπολογίστηκε ο μέγιστος (απόλυτος) ρυθμός (AGR) επιμήκυνσης της ταξιανθίας:

$$AGR = Ad^{\frac{d}{1-d}} k \quad (2.6)$$

Τέλος, ο χρόνος ( $T_{total}$ ) που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της επιμήκυνσης, υπολογίστηκε σύμφωνα με τον Richards (1959), ως εξής:

$$T_{total} = \frac{(2d+2)}{k} \quad (2.7)$$

Η προσαρμογή των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα «Origin Pro 8.5 της OriginLab»

## 2.6.2 Εφαρμογή της νέας κλίμακας για τη μορφογένεση του εμβρυακού στάχου και προσαρμογή των δεδομένων

Τα δεδομένα από την πορεία ανάπτυξης των ταξιανθιών, μέσω της προτεινόμενης κλίμακας, παρουσίασαν την καλύτερη προσαρμογή ( $r^2 > 0,9$ ) κατά την εφαρμογή τους σε πολυωνυμικές εξισώσεις 2<sup>ου</sup> βαθμού. Οι συγκεκριμένες εξισώσεις παρουσιάζουν την εξής μορφή:

$$Y = Ax^2 + Bx + C \quad (2.8)$$

Όπου:

$Y$ : το στάδιο ανάπτυξης της ταξιανθίας από την προτεινόμενη κλίμακα.

$x$ : Ο χρόνος σε ημέρες μετά τη σπορά.

$A, B, C$ : σταθερές.

Η εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση μεμονωμένων σταδίων της προτεινόμενης κλίμακας, έγινε ξεχωριστά για κάθε επανάληψη και για κάθε συνδυασμό των επιπέδων των δύο παραγόντων (Επίπεδα νερού X γονότυπος). Οι συγκεκριμένοι χρόνοι προέκυψαν από τη λύση των αντίστοιχων πολυωνυμικών εξισώσεων για  $Y = 1$  έως 20 (στάδια της προτεινόμενης κλίμακας). Ως λύση της εξίσωσης διατηρήθηκε η μικρότερη θετική της ρίζα όταν η εξίσωση-συνάρτηση ήταν κοίλη ( $A < 0$ ) και η μεγαλύτερη θετική της ρίζα όταν ήταν αντίστοιχα κυρτή ( $A > 0$ ).

Ο υπολογισμός του χρόνου μέχρι την επίτευξη του μεγαλύτερου σταδίου της προτεινόμενης κλίμακας, καθώς και ο χρόνος μέχρι την επίτευξη του μικρότερου σταδίου, όταν  $A < 0$  και αντίστοιχα  $A > 0$  πραγματοποιήθηκε με τη χρήση της σχέσης:

$$x = -B / 2A \quad (2.9)$$

## 2.7 Τελικές αποδόσεις

Ο θερισμός του αγρού πραγματοποιήθηκε στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης και για τα δύο πειραματικά έτη. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο έτος έγινε στις 2/6/2008 (184 ημέρες από τη σπορά) και το δεύτερο στις 12/6/2009 (173 ημέρες από τη σπορά). Από κάθε

υποτεμάχιο επιλέχθηκαν 5 φυτά από τις εσωτερικές γραμμές και συνολικά 20 φυτά ανά κύριο τεμάχιο στα οποία εξετάστηκε η απόδοση σε καρπό ανά φυτό, η απόδοση σε βιομάζα ανά φυτό, ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ και ανά φυτό, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, το βάρος χιλίων κόκκων, το βάρος των καρπών ανά σταχύδιο, ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο και ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ. Επιπλέον, μελετήθηκε η γονιμότητα των σταχυδίων (Grain setting), η οποία ορίστηκε ως ο λόγος του αριθμού των καρπών προς τον αριθμό των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης.

Εξετάστηκε επίσης και ο συντελεστής συγκομιδής (Harvest index), ο οποίος προέκυψε από το λόγο της απόδοσης σε καρπό ανά φυτό προς την απόδοση της βιομάζας ανά φυτό, στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης.

### 2.7.1 Αξιολόγηση των σχέσεων και της επίδρασης των συνιστωσών της απόδοσης

Για τη διερεύνηση των άμεσων και έμμεσων επιδράσεων των συνιστωσών της απόδοσης στην ίδια την απόδοση πραγματοποιήθηκε «Path coefficient analysis» (Li, 1956).

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση ήταν:

1. Απόδοση σε καρπό ανά φυτό (GY)
2. Αριθμός καρπών ανά φυτό (GNP)
3. Βάρος χιλίων κόκκων (TGW)
4. Αριθμός γόνιμων αδελφιών ανά φυτό (TILL)
5. Αριθμός καρπών ανά στάχυ (GNS)
6. Αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ (SPN)

Η «Path coefficient analysis» εφαρμόστηκε για να μπορέσει να διαχωριστεί ο συντελεστής συσχέτισης,  $r_{ij}$ , σε άμεσες και έμμεσες επιδράσεις. Για τον καθορισμό των συντελεστών  $P_{ij}$  (path coefficient) χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$r_{21} = P_{21} + r_{23}P_{31} + r_{24}P_{41} + r_{25}P_{51} + r_{26}P_{61} \quad (2.10)$$

$$r_{31} = P_{31} + r_{32}P_{21} + r_{34}P_{41} + r_{35}P_{51} + r_{36}P_{61} \quad (2.11)$$

$$r_{41} = P_{41} + r_{42}P_{21} + r_{43}P_{31} + r_{45}P_{51} + r_{46}P_{61} \quad (2.12)$$

$$r_{51} = P_{51} + r_{52}P_{21} + r_{53}P_{31} + r_{54}P_{41} + r_{56}P_{61} \quad (2.13)$$

$$r_{61} = P_{61} + r_{62}P_{21} + r_{63}P_{31} + r_{64}P_{41} + r_{65}P_{51} \quad (2.14)$$

$$r_{42} = P_{42} + r_{45}P_{52} + r_{46}P_{62} \quad (2.15)$$

$$r_{52} = P_{52} + r_{54}P_{42} + r_{56}P_{62} \quad (2.16)$$

$$r_{62} = P_{62} + r_{64}P_{42} + r_{65}P_{52} \quad (2.17)$$

Στην τελευταία εξίσωση για παράδειγμα ο συντελεστής  $P_{62}$  είναι η άμεση επίδραση της μεταβλητής 6 στη μεταβλητή 2, ενώ το  $r_{64}P_{42}$  είναι η έμμεση επίδραση της μεταβλητής 4 στη μεταβλητή 2, μέσω της μεταβλητής 6. Η «Path coefficient analysis» πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος «SPSS Amos 21 της IBM»

## 2.8 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα αφορούν στις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (T), της σχετικής ατμοσφαιρικής υγρασίας (RH) και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Για τη συλλογή των μετεωρολογικών παραμέτρων εγκαταστάθηκαν 2 φορητοί μετεωρολογικοί σταθμοί, ένας μέσα και ένας έξω από το στέγαστρο που έγιναν τα πειράματα. Τα χαρακτηριστικά τους ήταν τα εξής:

*Εσωτερικός μετεωρολογικός σταθμός*

**Θερμόμετρο – Υγρόμετρο** (Skye Instruments Ltd):

Βάρος: 160g

Εύρος μέτρησης: 0-100 RH, -40 to +60 °C

Ακρίβεια: για την υγρασία 2% και για τη θερμοκρασία +/-0.2 - +/-0.4 °C.

Απαιτούμενη ενέργεια: 5-15 V/DC

Κατανάλωση: 7 mA (max 9 mA)

Ανάλυση: για την υγρασία 0.012% RH και για τη θερμοκρασία 0.125 °C.

**Πυρανόμετρο** (Skye Instruments Ltd):

Βάρος: 130 g

Ευαισθησία: 1mV/100W/m<sup>2</sup>

Σφάλμα: <0.2%

Επίδραση της θερμοκρασίας: 0.2%/°C

Σταθερότητα: 2%

Θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας: -30 to 75 °C

Υγρασιακό εύρος λειτουργίας: 0-100%



**Εικόνα 2.8.** Ο μετεωρολογικός σταθμός που είχε εγκατασταθεί μέσα στο στέγαστρο.

**Βροχόμετρο** (PRONAMIC, Bekhti International Trading Engineering Co. Ltd):

Βάρος: 380 g

Ύψος: 240 mm

Διάμετρος στομίου: 159.6 mm

Επιφάνεια στομίου: 200 cm<sup>2</sup>

Ανάλυση: 0.20 mm

Χωρητικότητα ανά λεπτό με 12 μετρήσεις: 0.20 mm: 2.4 mm

**Ανεμόμετρο** (ADOLF THIES GmbH & Co.KG):

Θερμοκρασία λειτουργίας: -30 °C - +70 °C

Ακρίβεια: +/- 0.5 m/s or +/- 3% of measuring value

Ανταπόκριση: 0.5 m/s

Ανάλυση: 0.1 m/s

*Εξωτερικός μετεωρολογικός σταθμός*

**Θερμόμετρο – Υγρόμετρο** (Rotronic):

Εύρος μέτρησης: 0-100 RH, -40 to +60 °C

Ακρίβεια: για την υγρασία 1% και για τη θερμοκρασία +/-0.4 - +/-0.6 °C.

Απαιτούμενη ενέργεια: 4.8-30 V/DC

**Πυρανόμετρο** (Campbell Scientific Inc, CMP3):

Ευαισθησία:  $5\text{-}20\mu\text{V W}^{-1}\text{m}^2$

Σφάλμα:  $<0.2\%$

Επίδραση της θερμοκρασίας:  $5\%(-10 \text{ έως } 40^\circ\text{C})$

Σταθερότητα:  $1\%$

**Βροχόμετρο** (Young-52203, Campbell Scientific Inc ):

Όγκος δοχείου:  $200 \text{ cm}^3$

Ανάλυση:  $0.10\text{mm}$

Ακρίβεια:  $2\%$  μέχρι  $25\text{mm}/\text{ώρα}$  και  $3\%$  μέχρι  $50\text{mm}/\text{ώρα}$



**Εικόνα 2.9.** Ο μετεωρολογικός σταθμός που είχε εγκατασταθεί έξω από το στέγαστρο.

## 2.9 Στατιστική ανάλυση

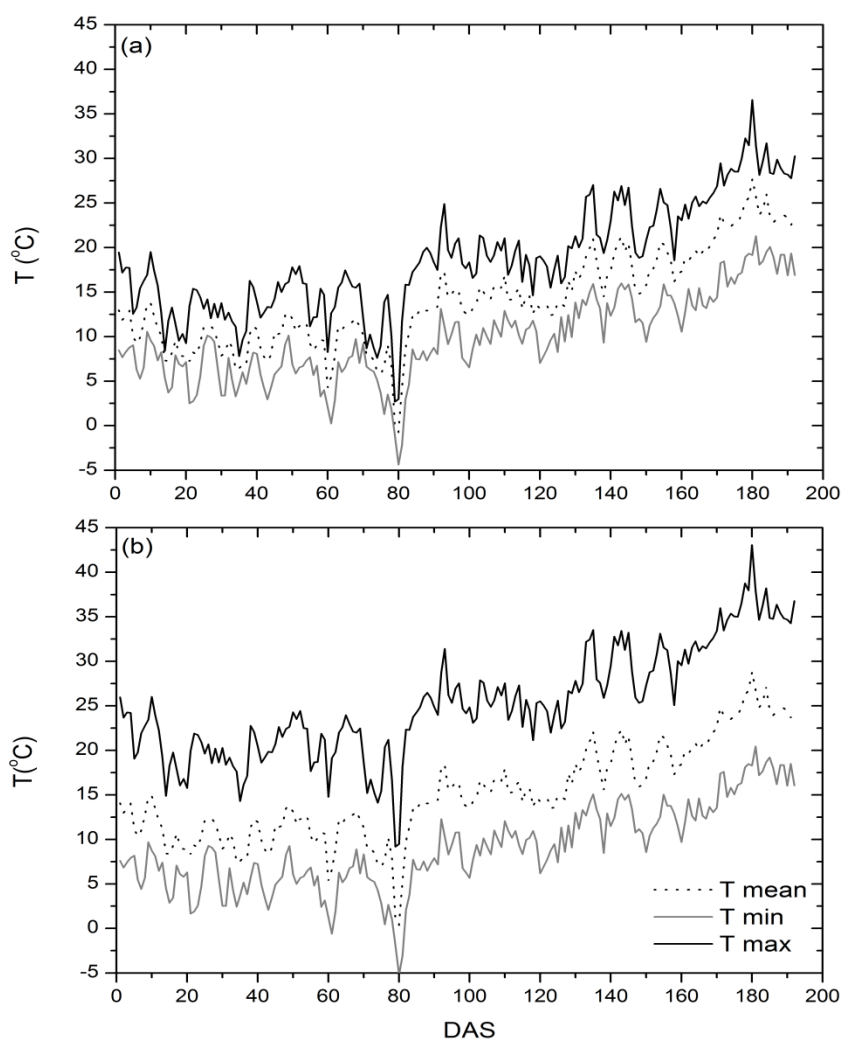
Για τη στατιστική επεξεργασία και την παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά προγράμματα «Origin Pro 8.5 της OriginLab» και «Statgraphics Centurion της Statpoint Technologies, INC». Οι δοκιμασίες σημαντικότητας έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο του F, ενώ οι περαιτέρω συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με βάση τη μέθοδο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD).

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

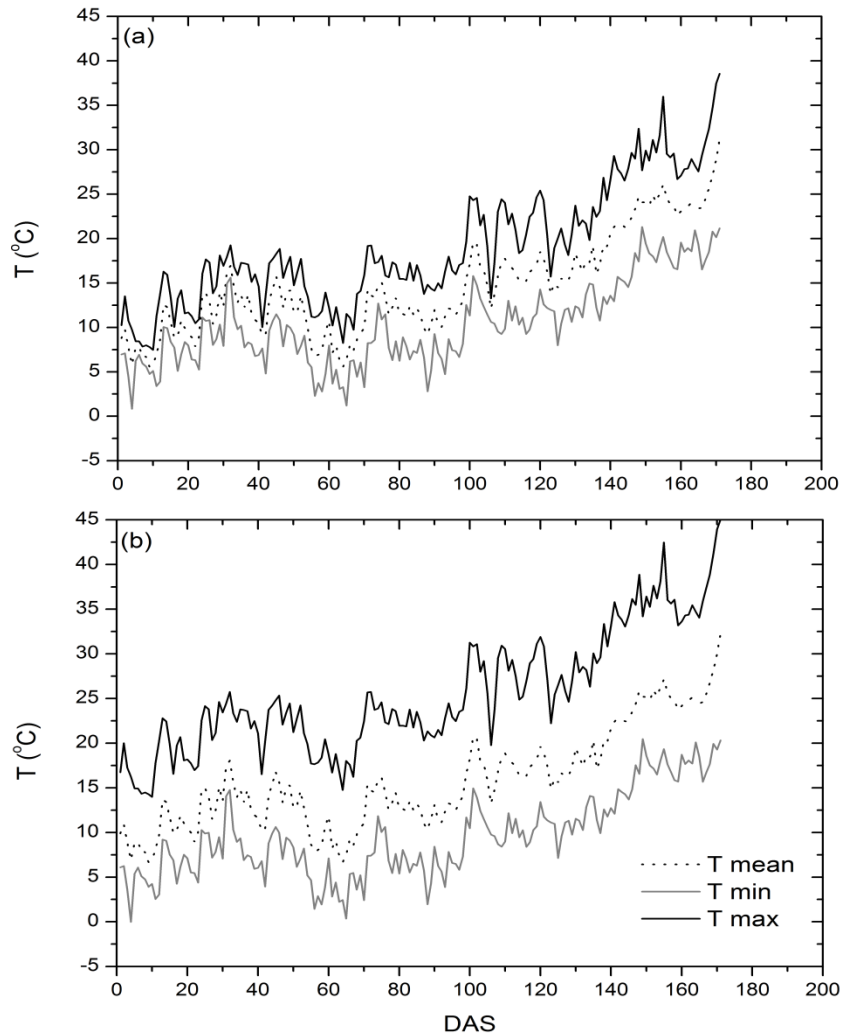
##### 3.1.1 Θερμοκρασία

Στα διαγράμματα 3.1.1 (a, b,) και 3.1.2 (a, b,) παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέγιστες και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα που επικρατούσαν εντός και εκτός του θερμοκηπίου, κατά τη διάρκεια της πρώτης και της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου (2007-2008 και 2008-2009).



**Διάγραμμα 3.1.1.** Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (2007-2008). DAS: ημέρες από τη σπορά. T mean, T min και T max: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία.





**Διάγραμμα 3.1.2.** Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης θερμοκρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο (2008-2009). DAS: ημέρες από τη σπορά. Tmean, T min και T max: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία.

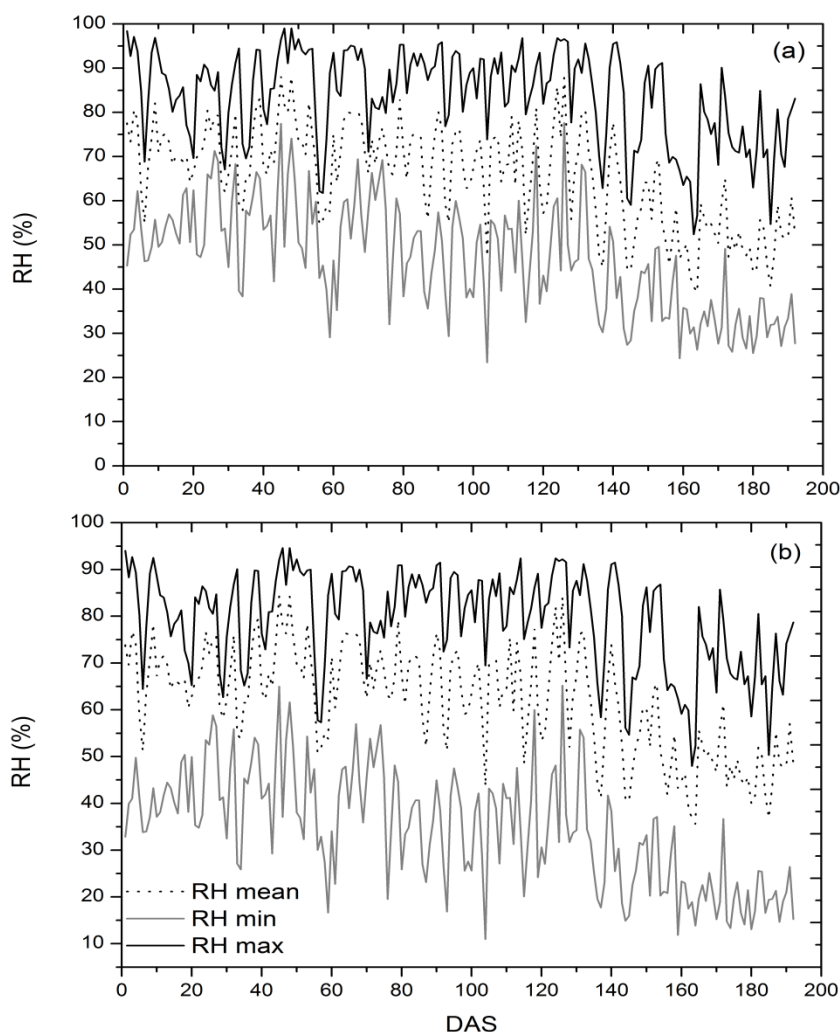
Η μέγιστη και η μέση ημερήσια θερμοκρασία εντός του θερμοκηπίου ήταν και για τα δύο έτη υψηλότερη περίπου κατά 5-6,5 °C και 1 °C αντίστοιχα, σε σχέση με τη θερμοκρασία που επικρατούσε εξωτερικά. Αντιθέτως, η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία εμφανίστηκε χαμηλότερη κατά 0,8 °C σε σχέση με αυτή που καταγράφηκε έξω από το θερμοκήπιο.

Η θερμοκρασία και για τα δύο έτη παρουσίασε παρόμοια πορεία με τη διαφορά ότι το δεύτερο έτος κατά τη διάρκεια του φυτρώματος εμφανίστηκαν χαμηλότερες θερμοκρασίες χωρίς όμως να είναι τόσο χαμηλές ώστε να μπορούν να το επηρεάσουν. Μετά όμως την έναρξη της ανάπτυξης των φυτών από το έδαφος και τουλάχιστον μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Terminal Spikelet stage), η θερμοκρασία που

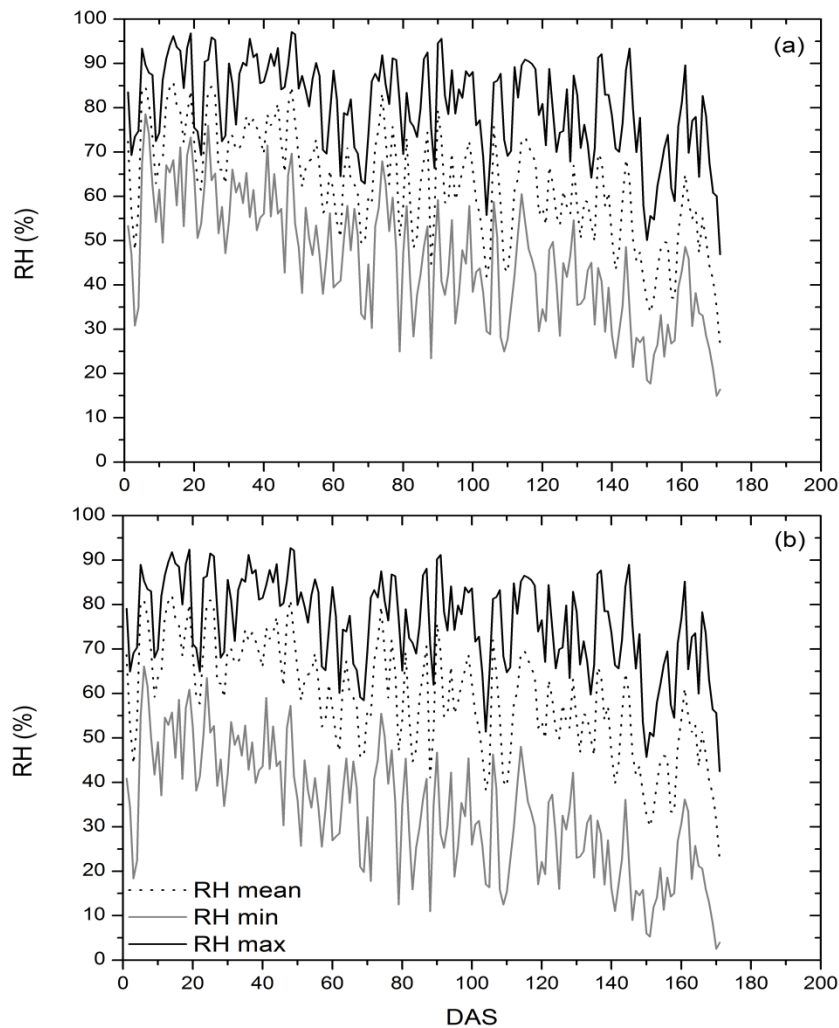
καταγράφηκε τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο ήταν σαφώς υψηλότερη σε σχέση με την πρώτη.

### 3.1.2 Σχετική υγρασία

Στα διαγράμματα 3.1.3 (a, b) και 3.1.4 (a, b) παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέγιστες και οι μέσες τιμές της σχετικής υγρασίας του αέρα που επικρατούσαν εντός και εκτός του θερμοκηπίου, κατά τη διάρκεια της πρώτης και της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου (2007-2008 και 2008-2009).



**Διάγραμμα 3.1.3.** Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης σχετικής υγρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (2007-2008). DAS: ημέρες από τη σπορά. RHmean, RHmin και RHmax: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη σχετική υγρασία.

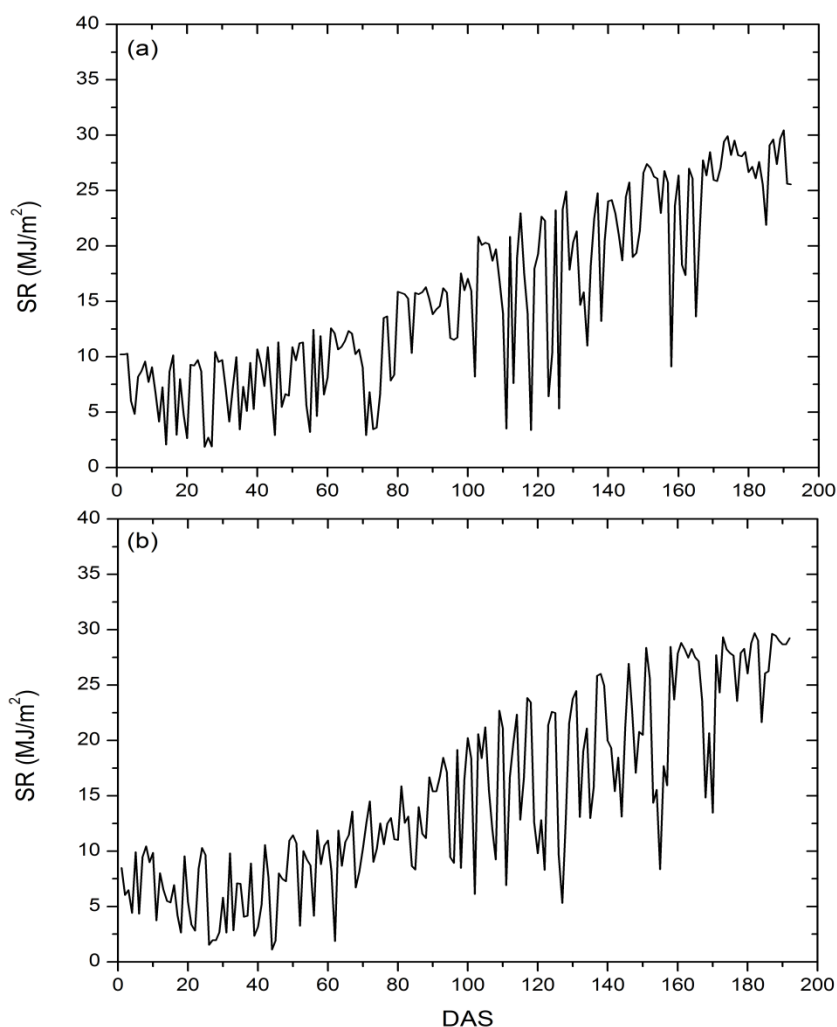


**Διάγραμμα 3.1.4.** Η πορεία της μέγιστης, μέσης και ελάχιστης σχετικής υγρασίας εκτός (a) και εντός (b) του θερμοκηπίου κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο (2008-2009). DAS: ημέρες από τη σπορά. RHmean, RHmin και RHmax: Μέση, ελάχιστη και μέγιστη σχετική υγρασία.

Η σχετική υγρασία τόσο μέσα, όσο και έξω από το θερμοκήπιο παρουσίασε έντονη διακύμανση με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται από το φύτρωμα και μέχρι το ξεστάχασμα των φυτών (RH 50-85% εντός του θερμοκηπίου). Από το ξεστάχασμα όμως και μέχρι τη βιολογική ωρίμανση η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας παρουσίασε έντονα πτωτική πορεία, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία στάδια της δεύτερης καλλιεργητικής περιόδου.

### 3.1.3 Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας

Στο διάγραμμα 3.1.5 (α και β) παρουσιάζεται η πορεία της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους (2006-2007 και 2008-2009).



**Διάγραμμα 3.1.5.** Η πορεία της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της πρώτης (α) και δεύτερης (β) καλλιεργητικής περιόδου. Τα δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό που είχε εγκατασταθεί έξω από το θερμοκήπιο.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μέχρι και τις 60 ημέρες από τη σπορά δε ξεπέρασε τα  $14 \text{ MJ/m}^2$  (τις περισσότερες ημέρες κυμαινόταν κάτω από τα  $10 \text{ MJ/m}^2$ ). Από εκείνο όμως το σημείο και μετά παρουσίασε έντονη αυξητική πορεία, προσεγγίζοντας μέχρι και τα  $30 \text{ MJ/m}^2$  προς τέλος και των δύο καλλιεργητικών περιόδων. Σημειώνεται, ότι ενώ και ο εσωτερικός μετεωρολογικός σταθμός εφοδιαζόταν με πυρανόμετρο, λόγω τεχνικών προβλημάτων δεν ήταν δυνατή η καταγραφή των τιμών του, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται τα δεδομένα μόνο του εξωτερικού μετεωρολογικού σταθμού.

### 3.2. Κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου στο σιτάρι

Στον πίνακα 3.2.1 και στην εικόνα 3.2.1 προτείνεται μία νέα ποσοτική κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του στάχου στο σιτάρι.

**Πίνακας 3.2.1.** Προτεινόμενη κλίμακα των σταδίων ανάπτυξης της ταξιανθίας στο σιτάρι.

Στάδια	Περιγραφή σταδίων
1	Μεριστωματική κορυφή σε βλαστητική κατάσταση.
2	Πρώιμο στάδιο διπλής πλευράς.
3	Στάδιο διπλής πλευράς.
4	Διόγκωση σταχυδίων.
5	Εμφάνιση καταβολών λεπύρων στα μεσαία σταχύδια.
6	Εμφάνιση καταβολών χιτώνων στα μεσαία σταχύδια.
7	Εμφάνιση καταβολής στημόνων του πρώτου άνθους στα μεσαία σταχύδια, πάνω από την καταβολή του χιτώνα.
8	Στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου (Terminal Spikelet stage, TS). Η κορυφή του εμβρυακού στάχου έχει σταματήσει να δημιουργεί πλέον νέα σταχύδια
9	Προχωρημένο στάδιο TS. 3 άνθη και καταβολή τέταρτου άνθους ανά σταχύδιο της μέσης του στάχου. Έναρξη επιμήκυνσης 1 <sup>ου</sup> άγανου απ' το κατώτερο άνθος των σταχυδίων.
10	Εμφανές το πρώτο άγανο του κατώτερου άνθους και έναρξη επιμήκυνσης δεύτερου άγανου. 4 άνθη ανά σταχύδιο και πιθανώς καταβολή πέμπτου άνθους.
11	Εμφανή δύο άγανα σε κάθε σταχύδιο της μέσης του στάχου με μήκος που φτάνει τη μεριστωματική κορυφή κάθε σταχυδίου. 4 άνθη και καταβολή πέμπτου άνθους ανά σταχύδιο
12	Δύο άγανα ανά σταχύδιο με μήκος περίπου διπλάσιο απ' το μήκος του σταχυδίου. 5 άνθη ανά σταχύδιο της μέσης του στάχου και πιθανώς καταβολή έκτου άνθους.
13	Έναρξη επιμήκυνσης και τρίτου άγανου ανά σταχύδιο της μέσης του στάχου. 5 άνθη και καταβολή έκτου άνθους ανά σταχύδιο. Το κατώτερο άνθος στα πιο ανεπτυγμένα σταχύδια της μέσης του στάχου μόλις έχει καλυφθεί πλήρως από το χιτώνα του.
14	Εμφανές τρίτο άγανο ανά σταχύδιο της μέσης του στάχου με μήκος που φτάνει περίπου τη μεριστωματική κορυφή. 6 άνθη ανά σταχύδιο και πιθανώς καταβολή έβδομου άνθους. Το καρπόφυλλο εκτείνεται γύρω από την ωοθήκη στο κατώτερο άνθος των σταχυδίων.
15	Τρίτο άγανο ανά σταχύδιο με μήκος που έχει ξεπεράσει τη μεριστωματική κορυφή. 6 άνθη ανά σταχύδιο και καταβολή έβδομου άνθους. Τα δύο κατώτερα άνθη καλυμμένα από τους χιτώνες τους. Το κανάλι των στύλων αρχίζει και κλείνει στο κατώτερο άνθος των σταχυδίων.

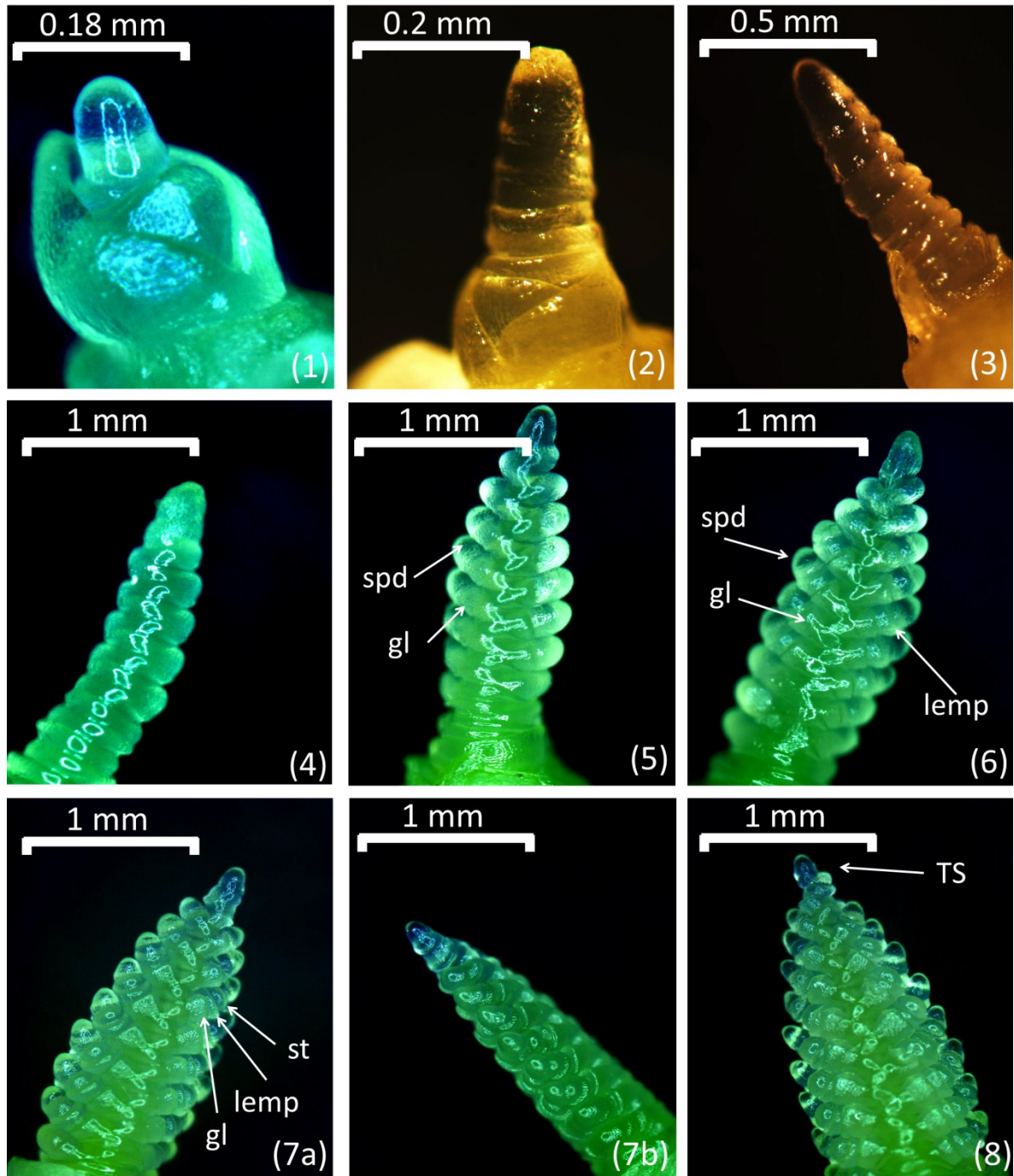
### Πίνακας 3.2.1. Συνέχεια.

Στάδια	Περιγραφή σταδίων
16	Εμφάνιση και επιμήκυνση τριχών στο σημείο έκφυσης των σταχυδίων επάνω στη ράχη. 7 άνθη και πιθανώς καταβολή όγδοου άνθους στα μεσαία σταχύδια. Τα τρία κατώτερα άνθη των μεσαίων σταχυδίων καλυμμένα από τους χιτώνες τους. Επιμήκυνση στύλων στο κατώτερο άνθος των μεσαίων σταχυδίων.
17	Επιμήκυνση τριχών στο σημείο έκφυσης των σταχυδίων επάνω στη ράχη. 7 άνθη και καταβολή όγδοου άνθους στα σταχύδια της μέσης του στάχου. Έναρξη διαφοροποίησης των στιγμάτων στο κατώτερο άνθος των μεσαίων σταχυδίων.
18	Μόλις που διακρίνεται η μεριστωματική κορυφή των σταχυδίων λόγω επιμήκυνσης των λεπυριδίων στα κατώτερα άνθη. Στάδιο λευκών ανθήρων.
19	Πρώιμο στάδιο πράσινων ανθήρων. Πράσινοι ανθήρες στα κατώτερα άνθη των μεσαίων σταχυδίων. Μεριστωματική κορυφή καλυμμένη από τα λεπυρίδια.
20	Στάδιο πράσινων ανθήρων. Τουλάχιστον 2 άνθη/σταχύδιο με πράσινους στήμονες στα σταχύδια της μέσης του στάχου. Έναρξη επιμήκυνσης των τριχών της ωοθήκης και των διακλαδώσεων στα στίγματα.

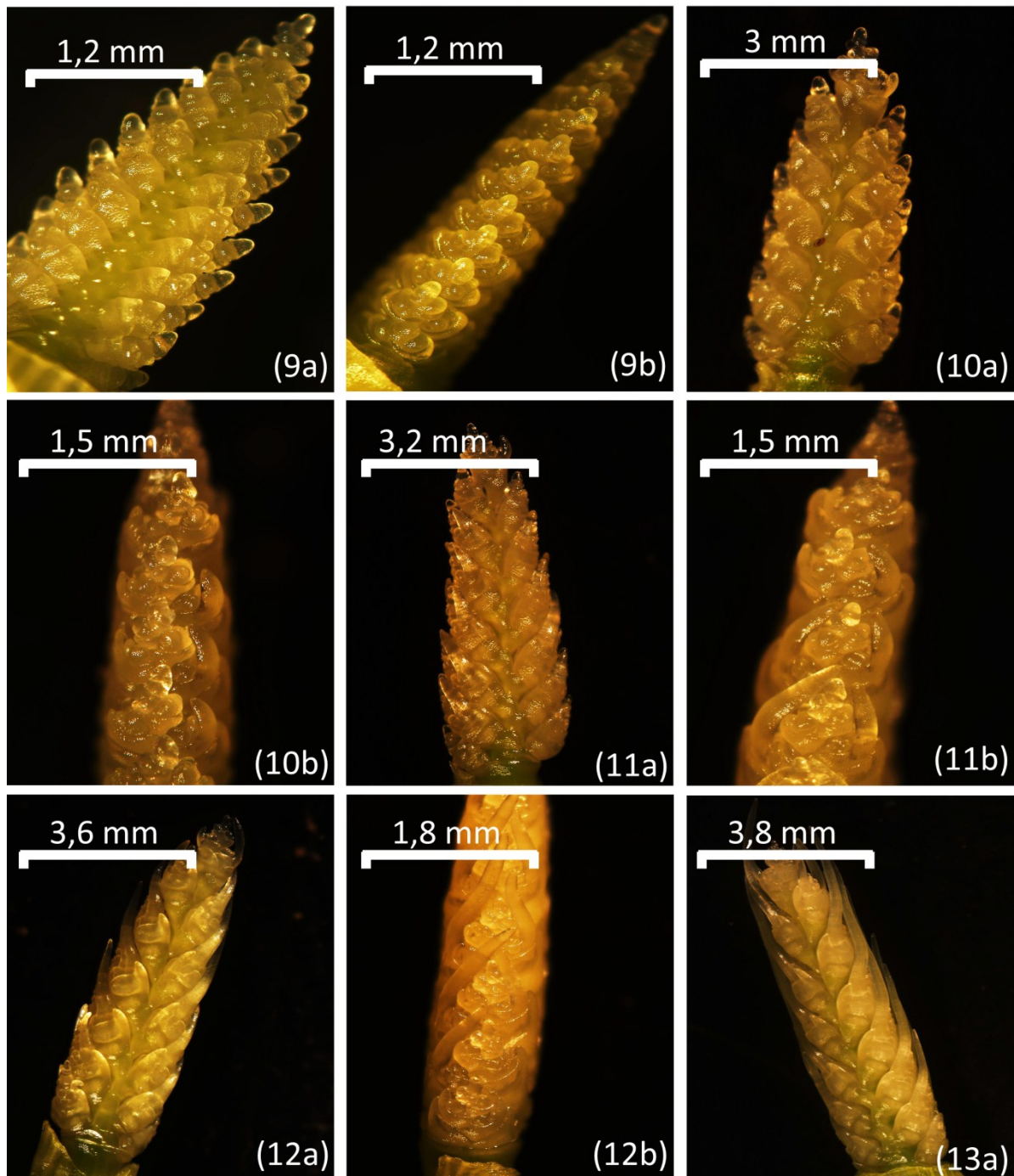
Η συγκεκριμένη κλίμακα που προτείνεται περιλαμβάνει 20 διακριτά στάδια που περιγράφουν την πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας στο σιτάρι, από το σημείο της μετάπτωσης του κορυφαίου μεριστώματος από βλαστητικό σε αναπαραγωγικό και μέχρι την εμφάνιση της ταξιανθίας (ξεστάχυσμα).

Από το στάδιο 1 έως 8 της κλίμακας περιγράφεται ποσοτικά η πορεία ανάπτυξης της ταξιανθίας μέχρι και το σημείο όπου διαμορφώνεται ο τελικός αριθμός των σταχυδίων (Terminal Spikelet stage, TS) που θα φέρει ως το τέλος της ανάπτυξής του ο στάχης στο σιτάρι. Στα επόμενα στάδια παρουσιάζεται η πορεία εμφάνισης των ανθέων στα σταχύδια, καθώς και η πορεία διαφοροποίησης και ανάπτυξης των επιμέρους ανθικών οργάνων.

Η χρήση της κλίμακας απαιτεί τη διενέργεια τομών στα στελέχη του σιταριού για την αποκάλυψη του κορυφαίου μεριστώματος και παρατήρηση με οπτικό στερεοσκόπιο. Η παρατήρηση στη συνέχεια, ιδιαίτερα για τα στάδια 9-20, επικεντρώνεται στα μεσαία σταχύδια του στάχου τα οποία παρουσιάζουν το μεγαλύτερο βαθμό ανάπτυξης.

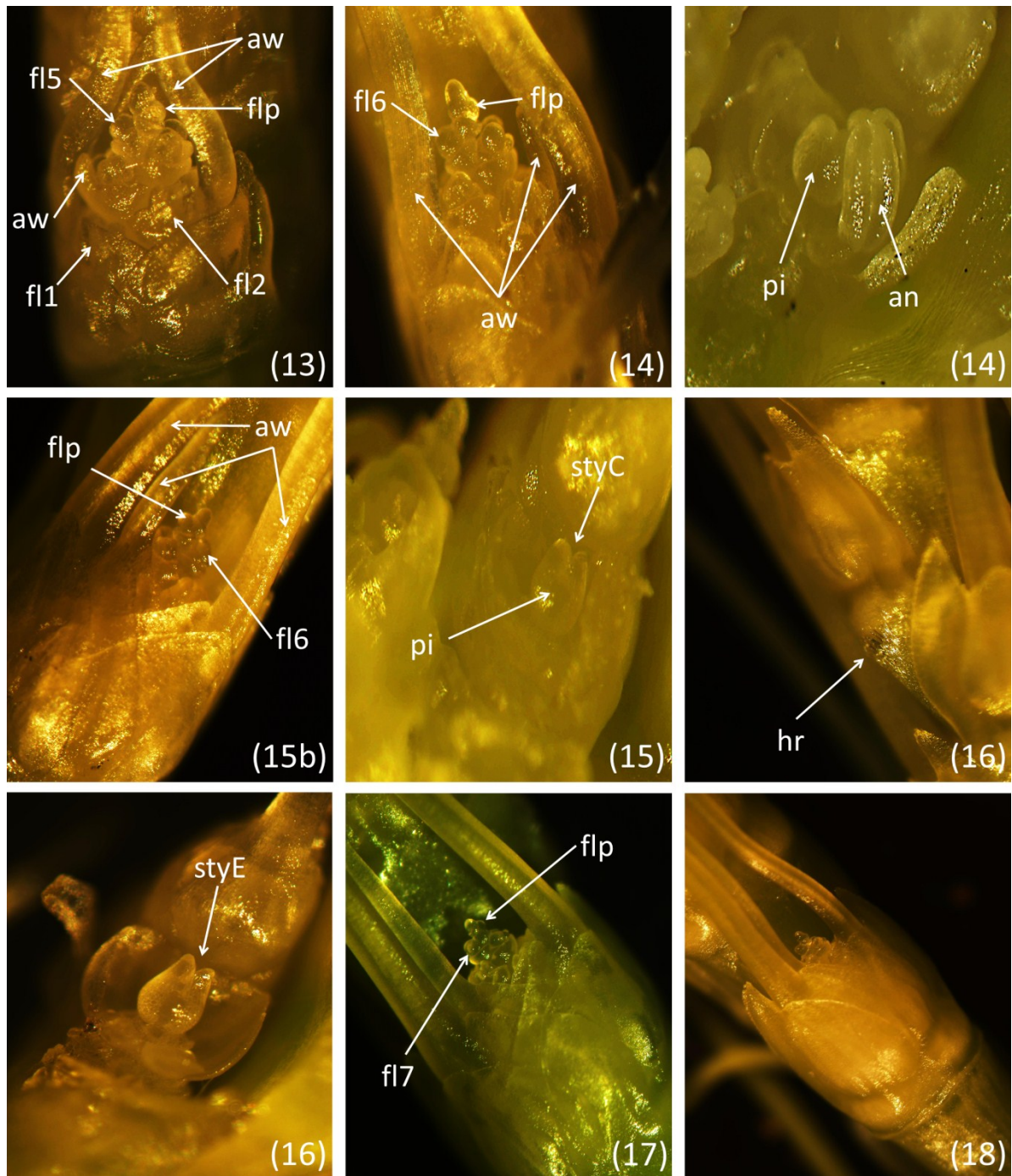


**Εικόνα 3.2.1.** Τα στάδια της προτεινόμενης κλίμακας για την ποσοτική εκτίμηση της ανάπτυξης του στάχυ στο σιτάρι. Οι αριθμοί στις παρενθέσεις συμβολίζουν τα στάδια της κλίμακας. a: πλευρά στάχυ, b: όψη στάχυ, an: ανθήρες, pi: ύπερος, st: στήμονες, TS: τελευταίο σταχύδιο, styC: το κανάλι μεταξύ των δύο στύλων στον ύπερο αρχίζει και κλείνει, hr: εμφάνιση τριχώματος στη βάση των σταχυδίων, styE: επιμήκυνση στύλων, fl: ανθίδια, flp: καταβολή ανθιδίου, aw: άγανα, gl: καταβολή λεπύρων, spd: μεριστωματική κορυφή σταχυδίου, lemp: καταβολή χιτώνα.

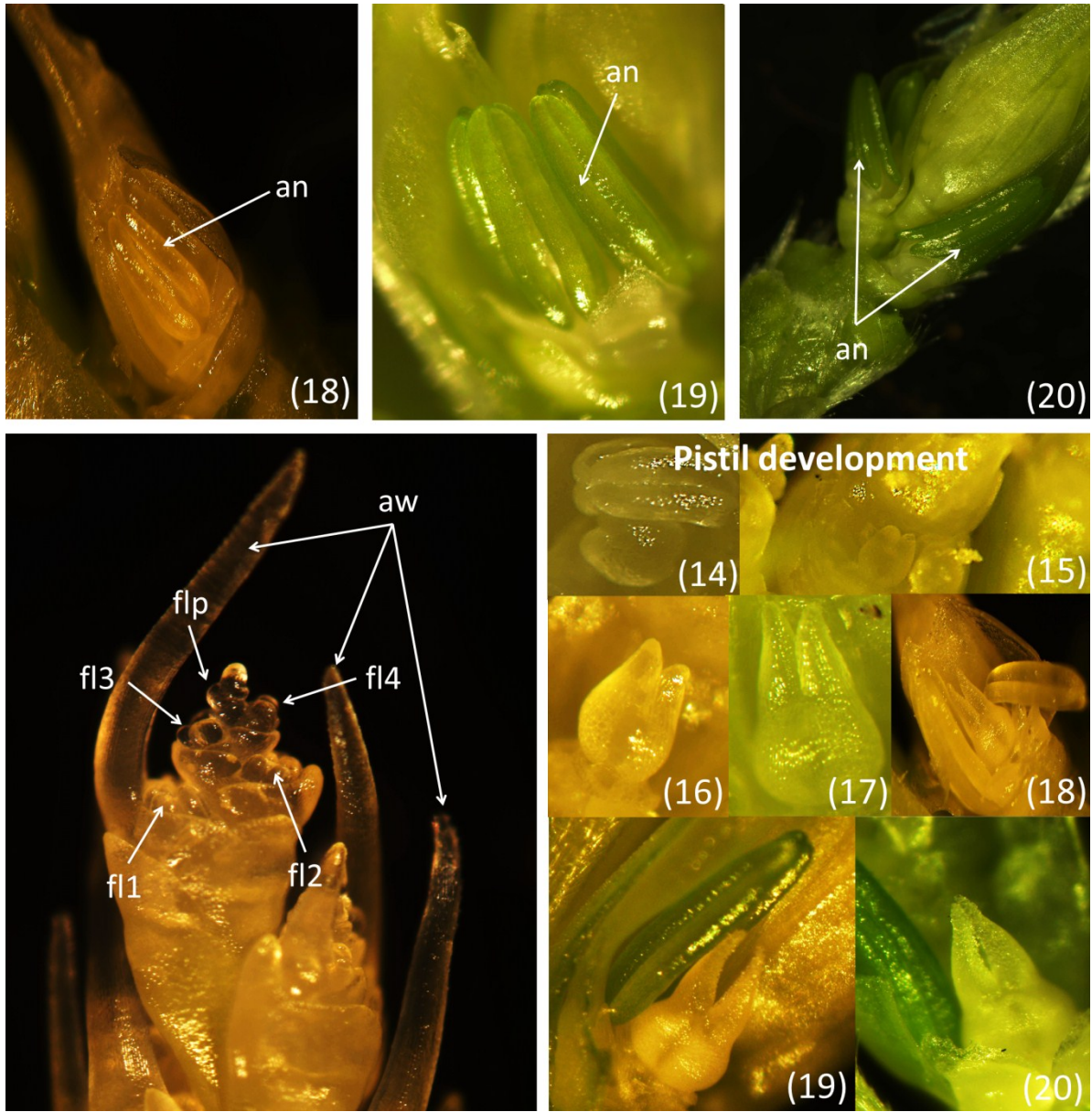


Εικόνα 3.2.1. Συνέχεια.





Εικόνα 3.2.1. Συνέχεια.



Εικόνα 3.2.1. Συνέχεια.

### 3.3. Υδατική κατάσταση των φυτών

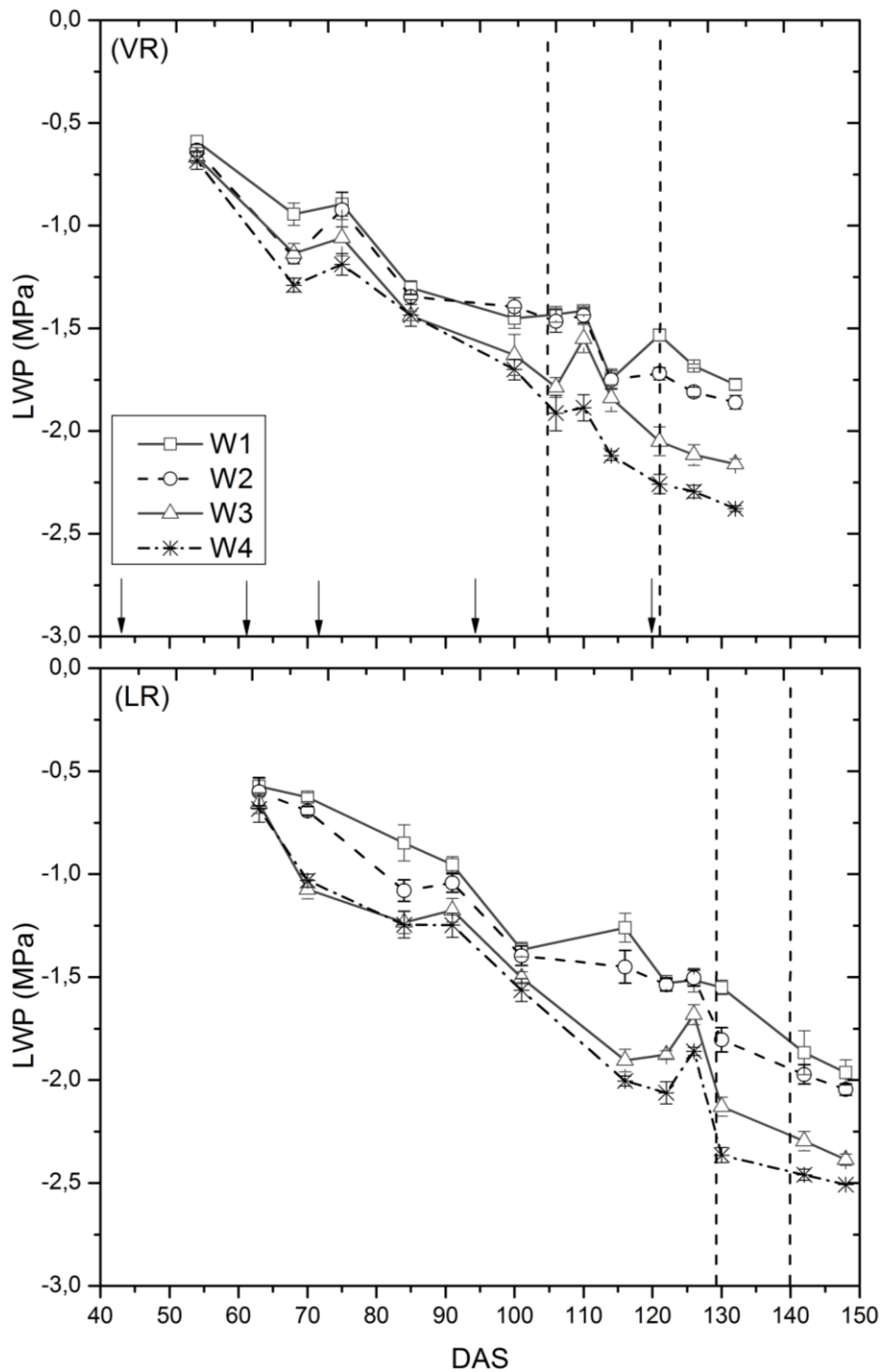
#### 3.3.1. Υδατικό δυναμικό φύλλου

Στα διαγράμματα 3.3.1 (α και β) παρουσιάζεται η γενική πορεία του υδατικού δυναμικού που ακολούθησαν οι εγχώριοι πληθυσμοί και οι ποικιλίες του σκληρού σιταριού στις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Αντίστοιχα, στα διαγράμματα 3.3.2 (α και β) παρουσιάζονται οι επιμέρους πορείες του υδατικού δυναμικού των σκληρών σιταριών που εξετάστηκαν. Σημειώνεται ότι το πρώτο πειραματικό έτος λόγω τεχνικών προβλημάτων στο θάλαμο πίεσης κατά την πρώτη μέτρηση, δεν ολοκληρώθηκε η εξέταση όλων των δειγμάτων, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται μόνο οι τιμές των εμπορικών ποικιλιών.

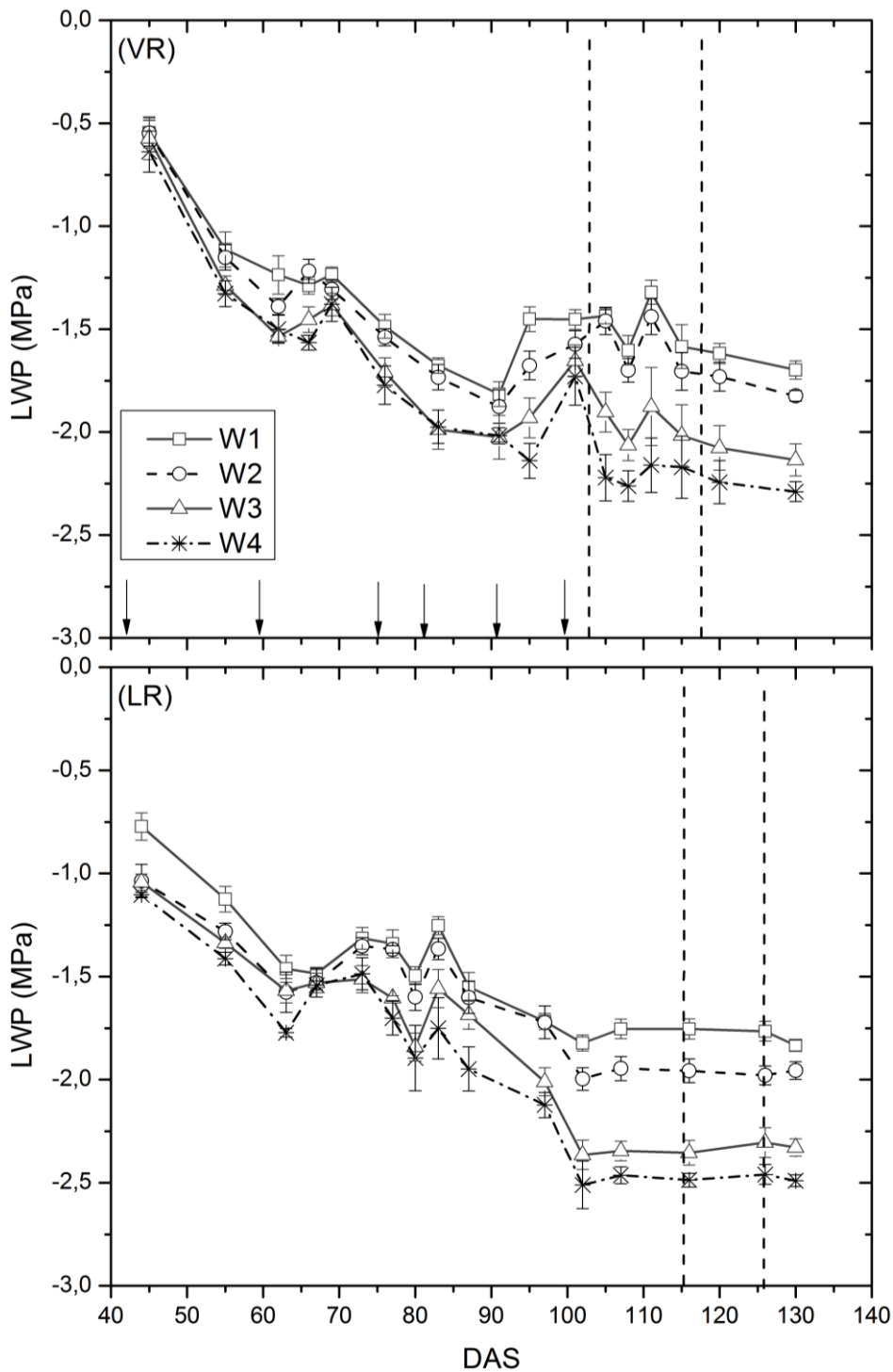
Το υδατικό δυναμικό του φύλλου εμφάνισε πτωτική πορεία σε όλες τις περιπτώσεις. Υπήρξε διαφοροποίηση, αν και μικρή, ακόμα και λίγο μετά την έναρξη των μεταχειρίσεων της άρδευσης, με την εμφάνιση όλο και περισσότερο αρνητικών τιμών από τη μεταχείριση W1 (επάρκεια εδαφικής υγρασίας) προς τη μεταχείριση W4 (ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας).

Και για τα δύο πειραματικά έτη η πρώτη παρατήρηση του υδατικού δυναμικού του φύλλου πραγματοποιήθηκε στα πρώτα στάδια του αδελφώματος. Την πρώτη χρονιά οι τιμές του υδατικού δυναμικού ξεκίνησαν κατά μέσο όρο για όλες τις μεταχειρίσεις από τα -0,64 MPa για τις ποικιλίες και -0,62 MPa για τους εγχώριους πληθυσμούς, ενώ τη δεύτερη οι τιμές του ήταν αντίστοιχα -0,57 MPa και -0,98 MPa. Σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού κατά την πρώτη μέτρηση δεν παρατηρήθηκε ούτε στις ποικιλίες, αλλά ούτε και στους πληθυσμούς το πρώτο έτος. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι εγχώριοι πληθυσμοί κατά το δεύτερο έτος, στους οποίους το υδατικό δυναμικό του φύλλου κυμάνθηκε από τα -0,77 MPa για την επέμβαση W1 έως τα -1,1 MPa για την επέμβαση W4.

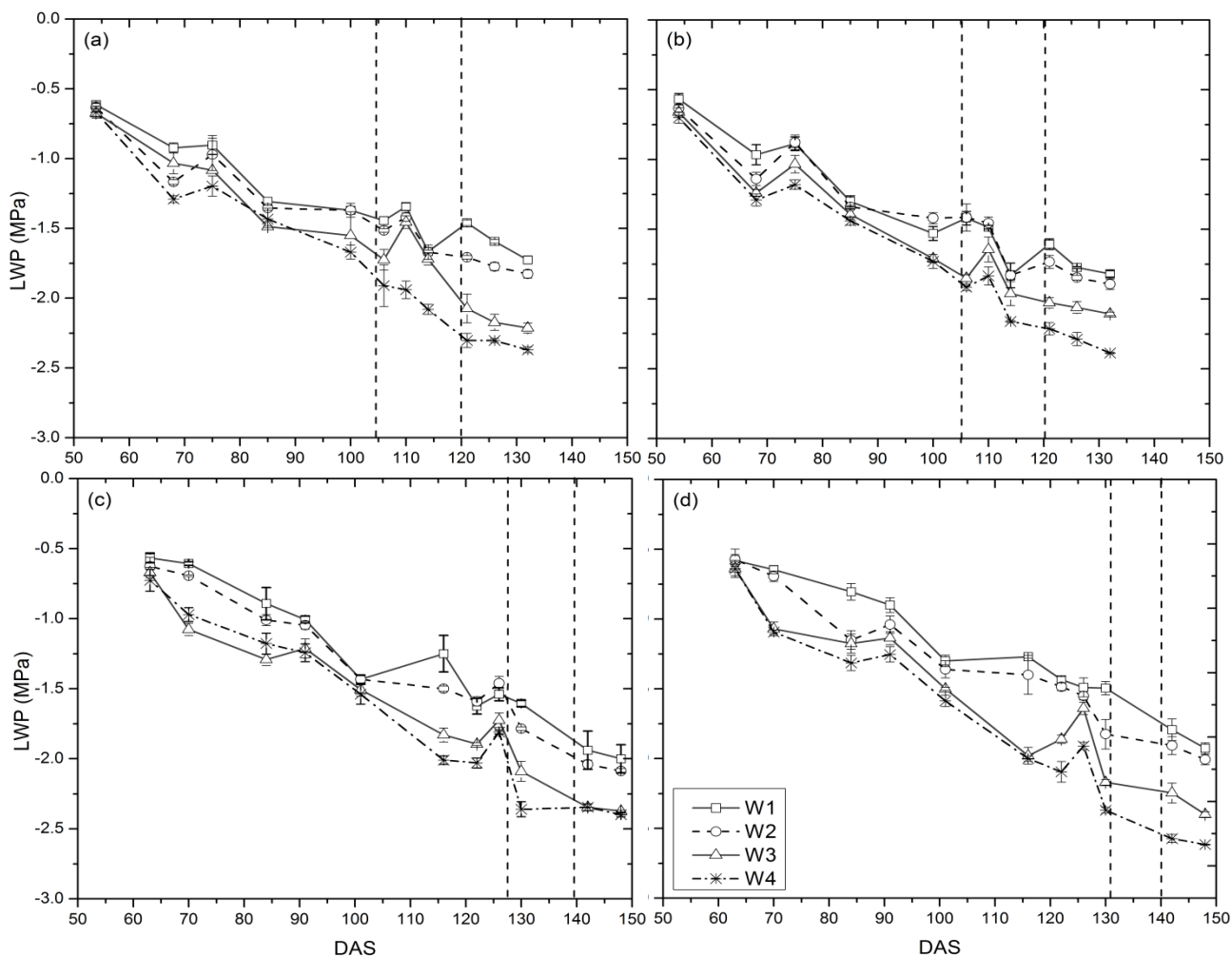
Από το αδελφωμα και μετά, το υδατικό δυναμικό του φύλλου παρουσίασε πτωτική πορεία η οποία ήταν σαφής για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, σε όλα τα μελετώμενα φυτά και για όλα τα πειραματικά έτη. Οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων του νερού εμφανίστηκαν το πρώτο έτος από το στάδιο του ξεσταχυάσματος για τις ποικιλίες, με τη διαφορά να είναι κατά μέσο όρο στα 0,48 MPa μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), ενώ προσέγγισε τα 0,72 MPa στο στάδιο της πλήρους άνθισης και τα 0,60 MPa στην έναρξη του γεμίσματος. Στους εγχώριους πληθυσμούς η μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των ακραίων επεμβάσεων της άρδευσης (W1-W4)



**Διάγραμμα 3.3.1α.** Η γενική πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Τα κάθετα βέλη υποδεικνύουν τις ημέρες άρδευσης και οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



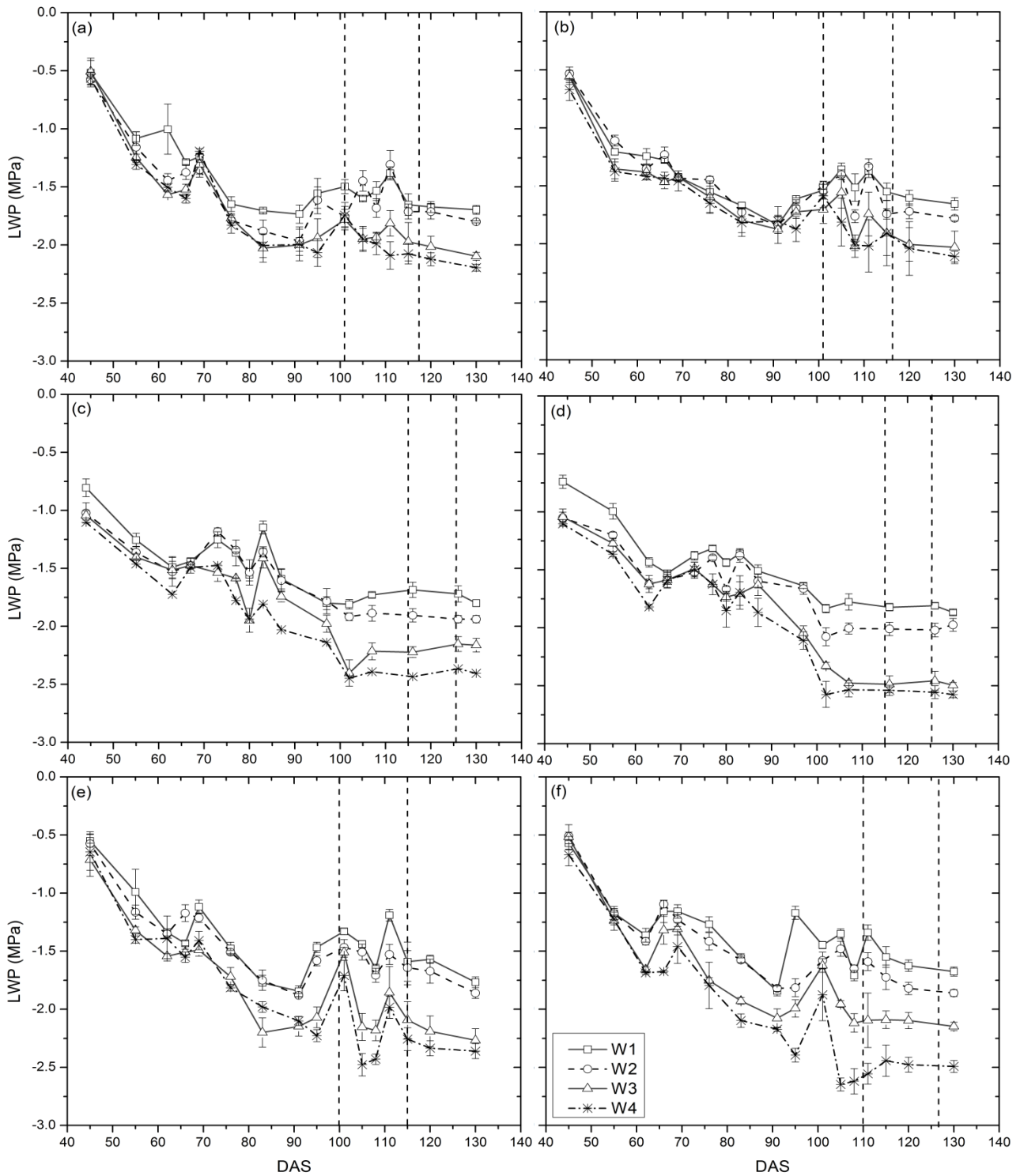
**Διάγραμμα 3.3.1β.** Η γενική πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Τα κάθετα βέλη υποδεικνύουν τις ημέρες άρδευσης και οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές τα στάδια του ξεσταχυάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



**Διάγραμμα 3.3.2α.** Η πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν τα στάδια του ξεσταχιάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεζικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

εμφανίστηκε νωρίτερα και συγκεκριμένα κατά το στάδιο της διόγκωσης του κολεού με 0,74 MPa. Η διαφορά αυτή για τους εγχώριους πληθυσμούς έφτασε τα 0,81 MPa στο στάδιο του πλήρους ξεσταχιάσματος, ενώ μειώθηκε στα 0,54 MPa στις αρχές του γεμίσματος των καρπών.

Το δεύτερο έτος οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων εμφανίστηκαν, τόσο για τις ποικιλίες, όσο και για τους πληθυσμούς από το στάδιο της διόγκωσης του κολεού. Ειδικά για τις ποικιλίες οι διαφορές που καταγράφηκαν ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με το πρώτο πειραματικό έτος, πιθανώς λόγω της πιο όψιμης σποράς η οποία εξέθεσε τα φυτά σε υψηλότερες θερμοκρασίες από πιο νωρίς.



**Διάγραμμα 3.3.2β.** Η πορεία του υδατικού δυναμικού του φύλλου των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν τα στάδια του ξεσταχιάσματος και της πλήρους άνθισης. DAS: ημέρες από τη σπορά, LWP: υδατικό δυναμικό φύλλου, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

Πιο συγκεκριμένα η μέση διαφορά του υδατικού δυναμικού του φύλλου μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων (W1-W4) κατά το στάδιο της διόγκωσης του κολεού ήταν 0,69 MPa (-1,45 έως -2,14 MPa), στο ξεστάχυσμα 0,79 MPa (-1,43 έως -2,22 MPa), στην άνθιση 0,60 MPa (-1,60 έως -2,20 MPa) και 0,63 MPa (-1,61 έως -2,24 MPa) στην έναρξη του γεμίσματος των καρπών.

Για τους εγχώριους πληθυσμούς του σκληρού σιταριού οι διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού ήταν 0,69 MPa (-1,82 έως -2,51 MPa), στο ξεστάχυσμα -0,73 MPa (-1,75 έως -2,48 MPa), στην άνθιση 0,69 MPa (-1,76 έως -2,46 MPa) και 0,66 MPa (-1,83 έως -2,49 MPa) στην έναρξη του γεμίσματος των καρπών.

### **3.3.2. Δείκτης Υδατικού Δυναμικού (Water Potential Index)**

#### **Έναρξη αδελφώματος έως τον σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου ( $WPI_{Tillering \rightarrow TS}$ )**

Στον πίνακα 3.3.1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από την έναρξη αδελφώματος και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Terminal Spikelet stage, TS). Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) έδειξε ότι ο δείκτης υδατικού δυναμικού ( $WPI_{Tillering \rightarrow TS}$ ) επηρεάστηκε με σημαντικό τρόπο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού και επιπλέον εμφανίστηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού (πίνακες 1 και 2, παράρτημα).

Το σύνολο του φυτικού υλικού παρουσίασε στατιστικά χαμηλότερες τιμές του συγκεκριμένου δείκτη με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, δηλαδή από την επέμβαση W1 προς την επέμβαση W4. Εξαιρέση αποτέλεσε στην πρώτη πειραματική χρονιά η ποικιλία «Μεξικάλι 81», η οποία παρότι δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές, η τιμή του δείκτη WPI παρουσίασε τάση μείωσης με την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης.

Κατά μέσο όρο, στη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο εμφανίστηκαν μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), οι οποίες κυμάνθηκαν κοντά στα 0,39 MPa. Την πρώτη περίοδο η αντίστοιχη διαφορά κυμαινόταν στα 0,22 MPa. Επιπλέον, το δεύτερο έτος και για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, η τιμή του δείκτη WPI κυμάνθηκε σε σαφώς χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με το πρώτο έτος.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν σε σχέση με τις σύγχρονες ποικιλίες, καθώς και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους εμφάνισαν σταθερά



και σημαντικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI σε όλες τις επεμβάσεις του νερού. Παράλληλα, οι εγχώριοι πληθυσμοί το πρώτο πειραματικό έτος παρουσίασαν μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού, με 0,30 και 0,41 MPa αντίστοιχα για τους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184». Το δεύτερο έτος υπήρξε αλλαγή, με αποτέλεσμα οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων να παρατηρούνται στις σύγχρονες ποικιλίες και συγκεκριμένα στη «Σέλας» και στη «Μεξικάλι 81» με 0,59 και 0,49 MPa αντίστοιχα. Και για τα δύο πειραματικά έτη η ποικιλία «Μεξικάλι 81» παρουσίασε την τάση να λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη WPI, ειδικά στην επέμβαση W4.

**Πίνακας 3.3.1.** Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου (TS).

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	MPa			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	-0.75Aa	-0.84Ba	-1.12Ca	-1.05Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-0.72Aac	-0.89Ba	-1.06Ca	-1.13Ca
Παπαδάκης	-0.56Ab	-0.63ABb	-0.66ABb	-0.70ABb
Μεξικάλι 81	-0.61Abc	-0.63Ab	-0.67Ab	-0.66Ab
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	-1.18Aa	-1.29Ba	-1.37Ba	-1.45Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.11Aab	-1.32Ba	-1.31Ba	-1.44Ca
Παπαδάκης	-1.00Ac	-0.95Ac	-1.19Bb	-1.24Bb
Μεξικάλι 81	-0.71Ad	-1.04Bbc	-1.15Cb	-1.20Cb
Σέλας	-0.67Ad	-1.03Bbc	-1.20Cb	-1.26Cb
Simeto	-1.06Abc	-1.09Ab	-1.21Bb	-1.30Cb

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

#### **Έναρξη αδελφώματος έως την ολοκλήρωση του σταδίου της διόγκωσης του κολεού (WPI<sub>Tillering</sub>→<sub>Booting</sub>)**

Στον πίνακα 3.3.2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από την έναρξη αδελφώματος και μέχρι την ολοκλήρωση του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. Η ανάλυση διασποράς (ANOVA) έδειξε ότι ο δείκτης υδατικού δυναμικού (WPI<sub>Tillering</sub>→<sub>Booting</sub>) επηρεάστηκε με σημαντικό τρόπο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού και επιπλέον εμφανίστηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν (πίνακες 3 και 4, παράρτημα).

Οι γονότυποι που μελετήθηκαν παρουσίασαν στατιστικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, δηλαδή από την επέμβαση W1 προς την επέμβαση W4. Τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, η τιμή του δείκτη WPI κυμάνθηκε σε σαφώς χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με το πρώτο έτος. Ωστόσο, οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) την πρώτη χρονιά ήταν σχετικά υψηλότερες σε σχέση με το δεύτερο έτος. Ειδικότερα, την πρώτη χρονιά οι διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων ήταν της τάξης των 0,32 MPa, ενώ το δεύτερο έτος μειώθηκαν στα 0,28 MPa.

**Πίνακας 3.3.2.** Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και την ολοκλήρωση του σταδίου της διόγκωσης του κολεού.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	MPa			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.04Aa	-1.14Ba	-1.37Ca	-1.39Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-0.98Aa	-1.11Ba	-1.34Ca	-1.44Da
Παπαδάκης	-1.03Aa	-1.11Aa	-1.24Bb	-1.29Bb
Μεξικάλι 81	-1.04Aa	-1.12ABa	-1.19BCb	-1.26Cb
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.37Aa	-1.42Aa	-1.54Ba	-1.66Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.30Aa	-1.45Ba	-1.51Ba	-1.61Ca
Παπαδάκης	-1.25Ab	-1.24Abd	-1.39Bb	-1.40Bb
Μεξικάλι 81	-1.20Abc	-1.32Bc	-1.42Cbc	-1.43Cbc
Σέλας	-1.17Ac	-1.23Ab	-1.48Bac	-1.48Bc
Simeto	-1.29Ab	-1.31Acd	-1.54Ba	-1.67Ca

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν σε σχέση με τις σύγχρονες ποικιλίες όσον αφορά το δείκτη WPI. Η διαφοροποίηση αυτή ήταν σημαντική το δεύτερο πειραματικό έτος σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού και το πρώτο πειραματικό έτος στις μεταχειρίσεις W3 και W4. Τη μοναδική εξαίρεση στο δεύτερο πειραματικό έτος αποτέλεσε η ιταλική ποικιλία «Simeto», η οποία κατέγραψε παραπλήσιες τιμές σε σχέση με τους πληθυσμούς.

Οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» έλαβαν τις υψηλότερες τιμές του δείκτη WPI στις περισσότερες περιπτώσεις και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη περίοδο οι τιμές του δείκτη κυμάνθηκαν από -1,04 έως -1,26 MPa για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» και από -1,03 έως -1,29 MPa για την ποικιλία «Παπαδάκης», ενώ το δεύτερο έτος κυμάνθηκαν από -1,20 έως -1,43 MPa και -1,25 έως -

1.40 MPa αντίστοιχα. Ο μοναδικός γονότυπος που κατάγραψε οριακά υψηλότερες τιμές ήταν η ποικιλία «Σέλας» το δεύτερο έτος και μόνο στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας (W1 και W2).

### **Έναρξη αδελφώματος έως το στάδιο της πλήρους άνθισης ( $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ )**

Στον πίνακα 3.3.3 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από την έναρξη αδελφώματος και μέχρι και το στάδιο της πλήρους άνθισης. Σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA), ο δείκτης υδατικού δυναμικού ( $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ ) επηρεάστηκε με σημαντικό τρόπο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού και επιπλέον παρουσιάστηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού (πίνακες 5 και 6, παράρτημα).

Οι γονότυποι που μελετήθηκαν παρουσίασαν στατιστικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, δηλαδή από την επέμβαση W1 προς την επέμβαση W4. Τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, η τιμή του δείκτη WPI κυμάνθηκε σε σαφώς χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με το πρώτο έτος. Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» και στην ποικιλία «Παπαδάκης» την πρώτη χρονιά παρατηρήθηκαν υψηλότερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού, οι οποίες προσέγγισαν τα 0,53 και 0,30 MPa αντίστοιχα, για το πρώτο έτος. Δε συνέβη όμως το ίδιο και για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» και την ποικιλία «Μεξικάλι 81». Οι συγκεκριμένοι γονότυποι είχαν τις μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού το δεύτερο πειραματικό έτος με 0,43 και 0,35 MPa αντίστοιχα.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν σε σχέση με τις σύγχρονες ποικιλίες, καθώς και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους κατέγραφαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI. Τη μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε στο δεύτερο πειραματικό έτος η ιταλική ποικιλία «Simeto», η οποία εμφάνισε παραπλήσιες τιμές σε σχέση με τους πληθυσμούς.

Οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» έλαβαν και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους τις υψηλότερες τιμές του δείκτη WPI στις μεταχειρίσεις που υπήρχαν τα λιγότερα αποθέματα εδαφικής υγρασίας (W3 και W4). Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη περίοδο οι τιμές του δείκτη WPI κυμάνθηκαν από -1.17 έως -1.49 MPa για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» και από -1.21 έως -1.51 MPa για την ποικιλία «Παπαδάκης», ενώ το δεύτερο έτος κυμάνθηκαν από -1.36 έως -1.71 MPa και -1.41 έως -1.63 MPa αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.3.3.** Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της πλήρους άνθισης.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	MPa			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.20Aa	-1.30Ba	-1.55Ca	-1.61Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.13Ab	-1.28Ba	-1.52Ca	-1.66Db
Παπαδάκης	-1.21Aa	-1.26Aa	-1.43Bb	-1.51Cc
Μεξικάλι 81	-1.17Aab	-1.26Ba	-1.35Cc	-1.49Dc
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.49Aa	-1.58Ba	-1.80Ca	-1.92Da
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.48Aa	-1.64Ba	-1.83Ca	-1.92Da
Παπαδάκης	-1.41Ac	-1.43Abc	-1.60Bb	-1.63Bb
Μεξικάλι 81	-1.36Abc	-1.49Bc	-1.69Cc	-1.71Cc
Σέλας	-1.33Ab	-1.42Bb	-1.71Cc	-1.78Cd
Simeto	-1.34Abc	-1.42Bb	-1.70Cc	-1.93Da

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

#### **Έναρξη αδελφώματος έως το στάδιο του γαλακτώδους καρπού (WPI<sub>Tillering→Milk development</sub>)**

Στον πίνακα 3.3.4 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από την έναρξη αδελφώματος και μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA), ο δείκτης υδατικού δυναμικού (WPI<sub>Tillering→Milk development</sub>) επηρεάστηκε με σημαντικό τρόπο από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού και επιπλέον παρουσιάστηκε σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού (πίνακες 7 και 8, παράρτημα).

Όλο το φυτικό υλικό που μελετήθηκε εμφάνισε στατιστικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, δηλαδή από την επέμβαση W1 προς την επέμβαση W4. Τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, η τιμή του δείκτη WPI κυμάνθηκε σε σαφώς χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με το πρώτο έτος. Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» και στην ποικιλία «Παπαδάκης» την πρώτη χρονιά παρατηρήθηκαν υψηλότερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού, οι οποίες προσέγγισαν τα 0,55 και 0,34 MPa αντίστοιχα, για το πρώτο έτος. Δε συνέβη όμως το ίδιο και για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» και την ποικιλία «Μεξικάλι 81». Οι συγκεκριμένοι γονότυποι είχαν τις μεγαλύτερες

διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού το δεύτερο πειραματικό έτος με 0,44 και 0,38 MPa αντίστοιχα.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν σε σχέση με τις σύγχρονες ποικιλίες, καθώς και για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους κατέγραφαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI στις επεμβάσεις με τα χαμηλότερα επίπεδα εδαφικής υγρασίας. Τη μοναδική εξαίρεση αποτέλεσε στο δεύτερο πειραματικό έτος η ιταλική ποικιλία «Simeto», η οποία εμφάνισε παραπλήσιες τιμές σε σχέση με τους πληθυσμούς.

Οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» έλαβαν και τις δύο καλλιεργητικές περιόδους τις υψηλότερες τιμές του δείκτη WPI στις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα εδαφικής υγρασίας (W3 και W4). Πιο συγκεκριμένα, την πρώτη περίοδο οι τιμές του δείκτη WPI κυμάνθηκαν από -1.23 έως -1.60 MPa για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» και από -1.28 έως -1.62 MPa για την ποικιλία «Παπαδάκης», ενώ το δεύτερο έτος κυμάνθηκαν από -1.41 έως -1.79 MPa και -1.44 έως -1.69 MPa αντίστοιχα.

**Πίνακας 3.3.4.** Οι μέσες τιμές του δείκτη υδατικού δυναμικού (WPI) για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	MPa			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.26Aa	-1.35Ba	-1.61Ca	-1.66Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.18Ab	-1.33Ba	-1.58Ca	-1.73Dc
Παπαδάκης	-1.28Aa	-1.34Aa	-1.51Bb	-1.62Cab
Μεξικάλι 81	-1.23Aab	-1.33Ba	-1.47Cb	-1.60Db
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	-1.51Aa	-1.60Ba	-1.82Ca	-1.95Da
Ντόπια Ηρακλείου 184	-1.50Aab	-1.65Ba	-1.86Ca	-1.95Da
Παπαδάκης	-1.44Abc	-1.48Abc	-1.67Bb	-1.69Db
Μεξικάλι 81	-1.41Ac	-1.53Bc	-1.74Cc	-1.79Cc
Σέλας	-1.38Ac	-1.46Bb	-1.81Cad	-1.88Dd
Simeto	-1.38Ac	-1.47Bb	-1.75Ccd	-1.99Da

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

### 3.4 Αύξηση της ταξιανθίας

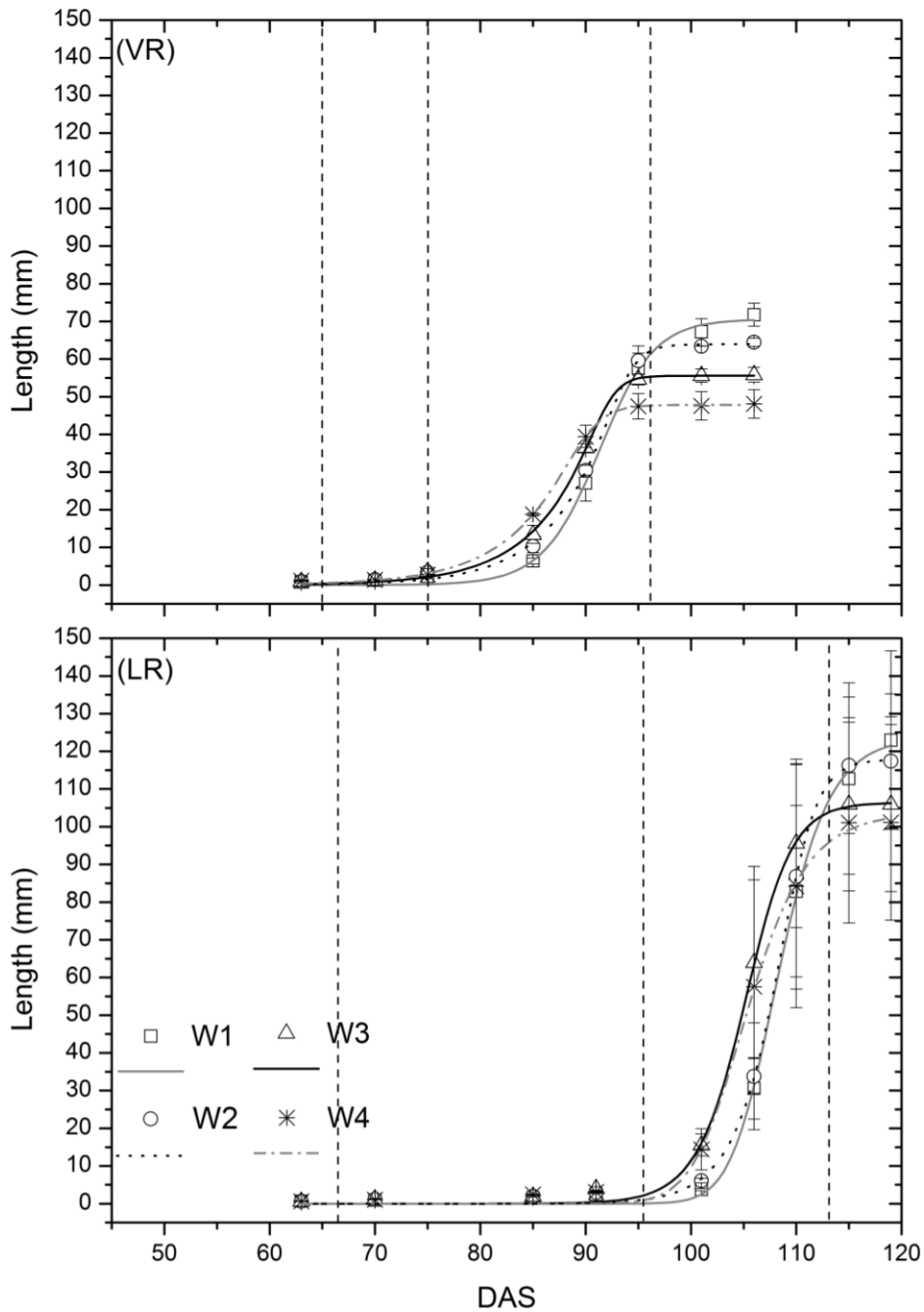
Στα διαγράμματα 3.4.1 (α και β) παρουσιάζεται η γενική πορεία της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους, των εγχώριων πληθυσμών και των ποικιλιών του σκληρού σιταριού στις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Αντίστοιχα, στα διαγράμματα 3.4.2 (α και β) παρουσιάζονται οι επιμέρους πορείες των φυτών που μελετήθηκαν.

Η περιγραφή της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του πειραματικού υλικού έγινε με τη χρήση της εξίσωσης Richards. Τα δεδομένα του πειράματος προσαρμόστηκαν ικανοποιητικά στη συγκεκριμένη εξίσωση (τιμές  $r^2$  μεταξύ 0.93 και 0.99) και η μορφή της αύξησης, όπως προέκυψε, ήταν ασύμμετρη σιγμοειδής.

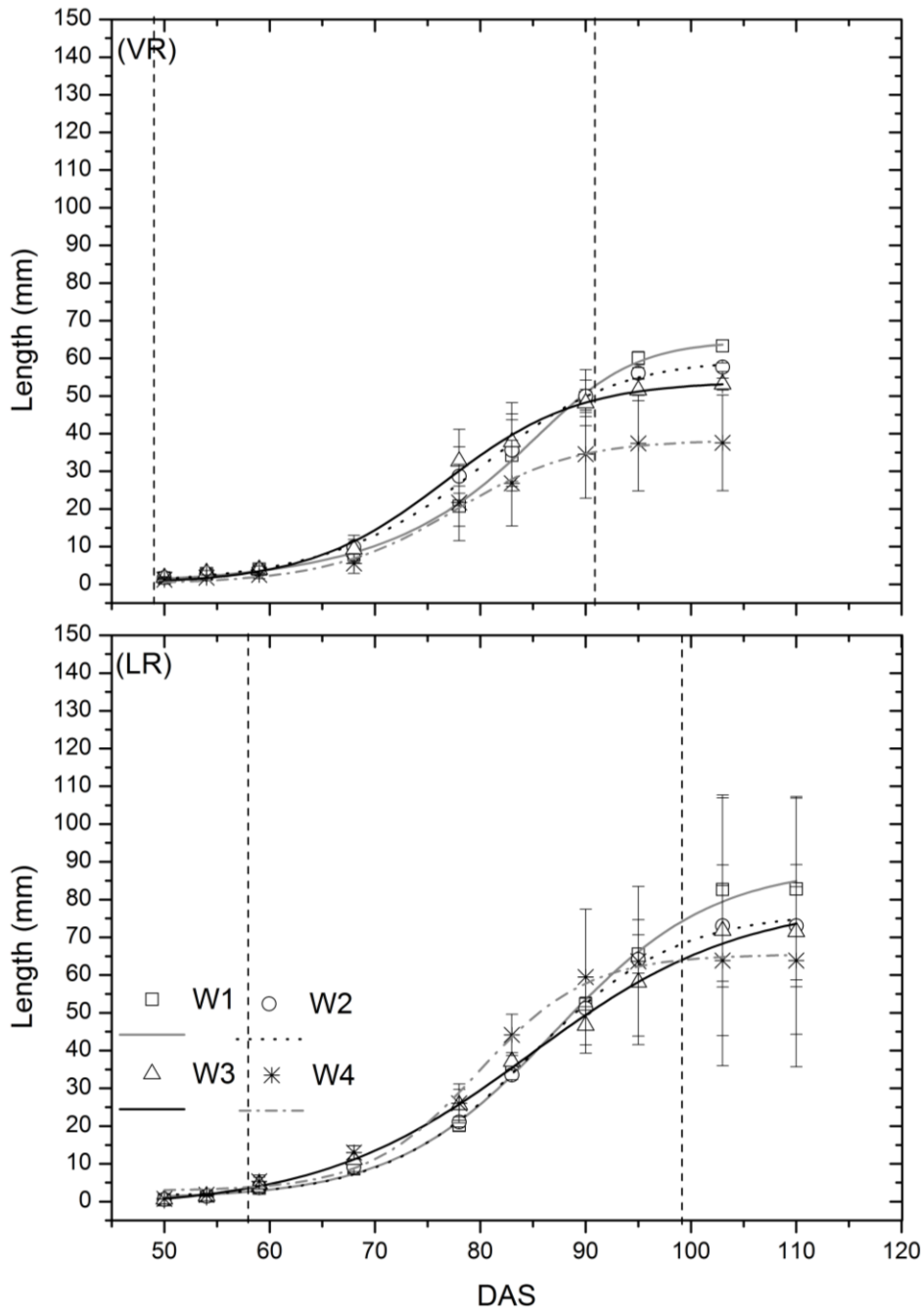
Από τη μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος από βλαστητικό σε αναπαραγωγικό και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου, η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό. Από το σημείο όμως αυτό και μετά ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (η καμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στο σημείο αντιστάθμισης (inflection point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης μειώνεται και η ανάπτυξη διακόπτεται κατά το τέλος του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. Την τυπική αυτή μορφή αύξησης ακολούθησαν όλοι οι γονότυποι που μελετήθηκαν, σε όλες ανεξαιρέτως τις μεταχειρίσεις του νερού.

Το τελικό μήκος της ταξιανθίας, όπως παρουσιάζεται στους πίνακες ανάλυσης της διασποράς (πίνακες 9 και 10, παράρτημα), επηρεάστηκε και τα δύο πειραματικά έτη από τα διαφορετικά επίπεδα της εδαφικής υγρασίας. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν όταν υπήρχε επάρκεια νερού (W1) και μειώθηκαν σημαντικά και ανάλογα με την αύξηση έντασης της υδατικής καταπόνησης. Στο πρώτο πειραματικό έτος η αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης οδήγησε σε μείωση του τελικού μήκους των στάχων από 13 έως 34% μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Οι αντίστοιχες τιμές για το δεύτερο έτος κυμάνθηκαν αντίστοιχα από 14 έως 30% (πίνακας 3.4.1).

Ο φυσικός πληθυσμός Κοντοπούλι 17 παρουσίασε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους υπόλοιπους γονότυπους, το μεγαλύτερο μήκος στάχου σε όλες τις μεταχειρίσεις νερού και στις δύο πειραματικές χρονιές. Την πρώτη χρονιά τα μήκη των στάχων για το συγκεκριμένο πληθυσμό κυμάνθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού από 127,4 έως 146,8 mm και τη δεύτερη χρονιά από 77,9 έως 100,9 mm. Η έλλειψη του νερού στον πληθυσμό Κοντοπούλι 17,

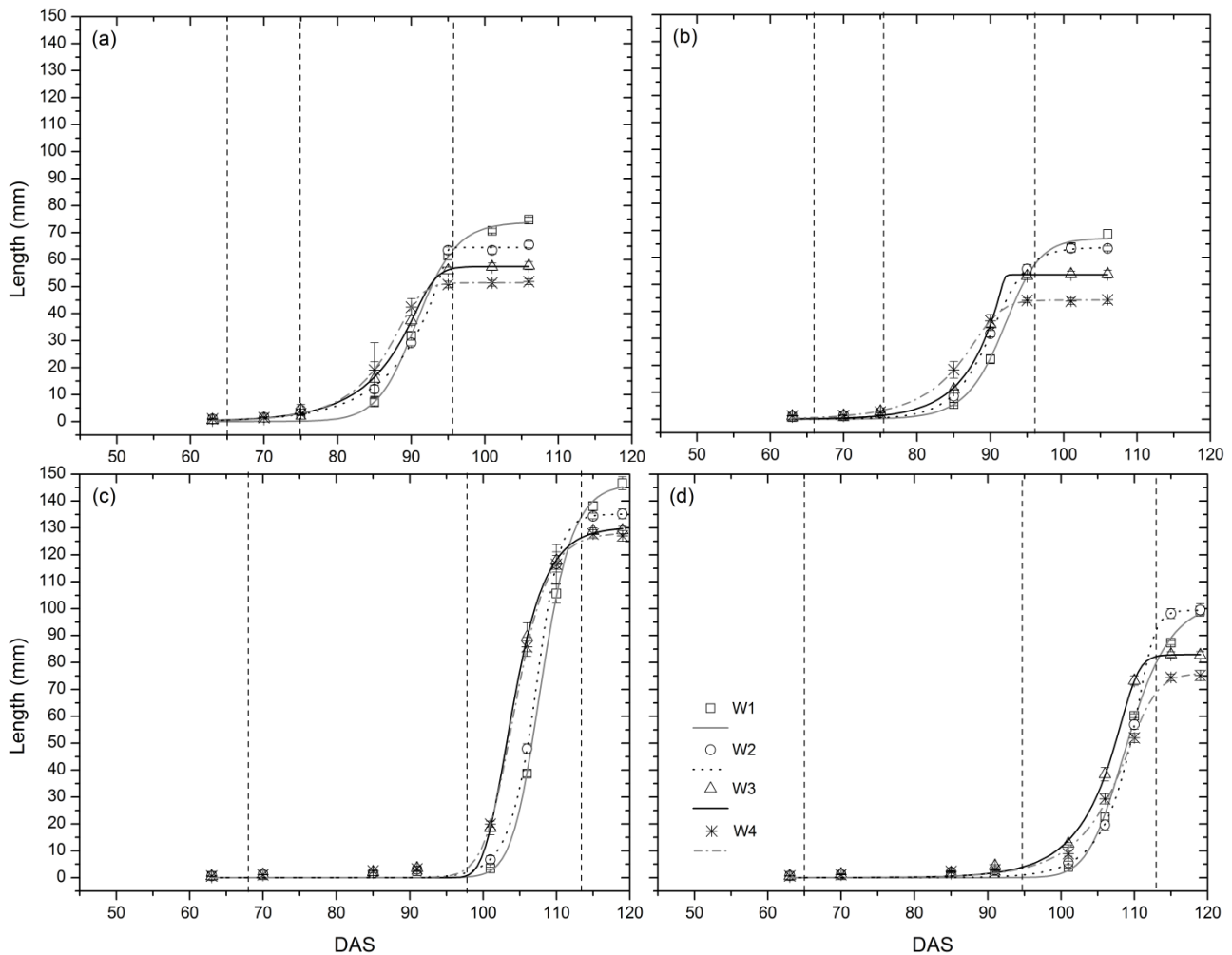


**Διάγραμμα 3.4.1α.** Η γενική πορεία της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια της διπλής πλευράς (DR), σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας.



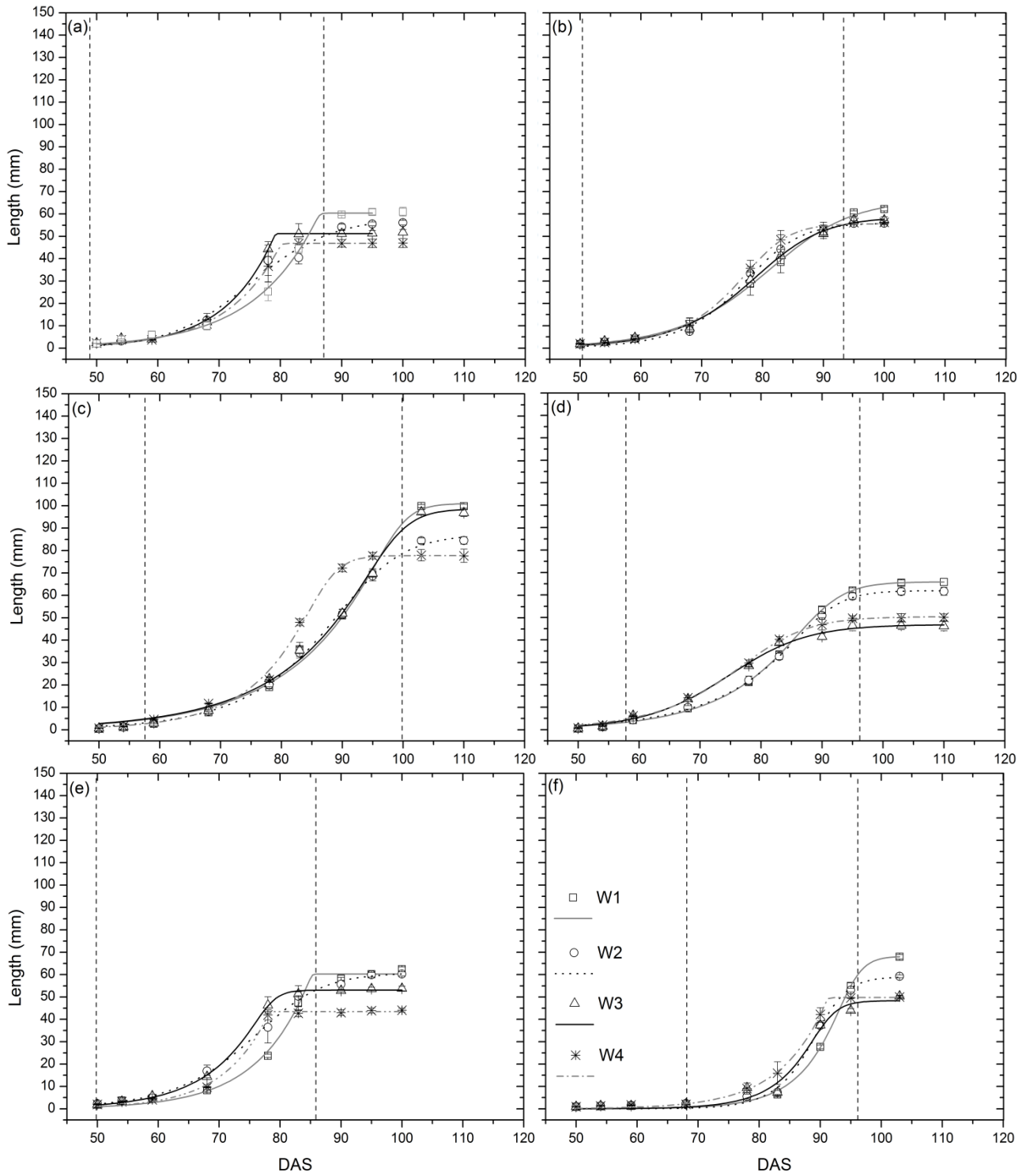
**Διάγραμμα 3.4.1β** Η γενική πορεία της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας.





**Διάγραμμα 3.4.2α.** Η πορεία αύξησης του μήκους της ταξιανθίας των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι σιγμοειδείς καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων στην εξίσωση Richards. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια της διπλής πλευράς (DR), σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, Length: μήκος ταξιανθίας, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεζικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας.

ειδικά όταν γινόταν πολύ έντονη (W4), είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού μήκους των ταξιανθιών περίπου κατά 13%. Στο φυσικό πληθυσμό Ντόπια Ηρακλείου 184 και στις ποικιλίες Παπαδάκης και Μεζικάλι 81 η αντίστοιχη μείωση την πρώτη χρονιά ήταν κατά σειρά 26, 34 και 29%. Τη δεύτερη χρονιά όμως, οι ποικιλίες Παπαδάκης και Μεζικάλι 81 ανταποκρίθηκαν καλύτερα σε σχέση με τους πληθυσμούς στα υδατικά ελλείμματα, αφού η μείωση του τελικού μήκους των στάχων τους από την έλλειψη του νερού (W1-W4) ήταν 14 και 21% αντίστοιχα.



**Διάγραμμα 3.4.2β.** Η πορεία αύξησης του μήκους της ταξιανθίας των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές υποδεικνύουν κατά σειρά τα στάδια σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και της διόγκωσης του κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, Length: μήκος ταξιανθίας, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Length: μήκος ταξιανθίας.

**Πίνακας 3.4.1.** Το τελικό μήκος της ταξιανθίας όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	mm			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	146.8Aa	135.3Ba	129.5Ca	127.4Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	103.2Ab	99.6Ab	83.0Bb	76.2Cb
Παπαδάκης	67.1Ac	63.8Ac	53.8Bc	44.2Cc
Μεξικάλι 81	73.1Ad	64.5Bc	58.3Cd	51.7Dd
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	100.9Aa	87.3Ba	100.6Aa	77.9Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	66.3Ab	62.5Ad	46.8Bd	50.3Bb
Παπαδάκης	65.5Ab	57.4Bbc	58.2Bb	56.2Bc
Μεξικάλι 81	61.0Ac	55.7Bc	51.7BCce	47.6Cb
Σέλας	61.9Ac	60.9Abd	53.0Bc	43.4Cd
Simeto	68.3Ab	59.0Bbd	48.5Cde	49.9Cb

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Η ποικιλία Σέλας παρουσίασε το μικρότερο μήκος ταξιανθίας σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους περισσότερους γονότυπους που μελετήθηκαν. Το μήκος της ταξιανθίας της κυμάνθηκε από 61,9 έως 43,4 mm και η διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού προσέγγισε το 30%. Αρκετά μεγάλη ήταν επίσης και η μείωση του μήκους της ταξιανθίας στην ποικιλία Simeto, από την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων και η οποία προσέγγισε 27%.

Σε αντίθεση με το τελικό μήκος της ταξιανθίας, τόσο ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός (WMGR), όσο και ο μέγιστος απόλυτος ρυθμός αύξησης (AGR), γενικά δεν επηρεάστηκαν από τα διαφορετικά επίπεδα της εδαφικής υγρασίας, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 11 έως 14, παράρτημα). Το πρώτο πειραματικό έτος ο μέσος και ο μέγιστος ρυθμός αύξησης παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το δεύτερο έτος (πίνακας 3.4.2). Ειδικότερα, την πρώτη πειραματική χρονιά ο μέσος ρυθμός αύξησης κυμάνθηκε από 2,67 έως 15,85 mm/ημέρα για όλους τους γονότυπους και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, ενώ τη δεύτερη από 1,16 έως 3,88 mm/ημέρα. Αντίστοιχα, και ο μέγιστος απόλυτος ρυθμός αύξησης το πρώτο έτος εμφάνισε τιμές από 4,26 έως 17,94 mm/ημέρα και το δεύτερο έτος από 1,76 έως 6,82 mm/ημέρα. Οι φυσικοί πληθυσμοί και ειδικά ο Κοντοπούλι 17 την πρώτη χρονιά, είχαν την τάση να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις ποικιλίες, όσον αφορά το μέσο και το μέγιστο απόλυτο ρυθμό

αύξησης. Τη δεύτερη όμως χρονιά η τάση αυτή παρουσιάστηκε στις ποικιλίες Σέλας και Simeto.

**Πίνακας 3.4.2.** Ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός (WMGR) και ο μέγιστος απόλυτος ρυθμός (AGR) αύξησης της ταξιανθίας, όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	<b>WMGR</b>			
	mm / ημέρα			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	14.05±4.49	15.02±4.49	12.88±4.09	12.52±6.47
Ντόπια Ηρακλείου 184	6.21±1.79	9.63±2.86	6.42±1.90	4.57±1.35
Παπαδάκης	4.38±1.26	4.05±1.19	4.98±1.50	2.67±0.78
Μεξικάλι 81	5.18±1.54	5.63±1.66	3.59±1.20	5.04±2.27
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	2.92±0.85	2.21±0.65	2.71±0.85	3.25±0.98
Ντόπια Ηρακλείου 184	1.94±0.58	1.79±0.54	1.16±0.33	1.32±0.38
Παπαδάκης	1.62±0.46	2.14±0.74	1.65±0.48	2.29±0.77
Μεξικάλι 81	2.48±0.77	1.76±0.53	2.64±0.83	2.34±0.72
Σέλας	3.88±1.13	2.41±0.96	3.45±1.33	2.72±0.82
Simeto	3.78±1.09	3.24±0.95	3.05±1.06	3.16±1.02
	<b>AGR</b>			
	mm / ημέρα			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	15.68±4.85	17.94±5.88	14.19±4.36	13.05±4.27
Ντόπια Ηρακλείου 184	9.19±2.65	16.17±4.97	11.07±3.46	7.37±2.23
Παπαδάκης	6.64±1.92	6.13±1.80	8.88±2.79	4.26±1.25
Μεξικάλι 81	8.11±2.42	10.91±3.21	5.74±1.97	8.85±4.35
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	4.93±1.44	3.47±1.04	4.61±1.56	5.46±1.72
Ντόπια Ηρακλείου 184	3.11±0.94	2.93±0.92	1.76±0.51	2.03±0.59
Παπαδάκης	2.47±0.72	3.47±1.28	2.53±0.75	3.66±1.26
Μεξικάλι 81	4.29±1.39	2.72±0.84	4.64±1.57	4.29±1.41
Σέλας	6.82±1.97	3.64±1.47	6.31±2.49	4.99±1.56
Simeto	6.03±1.74	4.97±1.45	5.29±2.03	5.40±1.87

<sup>§</sup>Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων ± τυπικό σφάλμα.

Σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 15 έως 18, παράρτημα), τόσο η διάρκεια σε ημέρες από τη σπορά μέχρι και το σημείο Ti (inflection point) της σιγμοειδούς καμπύλης αύξησης της ταξιανθίας, όσο και η διάρκεια που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης, επηρεάστηκαν σημαντικά σε όλους τους γονότυπους και σε όλα τα πειραματικά έτη από τις διαφορετικές μεταχειρίσεις του νερού. Η επίδραση της έλλειψης του νερού, στις περισσότερες περιπτώσεις, είχε ως αποτέλεσμα τη στατιστικά σημαντική μείωση, τόσο της διάρκειας από τη σπορά μέχρι το σημείο Ti, όσο και της

συνολικής διάρκειας που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης. Τη μόνη εξαίρεση αποτέλεσαν την πρώτη χρονιά οι πληθυσμοί Ντόπια Ηρακλείου 184, όσον αφορά τη διάρκεια από τη σπορά μέχρι και το σημείο Ti και ο Κοντοπούλι 17 όσον αφορά τη συνολική διάρκεια που απαιτήθηκε για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης (πίνακας 3.4.3)

**Πίνακας 3.4.3.** Ο χρόνος (Ti) που απαιτείται μέχρι το σημείο αντιστάθμισης (inflection point) της σιγμοειδούς καμπύλης αύξησης της ταξιανθίας και ο χρόνος (Ttotal) που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης, όπως έχει προκύψει από την εξίσωση Richards.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	<b>Ti</b>			
	ημέρες από τη σπορά			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	107.6Aa	107.6Aa	103.6Ba	105.0ABa
Ντόπια Ηρακλείου 184	108.3Aa	110.9Ab	108.5Ab	109.5Ab
Παπαδάκης	92.1Ab	90.4ABc	91.0ABc	87.8Bc
Μεξικάλι 81	92.6ACb	94.9Ad	89.7BCc	87.2Bc
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	95.7Aa	89.5BCa	93.9ABa	84.9Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	86.2Ab	86.0Aa	74.9Bb	77.1Bb
Παπαδάκης	81.3Ab	78.9Ab	79.0Ab	76.7Ab
Μεξικάλι 81	83.5Bb	75.6Ab	76.6Ab	78.7ABb
Σέλας	84.3Ab	78.7Bb	76.2Bb	77.9Bb
Simeto	93.2Aa	89.4Aa	89.7Aa	87.8Aa
	<b>Ttotal</b>			
	ημέρες από τη σπορά			
	<u>1<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)</u>			
Κοντοπούλι 17	117.8Aa	114.2Aa	115.8Aa	115.3Aa
Ντόπια Ηρακλείου 184	117.6Ba	116.2ABa	112.8Aa	115.1ABa
Παπαδάκης	103.2Ab	101.8Ab	93.1Bb	95.2Bb
Μεξικάλι 81	102.8Ab	96.7Bc	97.1Bb	94.6Bb
	<u>2<sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)</u>			
Κοντοπούλι 17	107.8Aa	109.7Aa	108.5Aa	93.8Bb
Ντόπια Ηρακλείου 184	102.5Ab	101.8ACb	99.4Bb	98.1Ba
Παπαδάκης	98.9Ac	97.8Ac	93.8Bc	91.6Bb
Μεξικάλι 81	87.3Ad	94.8Bd	80.0Cd	81.2Cc
Σέλας	86.8Ad	96.9Bcd	82.6Cd	79.0Dc
Simeto	102.0Ab	101.0Ab	92.5Bc	97.0Ca

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Την πρώτη περίοδο και κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους η διάρκεια σε ημέρες από τη σπορά και μέχρι το σημείο Ti κυμάνθηκε από 100,15 ημέρες όταν υπήρχε

επάρκεια νερού (W1) έως και 97,37 ημέρες στην υδατική μεταχείριση με το μέγιστο υδατικό έλλειμμα (W4). Το δεύτερο έτος οι αντίστοιχες τιμές ήταν 87,33 και 80,51 ημέρες και οι οποίες είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με το πρώτο έτος. Οι εγχώριοι πληθυσμοί και ειδικά ο Κοντοπούλι 17 διαφοροποιήθηκαν και τα δύο έτη από τις εμπορικές ποικιλίες, αφού γι' αυτούς η συγκεκριμένη διάρκεια σε ημέρες ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού. Ειδικότερα για τον εγχώριο πληθυσμό Κοντοπούλι 17, το πρώτο έτος η διάρκεια από τη σπορά μέχρι και το σημείο T<sub>i</sub> κυμάνθηκε από τις 106,7 ημέρες στην υδατική μεταχείριση W1, έως τις 105 ημέρες στη μεταχείριση W4 και το δεύτερο έτος από τις 95,7 έως τις 84,9 ημέρες. Η μόνη ποικιλία που είχε παρόμοια συμπεριφορά με τους εγχώριους πληθυσμούς, ήταν το δεύτερο πειραματικό έτος η ιταλική ποικιλία Simeto, η οποία όχι μόνο παρουσίασε παρόμοια συμπεριφορά με τους εγχώριους πληθυσμούς, αλλά επιπλέον δεν εμφάνισε και στατιστικά σημαντικές διαφορές σε καμία υδατική μεταχείριση σε σχέση με τον εγχώριο πληθυσμό Κοντοπούλι 17.

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται από τη σπορά και μέχρι την ολοκλήρωση του μεγαλύτερου ποσοστού της αύξησης, κυμάνθηκε κατά μέσο όρο το πρώτο έτος για όλους τους γονότυπους, από 110,35 ημέρες όταν υπήρχε επάρκεια νερού (W1) έως τις 105,05 ημέρες στην υδατική μεταχείριση με το μέγιστο υδατικό έλλειμμα (W4). Το δεύτερο έτος οι αντίστοιχες τιμές ήταν 97,55 και 90,12 ημέρες και οι οποίες είναι αρκετά χαμηλότερες σε σχέση με το πρώτο έτος. Όπως και με τη διάρκεια από τη σπορά μέχρι και το σημείο T<sub>i</sub>, έτσι και σε αυτή την περίπτωση οι εγχώριοι πληθυσμοί διαφοροποιήθηκαν από τις εμπορικές ποικιλίες, αφού και τα δύο πειραματικά έτη, στις περισσότερες από τις μεταχειρίσεις του νερού, χρειάστηκαν σημαντικά περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την αύξησή τους. Στον εγχώριο πληθυσμό Κοντοπούλι 17 εκτός από το γεγονός ότι την πρώτη χρονιά οι διαφορετικές επεμβάσεις του νερού δε φάνηκε να επιδρούν με σημαντικό τρόπο στη διάρκεια ολοκλήρωσης της αύξησης των ταξιανθιών του, επιπλέον η διάρκεια αυτή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που απαιτήθηκε στους υπόλοιπους γονότυπους. Εξαίρεση αποτέλεσε ο εγχώριος πληθυσμός Ντόπια Ηρακλείου 184 το πρώτο έτος και το δεύτερο έτος στη μεταχείριση W4 οι ποικιλίες Simeto και Παπαδάκης, καθώς και πάλι ο εγχώριος πληθυσμός Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι ποικιλίες Μεξικάλι 81 και Σέλας το δεύτερο έτος είχαν παρόμοια συμπεριφορά και διαφοροποιήθηκαν από τις ποικιλίες Simeto και Παπαδάκης, οι οποίες με μοναδική εξαίρεση την επέμβαση W2, χρειάστηκαν σημαντικά περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσουν την αύξηση των ταξιανθιών τους. Σημειώνεται όμως ότι οι ποικιλίες Παπαδάκης και Μεξικάλι 81 το πρώτο έτος δεν εμφάνισαν μεταξύ τους σημαντική διαφοροποίηση για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

### 3.5 Μορφογένεση της ταξιανθίας

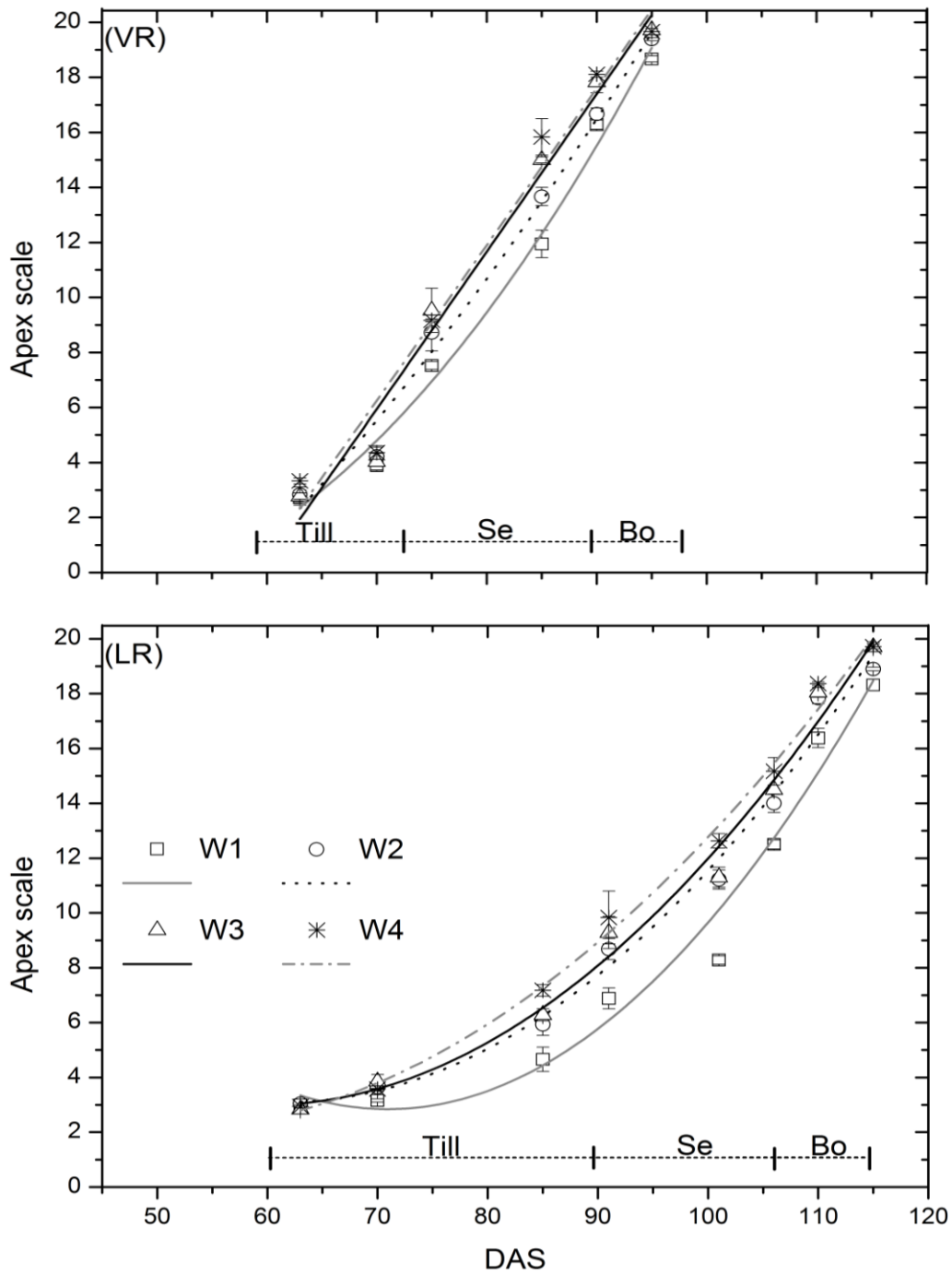
Στα διαγράμματα 3.5.1 (α και β) παρουσιάζεται η γενική πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους, των εγχώριων πληθυσμών και των ποικιλιών του σκληρού σιταριού για τις δύο καλλιεργητικές περιόδους. Αντίστοιχα, στα διαγράμματα 3.5.2 (α και β) παρουσιάζονται οι επιμέρους πορείες για κάθε πληθυσμό και ποικιλία που μελετήθηκαν.

Για την περιγραφή της πορείας μορφογένεσης των ταξιανθιών του πειραματικού υλικού τα δεδομένα από τη χρήση της προτεινόμενης κλίμακας (παράγραφος 3.2) εισήχθησαν σε πολυωνυμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού, όπου και παρουσίασαν αρκετά υψηλή προσαρμογή (τιμές  $r^2$  μεταξύ 0.94 και 0.98).

Η γραφική απεικόνιση της αναπτυξιακής πορείας των ταξιανθιών ήταν παραβολή η οποία το πρώτο πειραματικό έτος έστρεφε τα κοίλα άνω, ενώ το δεύτερο πειραματικό έτος έστρεφε τα κοίλα προς τα κάτω. Αν και η συγκεκριμένη γραφική απεικόνιση της εξελικτικής πορείας των ταξιανθιών ήταν ο κανόνας για όλους τους γονότυπους και τις επεμβάσεις του νερού, ωστόσο παρατηρήθηκαν και ορισμένες εξαιρέσεις. Το πρώτο έτος και μόνο για τις εμπορικές ποικιλίες, η γραφική απεικόνιση της μορφογένεσης παρουσίασε την τάση να στρέφει τα κοίλα κάτω στις επεμβάσεις με το λιγότερο διαθέσιμο εδαφικό νερό, W3 ή W4. Αντίστοιχα το δεύτερο πειραματικό έτος η εμπορική ιταλική ποικιλία «Simeto» ήταν η μόνη από όλους τους γονότυπους που εξετάστηκαν και που έστρεφε τα κοίλα άνω σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού.

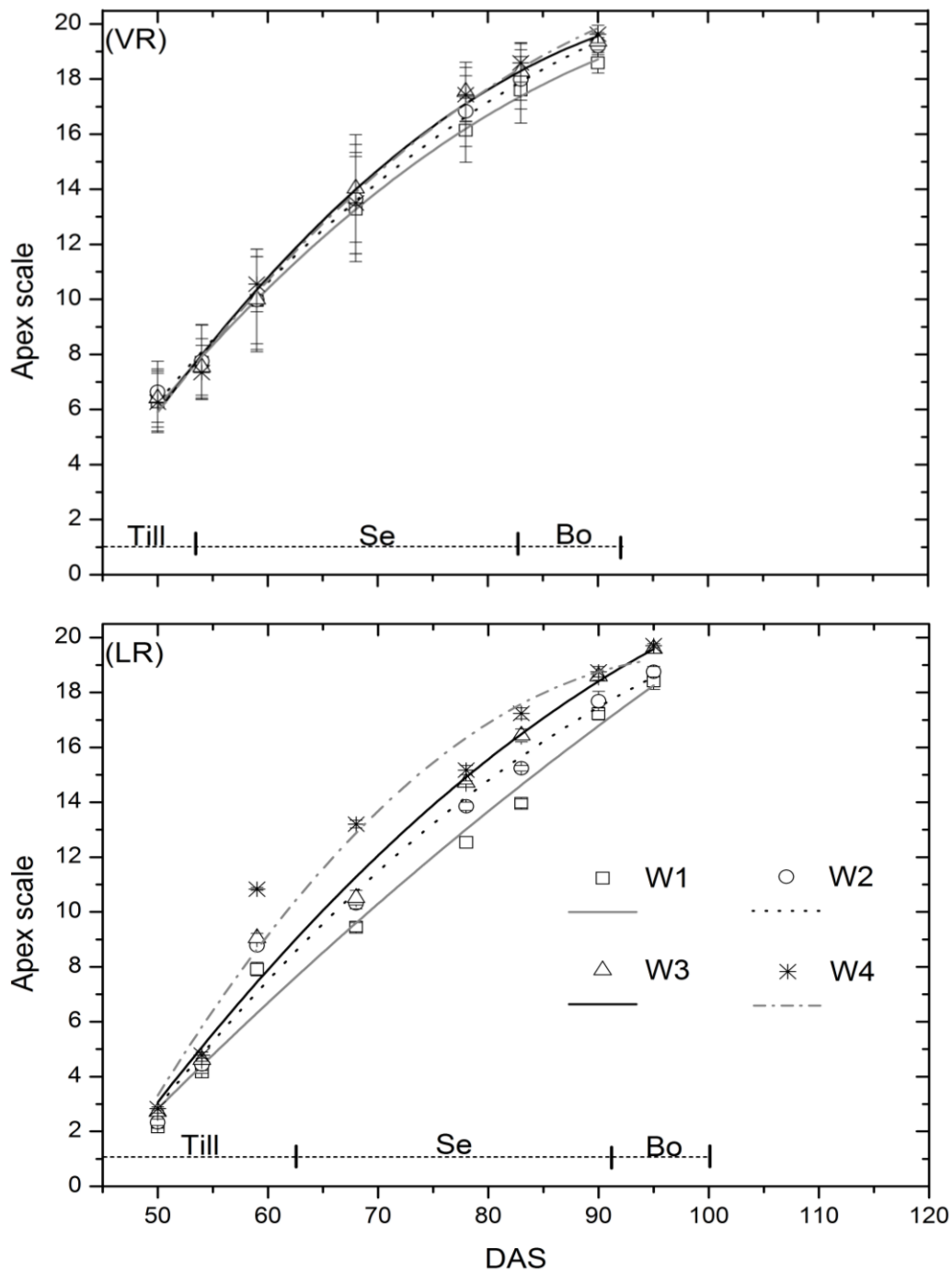
Το επίπεδο του διαθέσιμου εδαφικού νερού άσκησε σημαντική επίδραση στη διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης του εμβρυακού στάχου, όχι όμως σε όλη τη διάρκεια της εξέλιξης και όχι στον ίδιο βαθμό για τις εμπορικές ποικιλίες και τους φυσικούς πληθυσμούς του σκληρού σιταριού (διαγράμματα 3.5.2 α και β; πίνακες 19-24 παράρτημα). Η γενική αντίδραση του πειραματικού υλικού ήταν ότι με την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης μειωνόταν όλο και περισσότερο η διάρκεια των σταδίων της μορφογένεσης των εμβρυακών στάχων.

Η διαφοροποίηση των επεμβάσεων του νερού το πρώτο πειραματικό έτος άρχισε περίπου στα στάδιο της διπλής πλευράς ή στο στάδιο 3 της προτεινόμενης κλίμακας, για τους φυσικούς πληθυσμούς και λίγο αργότερα, αλλά πριν το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου, για τις εμπορικές ποικιλίες. Τον περισσότερο χρόνο μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς χρειάστηκε με 78 ημέρες το πρώτο έτος και στη μεταχείριση W1, ο φυσικός πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» χωρίς όμως στατιστικά σημαντική διαφορά

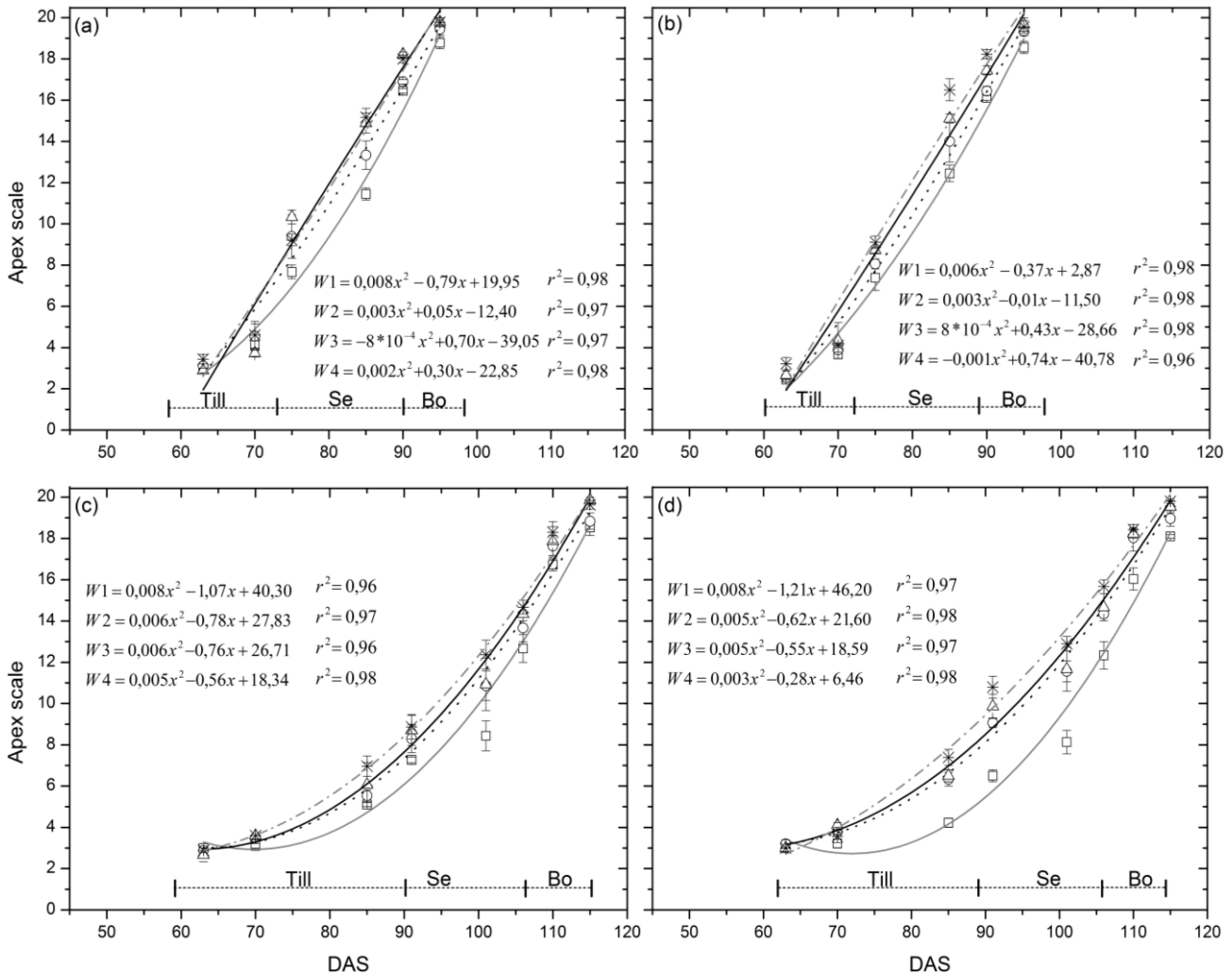


**Διάγραμμα 3.5.1α.** Η γενική πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου.



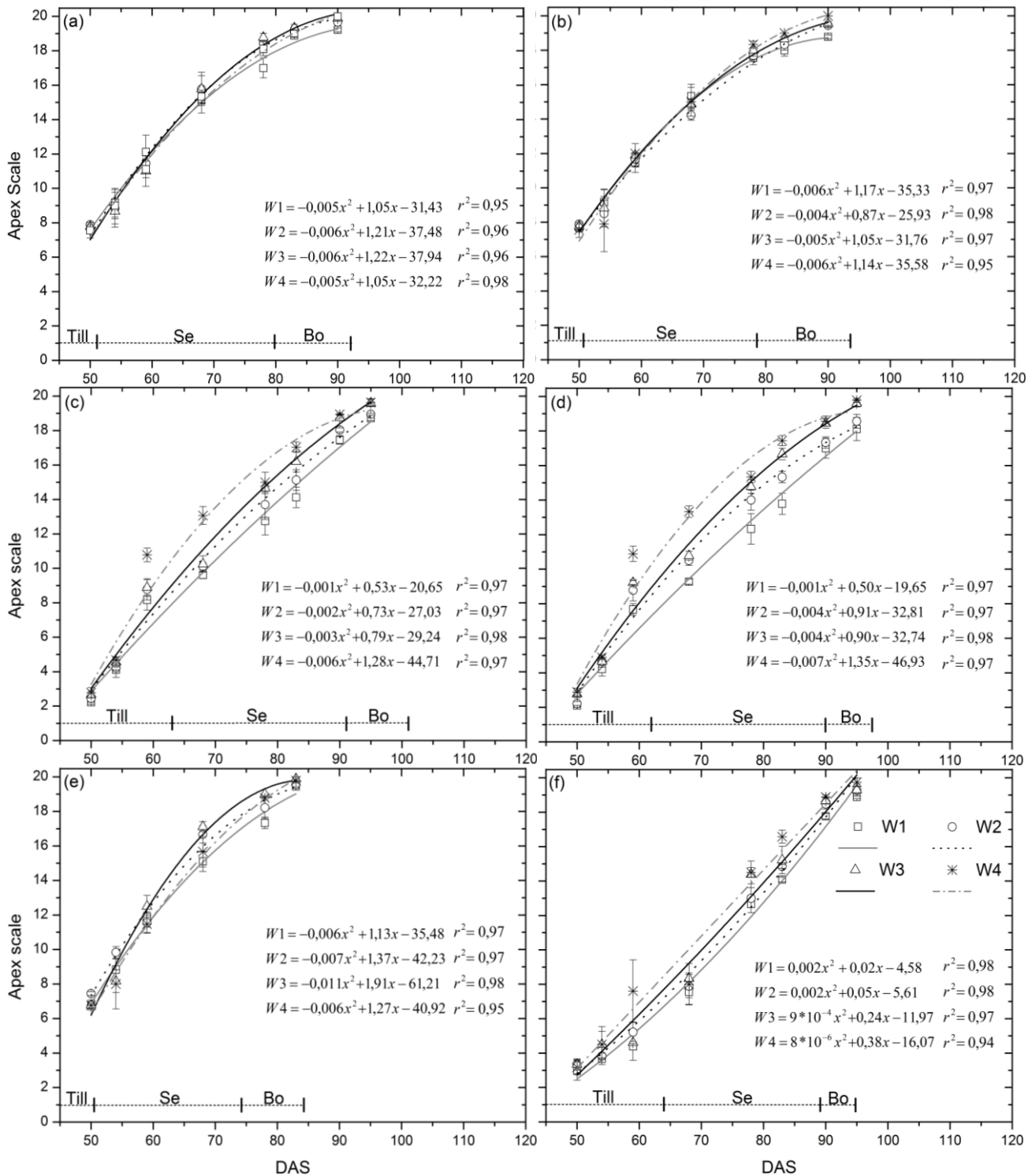


**Διάγραμμα 3.5.1β.** Η γενική πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου.



**Διάγραμμα 3.5.2α.** Η πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

από το φυσικό πληθυσμό «Κοντοπούλι 17». Το ίδιο έτος και στην αντίστοιχη μεταχείριση του νερού η εμπορική ποικιλία «Μεξικάλι 81» με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους φυσικούς πληθυσμούς, όχι όμως και από την εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης», χρειάστηκε μόλις 64 ημέρες για να φτάσει στο στάδιο της διπλής πλευράς (πίνακας 3.5.1). Παρόμοια διάρκεια (65 ημέρες) μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς παρουσίασαν οι πληθυσμοί στη μεταχείριση W4.



**Διάγραμμα 3.5.2β.** Η πορεία μορφογένεσης της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι καμπύλες έχουν προκύψει από την εισαγωγή των δεδομένων σε πολυωνμικές εξισώσεις δευτέρου βαθμού. Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

**Πίνακας 3.5.1.** Η επίδραση των μεταχειρίσεων του νερού στη διάρκεια από τη σπορά μέχρι το στάδιο της διπλής πλευράς (DR), το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) και το στάδιο των πράσινων στημώνων (GA).

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	DR			
	ημέρες από σπορά			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	72±1.6Aa	67±2.2Ba	68±4.4BAa	65±1.0Ba
Ντόπια Ηρακλείου 184	78±1.2Ab	62±1.1Bb	63±0.9Bb	65±0.4Ba
Παπαδάκης	65±0.2Ac	65±0.1Aab	65±0.7Aab	64±0.1Aa
Μεξικάλι 81	64±0.7Ac	64±0.7Aab	65±0.2Aab	64±0.6Aa
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	50±0.9	50±0.8	50±0.3	50±0.4
Ντόπια Ηρακλείου 184	50±0.8	50±0.3	50±0.4	49±0.3
Παπαδάκης	42±1.0	41±0.7	42±0.8	43±0.9
Μεξικάλι 81	41±1.3	43±0.8	43±0.7	42±1.8
Σέλας	43±1.0	43±1.0	46±0.4	44±2.4
Simeto	52±1.8	50±0.6	51±0.8	49±2.8
	TS			
	ημέρες από σπορά			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	95±1.0Aa	92±1.3Ba	91±2.5BCa	89±1.4Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	97±0.6Aa	90±0.6Ba	88±1.2BCa	86±1.0Cb
Παπαδάκης	77±0.5Ab	76±0.2ABb	74±0.5Bb	73±0.0Bc
Μεξικάλι 81	77±0.6Ab	75±1.5ABb	73±0.5Bb	73±0.4Bc
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	63±0.9Aa	62±0.4ABa	61±0.7Ba	58±0.2Ca
Ντόπια Ηρακλείου 184	64±0.5Aa	61±0.1Ba	60±0.2BCa	58±0.1Ca
Παπαδάκης	51±0.6Ab	51±0.7Ab	51±1.0Ab	52±0.7Ab
Μεξικάλι 81	51±0.1Ab	51±0.6Ab	52±0.6Ab	51±0.6Ab
Σέλας	52±0.5Ab	51±0.4Ab	52±0.3Ab	53±0.7Ab
Simeto	68±1.6Ac	66±0.9ABc	65±1.5BCc	63±2.1Cc

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) στα πειραματικά έτη, όπου οι τιμές των μέσων δε συνοδεύονται από γράμματα

Στο δεύτερο πειραματικό έτος και σε αντίθεση με το πρώτο, δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων του νερού στο στάδιο της διπλής πλευράς. Ειδικά στις εμπορικές ποικιλίες ούτε και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου δεν παρατήθηκε στο δεύτερο πειραματικό έτος διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα 3.5.2α και 3.5.2β, καθώς και στον πίνακα 3.5.1, η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων του νερού ξεκινά το πρώτο πειραματικό έτος περίπου στο στάδιο της διπλής πλευράς για τους φυσικούς πληθυσμούς και λίγο πριν το

στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (στάδιο 8 της προτεινόμενης κλίμακας) για τις εμπορικές ποικιλίες. Το δεύτερο έτος η διαφοροποίηση μεταξύ των επεμβάσεων του νερού ξεκίνησε αργότερα και συγκεκριμένα λίγο πριν το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου για τους φυσικούς πληθυσμούς και την ιταλική ποικιλία «Simeto», λίγο αργότερα για την ποικιλία «Σέλας» και αρκετά αργότερα (μετά το στάδιο 15 της προτεινόμενης κλίμακας) για τις ποικιλίες «Μεξικάλι 18» και «Παπαδάκης».

**Πίνακας 3.5.1.** (Συνέχεια).

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	<b>GA</b>			
	— ημέρες από σπορά —			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	117±0.9Aa	116±0.7ABa	115±0.4Ba	115±0.4Ba
Ντόπια Ηρακλείου 184	117±0.4Aa	116±0.6ABa	115±0.7Ba	115±0.1Ba
Παπαδάκης	95±0.9Ab	95±0.1Ab	95±0.1Ab	94±0.3Ab
Μεξικάλι 81	96±0.3Ab	96±0.7Ab	94±0.1Bb	94±0.3Bb
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	101±1.9	101±1.3	97±1.8	98±1.9
Ντόπια Ηρακλείου 184	103±3.2	101±5.2	98±1.9	96±1.3
Παπαδάκης	94±4.3	93±1.1	91±0.0	90±0.6
Μεξικάλι 81	92±0.7	90±0.8	89±1.1	90±1.0
Σέλας	89±1.6	85±1.2	84±0.6	84±0.3
Simeto	96±0.3	95±0.6	95±0.7	94±0.3

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) στα πειραματικά έτη, όπου οι τιμές των μέσων δε συνοδεύονται από γράμματα

Οι φυσικοί πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν από τις ελληνικές εμπορικές ποικιλίες, όχι όμως και από την ιταλική ποικιλία «Simeto», όσον αφορά τη διάρκεια των σταδίων μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. Σε όλες τις περιπτώσεις οι ελληνικές ποικιλίες παρουσίασαν λιγότερη διάρκεια για τα συγκεκριμένα στάδια. Ιδιαίτερα, η ποικιλία «Σέλας» ολοκλήρωσε τη διαδικασία εξέλιξης του εμβρυακού στάχυ πιο γρήγορα απ' όλους τους γονότυπους που μελετήθηκαν το δεύτερο έτος (κατά μέσο όρο σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού χρειάστηκε 95 ημέρες μέχρι και το στάδιο των πράσινων στημόνων). Σημειώνεται όμως ότι και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου η συγκεκριμένη ποικιλία δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες ελληνικές εμπορικές ποικιλίες.

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι το πρώτο πειραματικό έτος η διάρκεια των εξελικτικών σταδίων των εμβρυακών στάξεων μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου ήταν αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με το δεύτερο πειραματικό έτος. Για παράδειγμα, ενώ η διάρκεια από το στάδιο της διπλής πλευράς μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου ήταν κατά μέσο όρο για όλες τις επεμβάσεις του νερού 23.75, 23.25, 10.25 και 10.25 ημέρες για τους γονότυπους «Κοντοπούλι 17», «Ντόπια Ηρακλείου 184», «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81», αντίστοιχα το πρώτο έτος, το δεύτερο έτος οι ίδιες τιμές ήταν κατά σειρά 11, 11, 9.25 και 9 ημέρες.

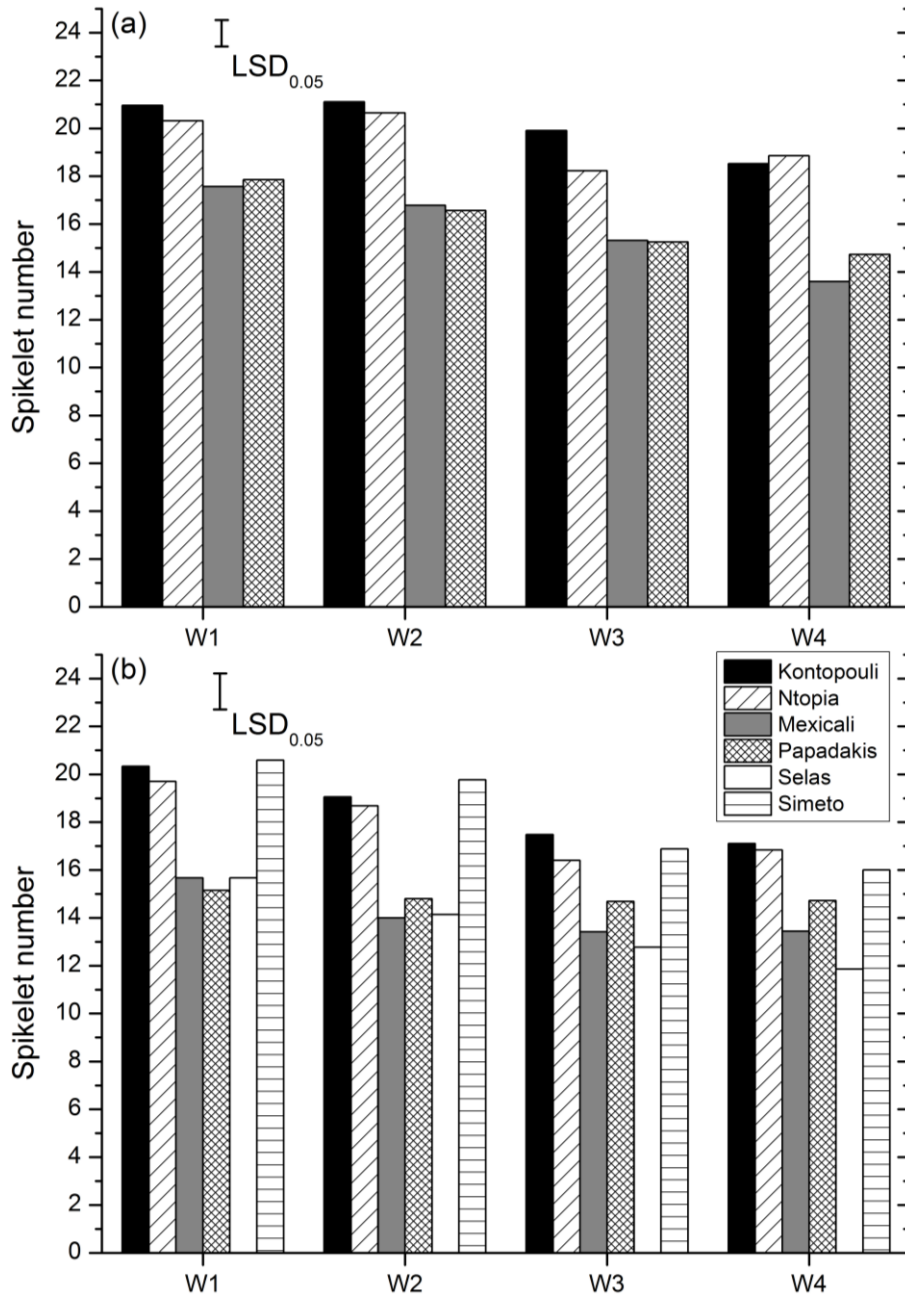
Από το στάδιο όμως σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου και έπειτα η διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης των εμβρυακών στάξεων ήταν αρκετά μεγαλύτερη το δεύτερο πειραματικό έτος. Σε αυτό πιθανώς οφείλεται και η διαφορετική γραφική απεικόνιση της ανάπτυξης μεταξύ των δύο πειραματικών ετών.

### **3.6 Αριθμός σταχυδίων**

Η ποσότητα του διαθέσιμου εδαφικού νερού παρουσίασε σημαντική επίδραση και τις δύο πειραματικές χρονιές στον αριθμό των σταχυδίων που κατάφεραν και σχημάτισαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (πίνακες 25 και 26, παράρτημα). Στο διάγραμμα 3.6.1 παρουσιάζεται αναλυτικά αυτή η επίδραση.

Η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων σε κάθε περίπτωση οδήγησε στη σημαντική μείωση του αριθμού των σταχυδίων που κατάφεραν να σχηματίσουν όλοι ανεξαιρέτως οι γονότυποι του σκληρού σιταριού που μελετήθηκαν. Οι φυσικοί πληθυσμοί διαφοροποιήθηκαν από τις εμπορικές ποικιλίες, καθώς και τα δύο πειραματικά έτη εμφάνισαν μεγαλύτερο αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ειδικότερα, ο φυσικός πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» κατάφερε και σχημάτισε το πρώτο έτος σχεδόν 21 σταχύδια ανά στάχυ όταν υπήρχε επάρκεια νερού (W1), τα οποία όμως μειώθηκαν με στατιστικά σημαντική διαφορά στα 17,1 σταχύδια/στάχυ στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, η άυξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης, όπως αυτή προσομοιάστηκε μεταξύ των μεταχειρίσεων W1-W4, προκάλεσε μείωση στον αριθμό των σχηματιζόμενων σταχυδίων η οποία προσέγγισε το 11,63%. Η αντίστοιχη μείωση για το φυσικό πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» ήταν 7,19%, ενώ στις εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» έφτασε το 22,58 και 17,45%, αντίστοιχα. Οι εμπορικές ποικιλίες σχημάτισαν κατά μέσο όρο το πρώτο πειραματικό έτος 17,7 σταχύδια ανά στάχυ στη μεταχείριση W1, 16,67 στη W2, 15,28 στη W3 και 14,17 στη μεταχείριση W4.

Σημειώνεται ότι σε καμία από τις μεταχειρίσεις του νερού δε σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών και αντίστοιχα μεταξύ των φυσικών πληθυσμών. Εξάιρεση αποτέλεσε η μεταχείριση W3 για τους φυσικούς πληθυσμούς.



**Διάγραμμα 3.6.1.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ του κεντρικού στελέχους, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Spikelet number: αριθμός σταχυδίων.

Το δεύτερο πειραματικό έτος ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ που καταγράφηκε ήταν μικρότερος σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού και για όλους τους γονότυπους που

μελετήθηκαν, σε σχέση με το πρώτο έτος. Αυτή η μείωση προσέγγισε κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους το 7,98% στη μεταχείριση W1, 11,62 στη W2, 9,59 στη W3 και το 4,89% στη μεταχείριση W4. Οι φυσικοί πληθυσμοί με ένα εύρος τιμών κατά μέσο όρο από 20,01 έως 16,97 σταχύδια ανά στάχυ στις μεταχειρίσεις W1-W4, ήταν και τη δεύτερη χρονιά πιο παραγωγικοί με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ελληνικές εμπορικές ποικιλίες, όχι όμως και από την ιταλική ποικιλία «Simeto». Η συγκεκριμένη ποικιλία μαζί με την ελληνική ποικιλία «Σέλας» παρουσίασαν τη μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ από τη μεταχείριση W1 στην οποία υπήρχε επάρκεια νερού, προς τη μεταχείριση W4 όπου η διαθέσιμη εδαφική υγρασία ήταν η λιγότερη. Από τα 15,66 σταχύδια ανά στάχυ στην επέμβαση W1 η ποικιλία «Σέλας» σχημάτισε μόλις 11,86 σταχύδια ανά στάχυ στην επέμβαση W4 και το οποίο αντιστοιχεί σε μια μείωση της τάξης του 24,28%, η οποία ήταν και η μεγαλύτερη μείωση που παρατηρήθηκε το δεύτερο πειραματικό έτος. Η δεύτερη πιο μεγάλη μείωση στον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ με 22,25% παρατηρήθηκε στην ιταλική ποικιλία «Simeto» και η μικρότερη με 2,85% στην ελληνική ποικιλία «Παπαδάκης». Η αντίστοιχη μείωση στους φυσικούς πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς και στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» ήταν κατά σειρά 15,89, 14,5 και 14,20%.

**Πίνακας 3.6.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
			1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)
Κοντοπούλι 17	25.37	5.57	43.70*
Ντόπια Ηρακλείου 184	23.58	4.36	24.10ns
Μεξικάλι 81	21.62	8.97	7.95ns
Παπαδάκης	21.52	8.47	11.072ns
			2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)
Κοντοπούλι 17	33.00	10.92	56.06**
Ντόπια Ηρακλείου 184	27.76	7.59	32.29ns
Μεξικάλι 81	18.16	3.92	19.65ns
Παπαδάκης	16.57	1.59	1.82ns
Σέλας	19.84	5.98	71.43***
Simeto	36.13	15.28	55.36**

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.



Οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» καθώς και ο φυσικός πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» ήταν οι μοναδικοί γονότυποι απ' όσους εξετάστηκαν που εμφάνισαν γραμμική σχέση μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ και της ολικής υδατικής καταπόνησης που υπέστησαν μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου, όπως αυτή εκφράστηκε μέσω του δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{TS}}$  (πίνακας 3.6.1). Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ επηρεάστηκε σημαντικά από την ποσότητα του νερού που ήταν διαθέσιμη για τα φυτά, η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων και του δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{TS}}$  δεν ήταν σημαντική.

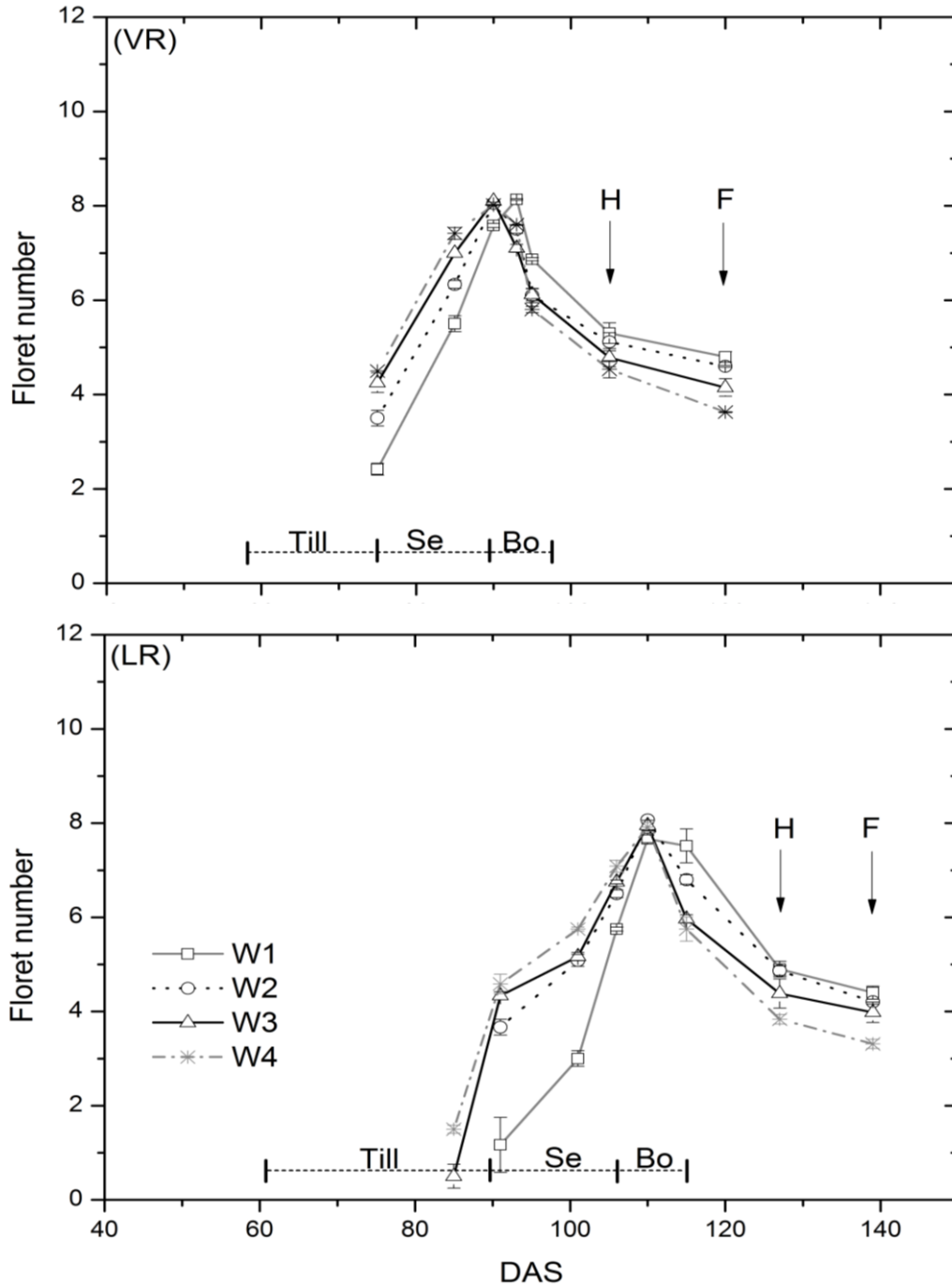
### 3.7 Ρυθμός εμφάνισης ανθέων

Στα διαγράμματα 3.7.1 (α και β) παρουσιάζεται η γενική πορεία των ανθέων ανά σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια του κεντρικού στελέχους, των εγχώριων πληθυσμών και των ποικιλιών του σκληρού σιταριού στις δύο πειραματικές περιόδους. Αντίστοιχα, στα διαγράμματα 3.7.2 (α και β) παρουσιάζονται οι επιμέρους πορείες για κάθε πληθυσμό και ποικιλία που μελετήθηκαν.

Σε όλες τις περιπτώσεις η έναρξη της διαφοροποίησης στα μεσαία σταχύδια του σκληρού σιταριού άρχισε ουσιαστικά από το τέλος του αδελφώματος έως και την έναρξη του σταδίου του καλαμώματος. Η πορεία των ανθέων διαχωρίστηκε σε δύο διακριτές φάσεις, όπου η μεν πρώτη περιελάμβανε το σχηματισμό και την εμφάνιση νέων ανθέων και η δεύτερη τον εκφυλισμό τους. Το τέλος της πρώτης φάσης ολοκληρώθηκε με την επίτευξη του μέγιστου αριθμού ανθέων που μπόρεσαν να διαφοροποιηθούν ή διαφορετικά με την πάυση της διαδικασίας διαφοροποίησης νέων ανθέων και η οποία τοποθετήθηκε στο τέλος του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. Τονίζεται ότι στο συγκεκριμένο χρονικά σημείο, ως γόνιμα θεωρήθηκαν όσα άνθη είχαν αναπτύξει πράσινους στήμονες, καθώς και τα άνθη που είχαν καταφέρει να φτάσουν στο στάδιο των λευκών ανθήρων, όπως αυτό περιγράφεται από τους Kirby και Appleyard (1981).

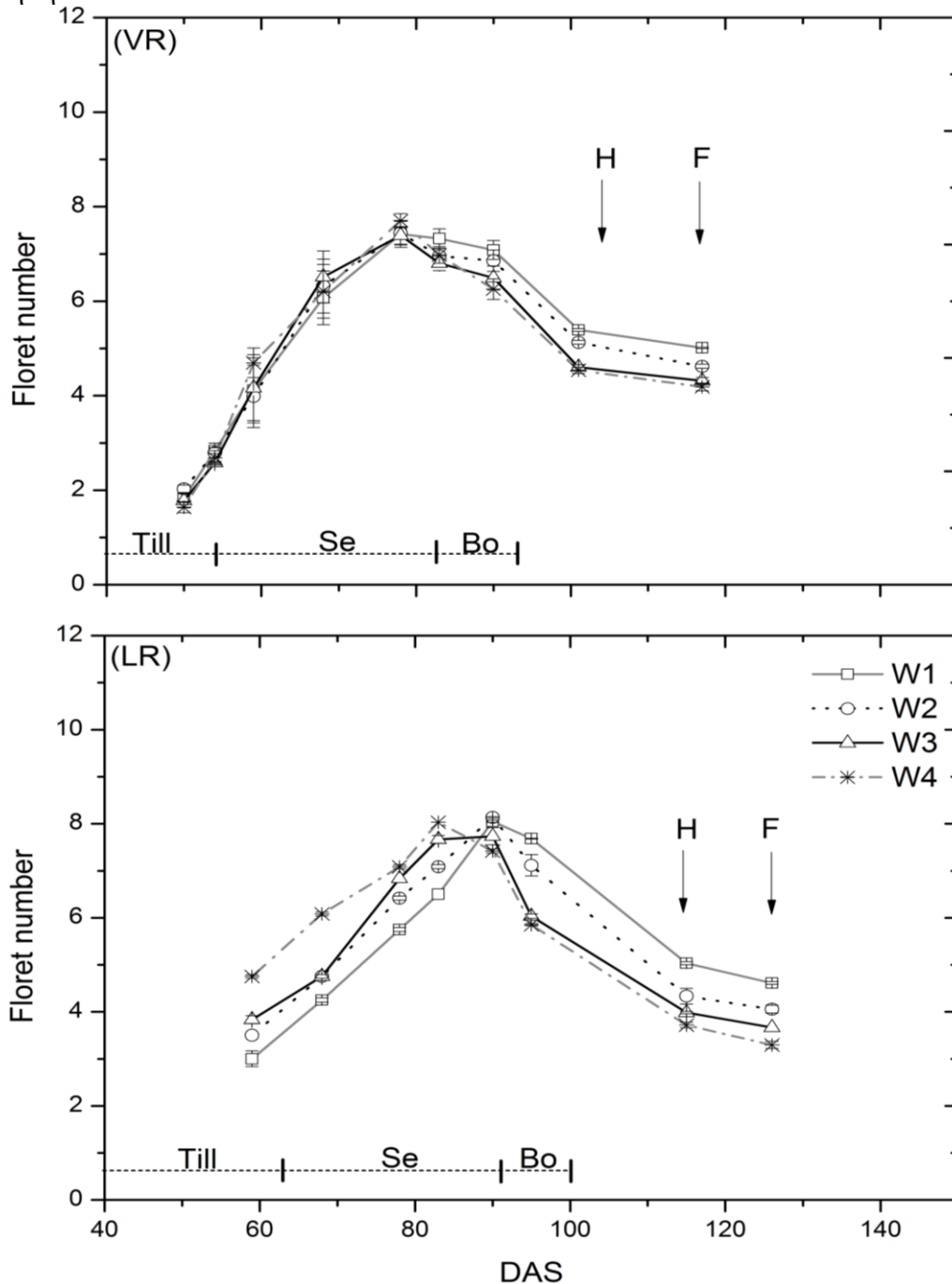
Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης ήταν ευδιάκριτη όσον αφορά την πορεία εμφάνισης αλλά και του εκφυλισμού των ανθέων στα μεσαία σταχύδια του κεντρικού στελέχους, τόσο των εγχώριων πληθυσμών, όσο και των εμπορικών ποικιλιών του σκληρού σιταριού (διαγράμματα 3.7.1. και 3.7.2). Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο πειραματικό έτος οι εμπορικές ποικιλίες, κατά μέσο όρο, από τις 75 ημέρες από τη σπορά είχαν ήδη σχηματίσει 2,41 άνθη/σταχύδιο όταν υπήρχε επάρκεια νερού και 4,50 άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση με τα μικρότερα ποσοστά εδαφικής υγρασίας. Οι εγχώριοι πληθυσμοί χρειάστηκαν

περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στο ίδιο σημείο με τις εμπορικές ποικιλίες. Στις 91 ημέρες από τη σπορά, κατά μέσο όρο, είχαν σχηματίσει 1,16 άνθη/σταχύδιο όταν υπήρχε επάρκεια νερού και 4,58 άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση που τα φυτά είχαν βιώσει το μεγαλύτερο βαθμό υδατικής καταπόνησης (διάγραμμα 3.7.1α).

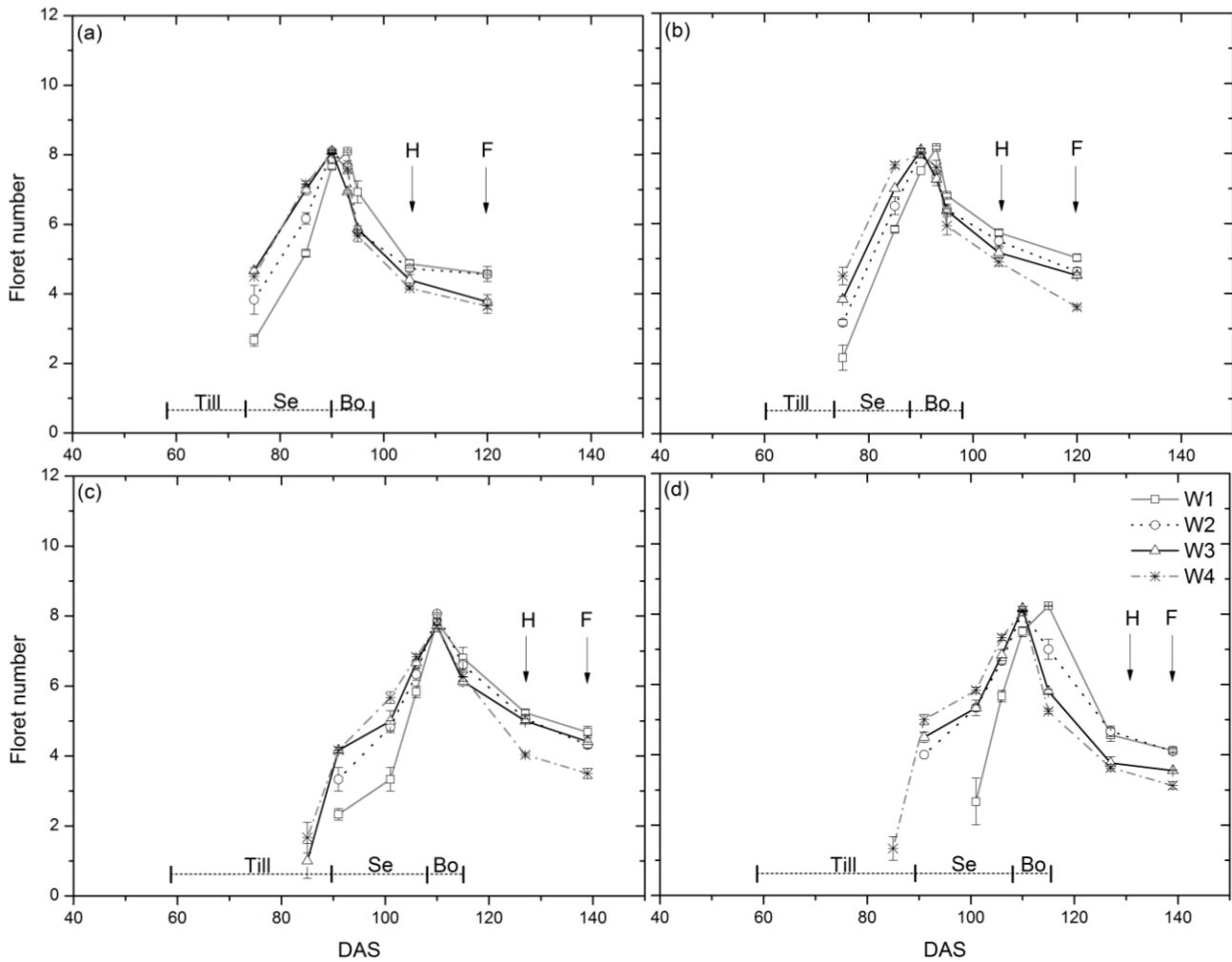


**Διάγραμμα 3.7.1α.** Η γενική πορεία των ανθέων/σταχύδια που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό

σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχυασμα, F: άνθηση.

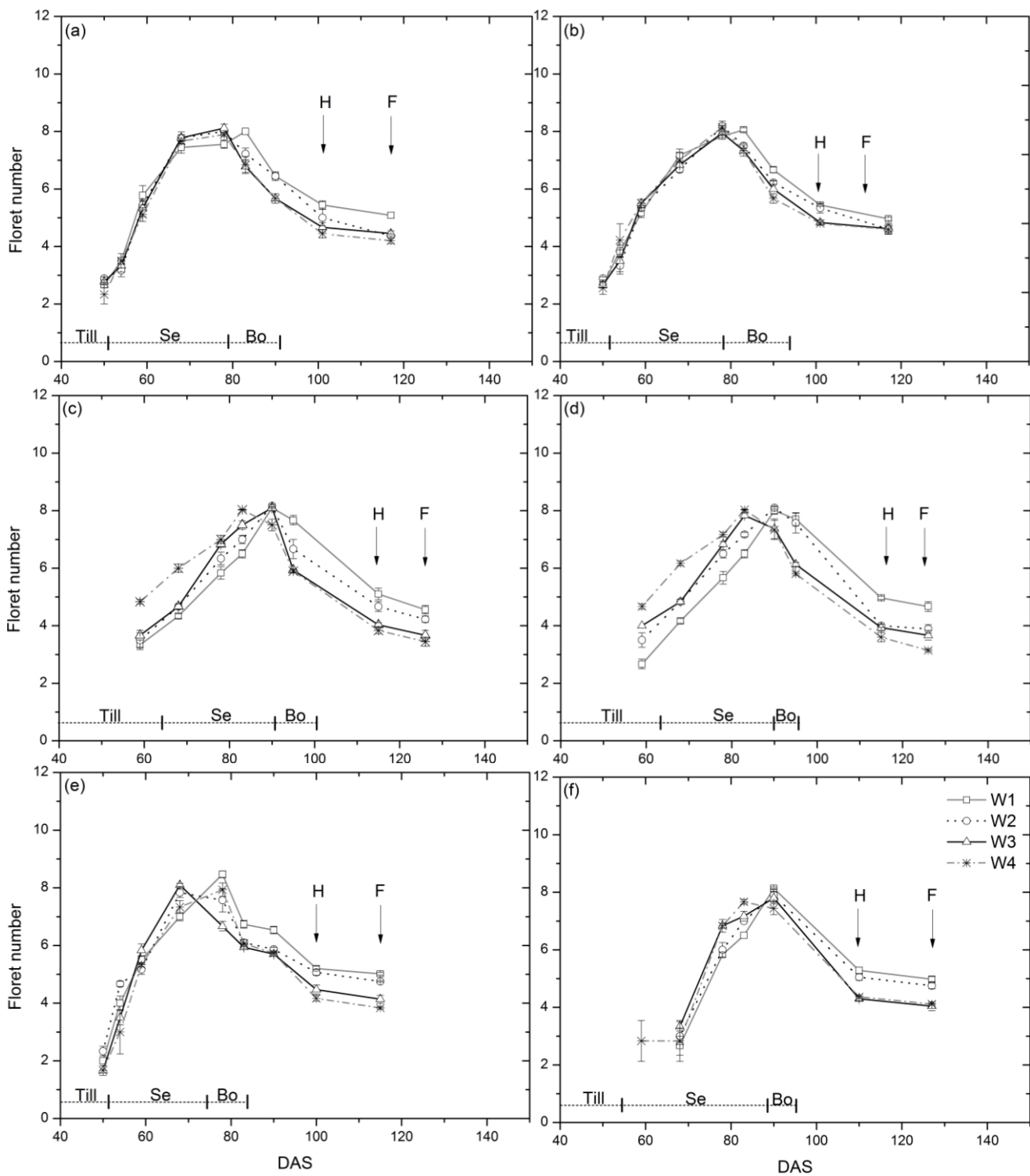


**Διάγραμμα 3.7.1β.** Η γενική πορεία των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους (μέση τιμή) των ποικιλιών (VR) και των εγχώριων πληθυσμών (LR) σκληρού σιταριού κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχυασμα, F: άνθηση.



**Διάγραμμα 3.7.2α.** Η επιμέρους πορείες των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Παρουσιάζεται επίσης η σχετική διάρκεια των φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης, όπου Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχιασμα, F: άνθηση, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184.

Η περίοδος διαφοροποίησης νέων ανθέων στις εμπορικές ποικιλίες ολοκληρώθηκε κατά μέσο όρο στις 90 ημέρες από τη σπορά για τις μεταχειρίσεις W2, W3 και W4. Στη μεταχείριση W1 όπου υπήρχε επάρκεια ύδατος χρειάστηκαν ωστόσο 3 ημέρες παραπάνω για να μπορέσει να ολοκληρωθεί. Τονίζεται ότι οι εμπορικές ποικιλίες παρουσίασαν σχεδόν παρόμοια συμπεριφορά. Οι εγχώριοι πληθυσμοί σε αντίθεση με τις εμπορικές ποικιλίες ολοκλήρωσαν τη φάση της διαφοροποίησης των ανθέων τους κατά μέσο όρο στις 110 ημέρες από τη σπορά (διάγραμμα 3.7.1α). Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» η ολοκλήρωση της φάσης αυτής χρειάστηκε περισσότερο χρόνο (115 ημέρες από τη



**Διάγραμμα 3.7.2β.** Η επιμέρους πορείες των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας του κεντρικού στελέχους των ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών σκληρού σιταριού κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Till: αδελφωμα, Se: καλάμωμα και Bo: στάδιο διόγκωσης κολεού. DAS: ημέρες από τη σπορά, W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης. Οι κατακόρυφες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων. Apex scale: προτεινόμενη κλίμακα εκτίμησης της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ. Floret number: αριθμός γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, H: ξεστάχνασμα, F: άνθηση, (a): Μεζικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto.

**Πίνακας 3.7.1.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο μέσο ρυθμό σχηματισμού και εκφυλισμού ανθέων ανά σταχύδιο των μεσαίων σταχυδίων του κεντρικού στελέχους.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	Ρυθμός σχηματισμού ανθέων			
	άνθη / ημέρα			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	0,28±0,020	0,25±0,033	0,21±0,008	0,22±0,014
Ντόπια Ηρακλείου 184	0,32±0,017	0,21±0,002	0,19±0,010	0,20±0,021
Παπαδάκης	0,30±0,040	0,27±0,009	0,24±0,015	0,19±0,028
Μεξικάλι 81	0,28±0,016	0,24±0,041	0,19±0,012	0,20±0,002
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	0,19±0,025Aa	0,19±0,005Aa	0,18±0,071Aa	0,15±0,027Aa
Ντόπια Ηρακλείου 184	0,20±0,037Aa	0,18±0,029Aa	0,17±0,039Aa	0,14±0,042Aa
Παπαδάκης	0,19±0,003Aa	0,20±0,004Aab	0,20±0,054Aab	0,23±0,066Ab
Μεξικάλι 81	0,21±0,017Aa	0,21±0,019Aabc	0,23±0,020Aab	0,26±0,043Ab
Σέλας	0,23±0,023Aa	0,26±0,053Abc	0,36±0,052Bc	0,28±0,029Ab
Simeto	0,25±0,036Aa	0,28±0,033Ac	0,24±0,014Ab	0,12±0,039Ba
	Ρυθμός εκφυλισμού ανθέων			
	άνθη / ημέρα			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	0,11±0,014	0,12±0,018	0,11±0,014	0,14±0,026
Ντόπια Ηρακλείου 184	0,14±0,022	0,13±0,008	0,15±0,010	0,16±0,005
Παπαδάκης	0,09±0,019	0,10±0,021	0,09±0,021	0,10±0,001
Μεξικάλι 81	0,11±0,030	0,14±0,020	0,16±0,019	0,18±0,023
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	0,09±0,002	0,11±0,014	0,12±0,019	0,12±0,019
Ντόπια Ηρακλείου 184	0,10±0,015	0,14±0,017	0,12±0,014	0,14±0,032
Παπαδάκης	0,09±0,018	0,10±0,014	0,09±0,018	0,10±0,019
Μεξικάλι 81	0,07±0,019	0,08±0,039	0,09±0,017	0,09±0,018
Σέλας	0,09±0,002	0,09±0,015	0,08±0,020	0,11±0,019
Simeto	0,08±0,017	0,08±0,031	0,09±0,022	0,09±0,029

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) στα πειραματικά έτη, όπου οι τιμές των μέσων δε συνοδεύονται από γράμματα.

σπορά) όταν υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας, ενώ παράλληλα μεταξύ των υπόλοιπων επεμβάσεων του νερού δεν υπήρξε διαφοροποίηση. Αντιθέτως, στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» καμία από τις επεμβάσεις του νερού δεν παρουσίασε διαφοροποίηση, όσον αφορά το χρόνο που απαιτήθηκε για να ολοκληρωθεί η φάση διαφοροποίησης νέων ανθέων (διάγραμμα 3.7.2α).

Το δεύτερο πειραματικό έτος παρουσιάστηκαν ορισμένες διαφορές σε σχέση με το πρώτο. Καταρχήν η διαδικασία διαφοροποίησης νέων ανθέων ξεκίνησε για όλους ανεξαιρέτως τους γονότυπους νωρίτερα σε σχέση με το πρώτο έτος. Πιο συγκεκριμένα, οι

εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι, 81», «Παπαδάκης» και «Σέλας» μόλις στις 50 ημέρες από τη σπορά είχαν σχηματίσει κατά μέσο όρο 2,44 άνθη/σταχύδιο στην επέμβαση W1, 2,70 στην W2, 2,37 στην W3 και 2,18 άνθη/σταχύδιο στην επέμβαση W4. Εκτός των άλλων παρατηρήθηκε ότι μεταξύ των επεμβάσεων του νερού δε δημιουργήθηκαν ουσιαστικές διαφορές μέχρι και λίγο πριν την ολοκλήρωση της φάσης διαφοροποίησης των ανθέων (διάγραμμα 3.7.2β).

Οι εγχώριοι πληθυσμοί χρειάστηκαν και πάλι περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στο ίδιο σημείο με τις εμπορικές ποικιλίες. Στις 59 ημέρες από τη σπορά, κατά μέσο όρο, είχαν σχηματίσει 3,00 άνθη/σταχύδιο όταν υπήρχε επάρκεια νερού και 4,75 άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση που τα φυτά είχαν βιώσει το μεγαλύτερο βαθμό υδατικής καταπόνησης (διάγραμμα 3.7.2β). Η ιταλική ποικιλία «Simeto» χρειάστηκε ακόμη περισσότερο χρόνο σε σχέση με τους ελληνικούς γονότυπους (ποικιλίες + εγχώριοι πληθυσμοί). Ειδικότερα στις 68 ημέρες από τη σπορά είχε σχηματίσει 2,66 άνθη/σταχύδιο στην επέμβαση W1, 3,00 στην W2, 3,33 στην W3 και 2,83 άνθη/σταχύδιο στην επέμβαση W4 (διάγραμμα 3.7.2β). Τόσο στην ιταλική ποικιλία «Simeto», όσο και στους εγχώριους πληθυσμούς του σκληρού σιταριού υπήρξε σαφής διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού, σ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας σχηματισμού και εκφυλισμού των ανθέων, στα μεσαία σταχύδια του κεντρικού στελέχους (διάγραμμα 3.7.2β).

Όσον αφορά το χρονικό σημείο στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ολοκλήρωση του σταδίου της διαφοροποίησης νέων ανθέων, παρουσιάστηκαν αρκετές αποκλίσεις μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού. Οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» συμπεριφέρθηκαν με όμοιο τρόπο, καθώς και οι δύο σταμάτησαν να διαφοροποιούν νέα άνθη στις 78 ημέρες από τη σπορά για τις μεταχειρίσεις W2-W4 και στις 83 ημέρες από τη σπορά στη μεταχείριση W1. Ο γονότυπος που ολοκλήρωσε πιο γρήγορα τη φάση διαφοροποίησης νέων ανθέων ήταν η ποικιλία «Σέλας» στη μεταχείριση W3 (68 ημέρες από τη σπορά). Από την άλλη πλευρά οι εγχώριοι πληθυσμοί αλλά και η ιταλική ποικιλία «Simeto» δαπάνησαν περισσότερο χρόνο για τη διαφοροποίηση νέων ανθέων, η οποία ολοκληρώθηκε στις 83 ημέρες από τη σπορά για τις μεταχειρίσεις που υπήρχε ανεπάρκεια εδαφικής υγρασίας και στις 90 ημέρες από τη σπορά για τις μεταχειρίσεις που τα εδαφικά αποθέματα σε νερό ήταν περισσότερα.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να ειπωθεί ότι η επάρκεια του νερού οδήγησε σε επιμήκυνση της φάσης διαφοροποίησης νέων ανθέων ή διαφορετικά η ανεπάρκεια σε εδαφική υγρασία προκάλεσε μείωση στη διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης.

Η επίδραση των μεταχειρίσεων του νερού στο μέσο ρυθμό σχηματισμού νέων ανθέων / σταχύδιο των κεντρικών σταχυδίων στους στάχεις των κύριων στελεχών, εμφάνισε αντιφατικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο πειραματικών ετών. Το πρώτο πειραματικό έτος η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων προκάλεσε σημαντική μείωση στο ρυθμό σχηματισμού νέων ανθέων (πίνακας 27, παράρτημα). Ωστόσο, η αλληλεπίδραση του παράγοντα «επίπεδα άρδευσης» με τον παράγοντα «γονότυποι» δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση ANOVA.

Ο ρυθμός σχηματισμού νέων ανθέων το πρώτο έτος κυμάνθηκε από 0,28 άνθη / ημέρα (Κοντοπούλι 17) έως 0.32 άνθη / ημέρα (Ντόπια Ηρακλείου 184) στη μεταχείριση W1 και μειώθηκε από 0.19 άνθη / ημέρα (Παπαδάκης) έως 0.22 άνθη / ημέρα (Κοντοπούλι 17) στη μεταχείριση W4 (πίνακας 3.7.1). Η πτώση του ρυθμού σχηματισμού νέων ανθέων με την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης (μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων W1-W4) προσέγγισε το 21, 37, 36 και 28% αντίστοιχα για τους γονότυπους «Κοντοπούλι 17», «Ντόπια Ηρακλείου 184», «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81».

Το δεύτερο πειραματικό έτος ο ρυθμός σχηματισμού νέων ανθέων παρουσιάστηκε μειωμένος σε σχέση με το πρώτο έτος και επιπλέον οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81», «Παπαδάκης» και «Σέλας» εμφάνισαν αύξηση του συγκεκριμένου ρυθμού με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, χωρίς όμως αυτό να γίνεται με στατιστικά σημαντικό τρόπο. Εξαιρέση αποτέλεσε η ποικιλία «Σέλας» στη μεταχείριση W3 (πίνακας 3.7.1). Οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς και η ιταλική ποικιλία «Simeto» παρουσίασαν μείωση στο ρυθμό σχηματισμού ανθέων με την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μόνη επέμβαση του νερού στην οποία παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ήταν στην ιταλική ποικιλία «Simeto» με 0.12 άνθη / ημέρα η επέμβαση W4 (πίνακας 3.7.1).

Ο μέσος ρυθμός εκφυλισμού των ανθέων / σταχύδιο των κεντρικών σταχυδίων παρουσίασε αύξηση με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων, η οποία πραγματοποιήθηκε με στατιστικά σημαντικό τρόπο (πίνακες 28 και 30, παράρτημα). Κατά μέσο όρο το πρώτο πειραματικό έτος ο ρυθμός εκφυλισμού των ανθέων ήταν 0.11 άνθη / ημέρα στη μεταχείριση W1 και 0.12, 0.13 και 0.14 άνθη / ημέρα αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις W2, W3 και W4. Το δεύτερο έτος καταγράφηκαν κατά μέσο όρο 0.09 άνθη / ημέρα στη μεταχείριση W1 και 0.10, 0.10 και 0.11 άνθη / ημέρα αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις W2, W3 και W4 (πίνακας 3.7.1).

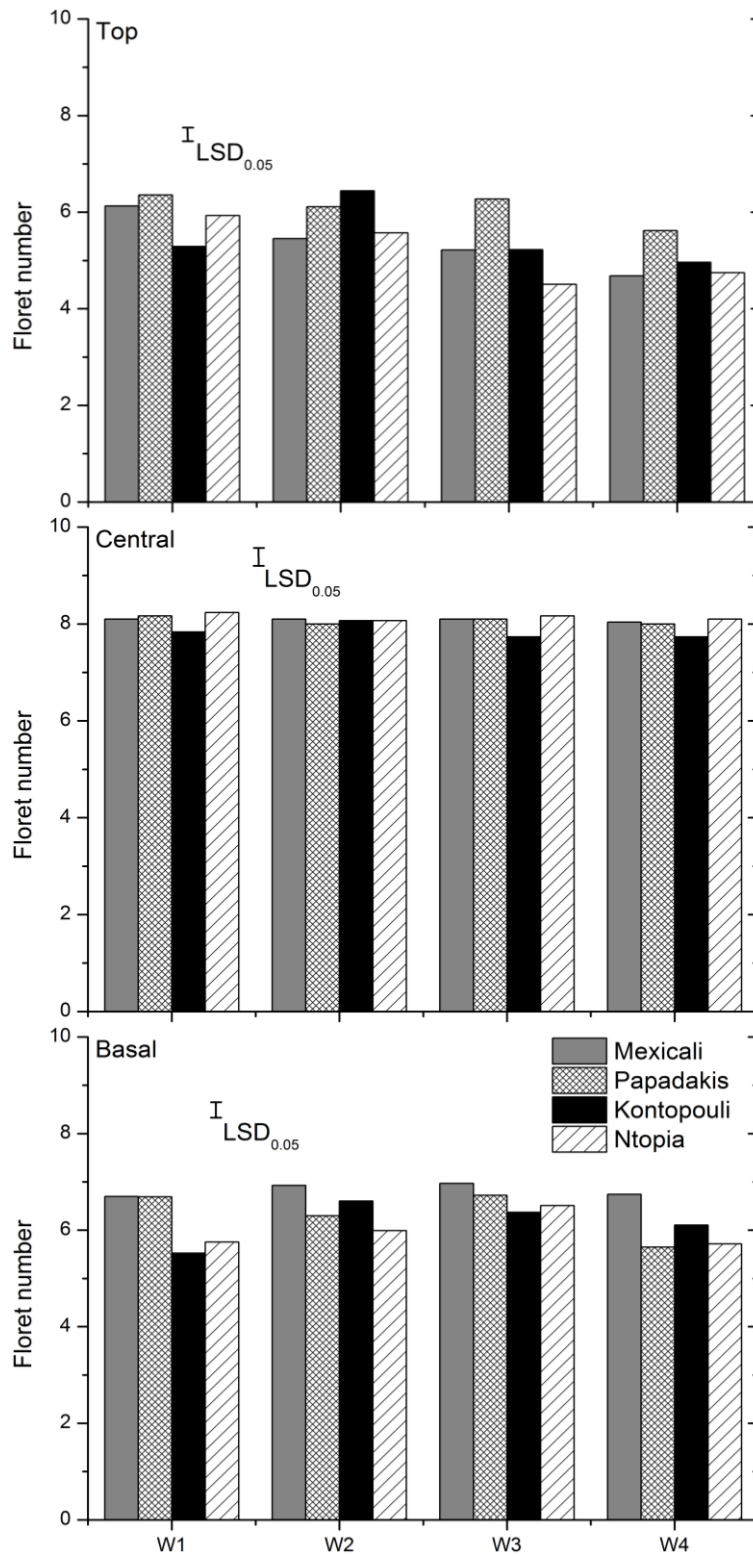


### 3.8 Συνολικός αριθμός ανθέων που διαφοροποιήθηκαν

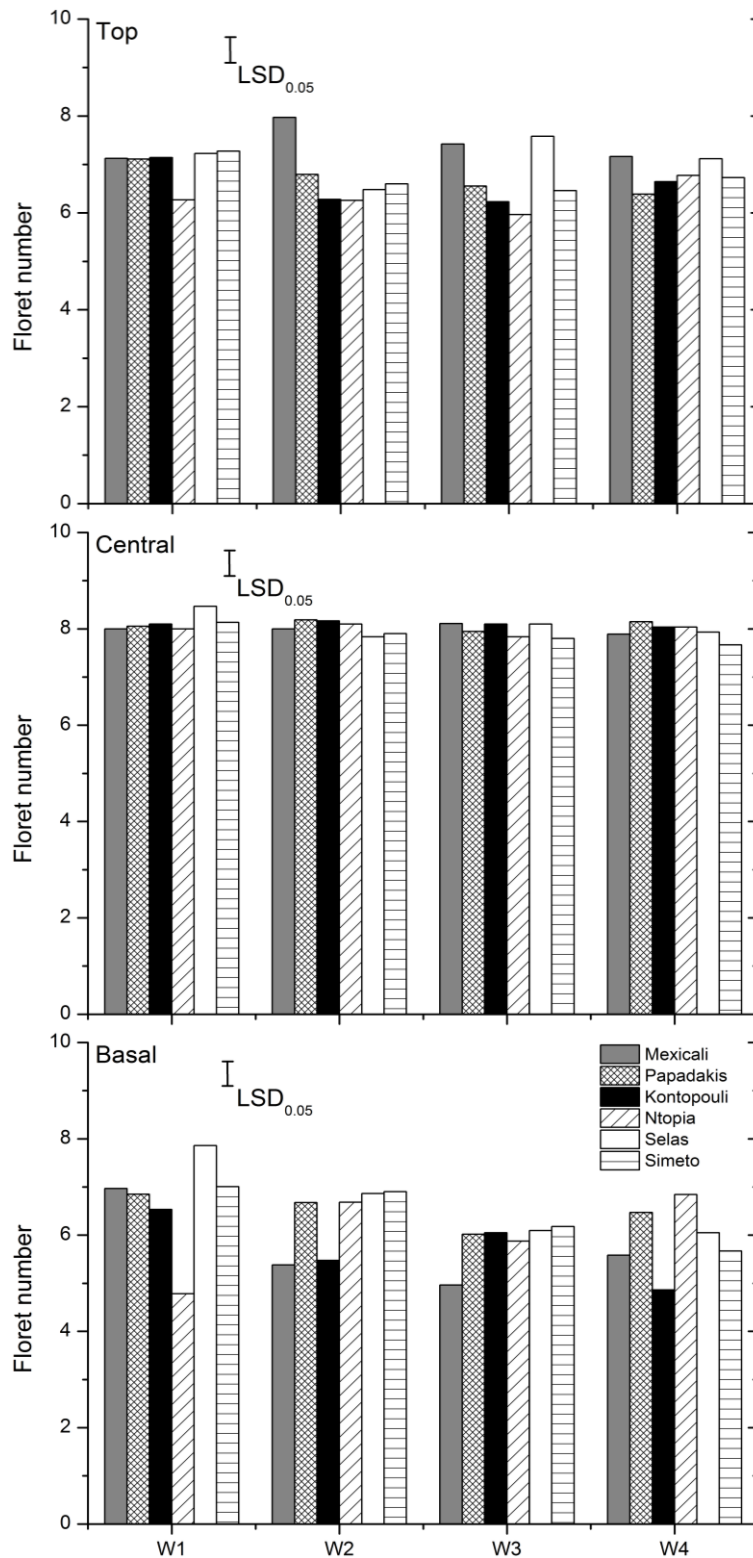
Στα διαγράμματα 3.8.1 και 3.8.2 παρουσιάζεται ο συνολικός αριθμός των ανθέων / σταχύδιο που διαφοροποιήθηκαν στα διαφορετικά σημεία των στάχων που ελήφθησαν από τα κύρια στελέχη. Οι μεταχειρίσεις του νερού σε αντίθεση με την κορυφή και τη βάση των στάχων, δεν παρουσίασαν σημαντική επίδραση στον αριθμό των ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκαν στα μεσαία σταχύδια των στάχων (πίνακες 31 έως 36, παράρτημα). Επίσης, όσον αφορά τα μεσαία σταχύδια δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των γονότυπων που μελετήθηκαν. Κατά μέσο όρο και στα δύο πειραματικά έτη, τόσο εγχώριοι πληθυσμοί, όσο και οι εμπορικές ποικιλίες του σκληρού σιταριού διαφοροποίησαν περίπου 8 άνθη / σταχύδιο στη μέση των στάχων (διαγράμματα 3.8.1 και 3.8.2). Τονίζεται όμως ότι τα άνθη που ξεκινούν να διαφοροποιούνται δεν καταφέρνουν τελικά όλα να ολοκληρώσουν την ανάπτυξή τους.

Σε αντίθεση με το μεσαίο τμήμα των στάχων ο αριθμός των ανθέων που ξεκίνησε να διαφοροποιείται στα σταχύδια, τόσο της βάσης, όσο και της κορυφής, επηρεάστηκε σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του νερού (πίνακες 31 έως 36, παράρτημα). Κατά μέσο όρο η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε στη μείωση του αριθμού των ανθέων που διαφοροποιήθηκαν. Το πρώτο έτος η εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης» διαφοροποίησε τα περισσότερα άνθη/σταχύδιο στην κορυφή του στάχου, με εξαίρεση την επέμβαση W2. Μάλιστα με 6,27 και 5,61 άνθη/σταχύδιο αντίστοιχα στις επεμβάσεις W3 και W4, υπερέιχε στατιστικά σημαντικά από τους εγχώριους πληθυσμούς και την ποικιλία «Μεξικάλι 81» (διάγραμμα 3.8.1). Επίσης, η επίδραση του νερού στον αριθμό των ανθέων που διαφοροποίησε ήταν σημαντική μόνο όταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης γινόταν η μέγιστη (επέμβαση W4). Οι εμπορικές ποικιλίες το πρώτο πειραματικό έτος με εξαίρεση τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» στη μεταχείριση W2, είχαν την τάση να διαφοροποιούν περισσότερα άνθη/σταχύδιο, χωρίς όμως αυτό να συνοδεύεται πάντα από στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τους εγχώριους πληθυσμούς.

Το δεύτερο πειραματικό έτος εκτός ότι η ποικιλία «Παπαδάκης» δε διαφοροποίησε τα περισσότερα άνθη/σταχύδιο στα σταχύδια της κορυφής του στάχου, μιας και της κατέλαβαν τη θέση οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Σέλας», συνολικά οι γονότυποι που μελετήθηκαν διαφοροποίησαν κατά μέσο όρο περισσότερα άνθη/σταχύδιο σε σχέση με το πρώτο έτος. Πιο συγκεκριμένα, στην επέμβαση W1 οι γονότυποι που εξετάστηκαν κατά μέσο όρο διαφοροποίησαν 7,17 άνθη/σταχύδιο, χωρίς να εμφανίζουν μεταξύ τους σημαντικές διαφορές. Εξαίρεση ήταν ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» ο οποίος με 6,26



**Διάγραμμα 3.8.1.** Ο συνολικός αριθμός ανθέων /σταχύδιο που διαφοροποιήθηκαν στην κορυφή (apex), στη μέση (central) και στη βάση (basal) των στάχων από τα κύρια στελέχη κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Floret number: αριθμός ανθέων / σταχύδιο. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης.



**Διάγραμμα 3.8.2.** Ο συνολικός αριθμός ανθέων /σταχύδιο που διαφοροποιήθηκαν στην κορυφή (apex), στη μέση (central) και στη βάση (basal) των στάχων από τα κύρια στελέχη κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Floret number: αριθμός ανθέων / σταχύδιο. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης.

άνθη/σταχύδιο διαφοροποίησε τα λιγότερα άνθη με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους γονότυπους. Από την επέμβαση αυτή και μετά οι ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Simeto» καθώς και ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» εμφάνισαν παρόμοια συμπεριφορά χωρίς να παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (διάγραμμα 3.8.2). Πιο συγκεκριμένα, η ποικιλία «Simeto» καθώς και ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» εμφάνισαν μείωση του αριθμού των ανθέων/σταχύδιο που σχηματίστηκαν στην κορυφή του στάχυ με μία σχετικά μικρή αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης, όπως αυτή προσομοιάστηκε από τη μεταχείριση W2. Ωστόσο, η περαιτέρω μείωση του ποσοστού της εδαφικής υγρασίας δεν προκάλεσε επιπλέον μείωση του αριθμού των ανθέων που σχηματίστηκαν. Το ίδιο περίπου έγινε και με την ποικιλία «Παπαδάκης», μόνο που η μείωση του αριθμού των ανθέων/σταχύδιο που τελικά διαφοροποιήθηκαν έγινε στατιστικά σημαντική από την επέμβαση W3. Από την άλλη πλευρά η ποικιλία «Σέλας» και ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» όχι μόνο δεν επηρεάστηκαν από την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων αλλά διαφοροποίησαν και τα περισσότερα άνθη/σταχύδιο στις επεμβάσεις W3 και W4 αντίστοιχα (διάγραμμα 3.8.2).

Όσον αφορά τον αριθμό των ανθέων/σταχύδιο που τελικά διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο το πρώτο έτος στη βάση των στάχων, φάνηκε ότι με εξαίρεση την ποικιλία «Παπαδάκης» στην επέμβαση W4, οι υπόλοιποι γονότυποι δεν επηρεάστηκαν αρνητικά από την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων (διάγραμμα 3.8.1). Κατά μέσο όρο οι γονότυποι που εξετάστηκαν κατάφεραν να σχηματίσουν 6,16 άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση W1, 6,45 στη W2, 6,64 στη W3 και 6,05 άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση W4. Οι εγχώριοι πληθυσμοί ουσιαστικά σχημάτισαν τα περισσότερα άνθη στις μεταχειρίσεις W2 και W3, στις οποίες μάλιστα ο αριθμός των ανθέων που διαφοροποιήθηκαν διέφερε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον αριθμό των ανθέων που καταγράφηκαν στη μεταχείριση W1. Σημειώνεται όμως ότι η επέμβαση W1 στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο με την επέμβαση W3. Η ποικιλία «Μεξικάλι 81» με μέσο όρο 6,83 ανθέων/σταχύδιο για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, υπερέιχε από τους υπόλοιπους γονότυπους και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές, όταν η διαθέσιμη εδαφική υγρασία γινόταν η ελάχιστη, σύμφωνα με τη συγκεκριμένη πειραματική μεθοδολογία.

Το δεύτερο πειραματικό έτος η επίδραση της έλλειψης του νερού στον αριθμό των ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της βάσης των στάχων ήταν πιο ξεκάθαρη σε σχέση με το πρώτο έτος. Με εξαίρεση την ποικιλία «Παπαδάκης» και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» οι υπόλοιποι γονότυποι

επηρεάστηκαν αρνητικά από την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η περίπτωση του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184» ο οποίος από τα 4,78 άνθη/σταχύδιο που κατάφερε και σχημάτισε στα κατώτερα σταχύδια όταν υπήρχε επάρκεια νερού (W1) έφτασε τα 6,84 άνθη/σταχύδιο όταν η διαθέσιμη εδαφική υγρασία έγινε η ελάχιστη (W4) και μάλιστα η μεταξύ τους διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική (διάγραμμα 3.8.2). Επίσης, η συγκεκριμένη τιμή του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184» στη μεταχείριση W4 ήταν η υψηλότερη που καταγράφηκε μεταξύ των γονότυπων που εξετάστηκαν και επιπλέον διέφερε με στατιστικά σημαντική διαφορά, εκτός όμως από την τιμή που κατέγραψε η ποικιλία «Παπαδάκης»

**Πίνακας 3.8.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των ανθέων/στάχυδιο που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	7,55	1,68	0,18ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	8,78	2,94	0,86***	
Μεξικάλι 81	9,79	3,83	0,61**	
Παπαδάκης	8,05	1,68	0,32ns	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	8,12	1,03	0,10ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	4,68	-1,12	0,14ns	
Μεξικάλι 81	6,72	-0,51	0,02ns	
Παπαδάκης	9,54	2,14	0,30ns	
Σέλας	4,72	-1,77	0,21ns	
Simeto	8,05	0,88	0,09ns	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της διόγκωσης του κολεού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των ανθέων που ξεκίνησε να διαφοροποιείται στα σταχύδια, τόσο της βάσης, όσο και της κορυφής, επηρεάστηκε σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του νερού (πίνακες 31 έως 36, παράρτημα), η γραμμική παλινδρόμησή τους με τον δείκτη WPI<sub>Tillering→Booting</sub> δεν ήταν σημαντική. Η ποικιλία «Μεξικάλι 81» και ο φυσικός πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» ήταν οι μοναδικοί γονότυποι απ' όσους εξετάστηκαν που εμφάνισαν σημαντική γραμμική σχέση μεταξύ του συνολικού αριθμού των ανθέων/στάχυδιο που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων και του δείκτη WPI (πίνακας 3.8.1). Όσον όμως αφορά το συνολικό αριθμό

ανθέων που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της βάσης των στάχων το σύνολο των γονότυπων, με εξαίρεση την ποικιλία «Παπαδάκης», εμφάνισαν το δεύτερο πειραματικό έτος στατιστικά σημαντική γραμμική σχέση με το δείκτη WPI (πίνακας 3.8.2).

**Πίνακας 3.8.2.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των ανθέων/στάχυδιο που διαφοροποιήθηκαν κατά μέσο όρο στα σταχύδια της βάσης των στάχων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
Κοντοπούλι 17	4,73	-1,14	0,12ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	5,47	-0,42	0,06ns
Μεξικάλι 81	6,69	-0,12	0,01ns
Παπαδάκης	8,79	2,09	0,09ns
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)	
Κοντοπούλι 17	11,68	3,96	0,55**
Ντόπια Ηρακλείου 184	-2,34	-5,71	0,63**
Μεξικάλι 81	13,38	5,69	0,55**
Παπαδάκης	9,45	2,22	0,08ns
Σέλας	12,35	4,19	0,54**
Simeto	11,18	3,25	0,65**
$F_a, F_b, r^2$	6,80***	10,43***	0,67***

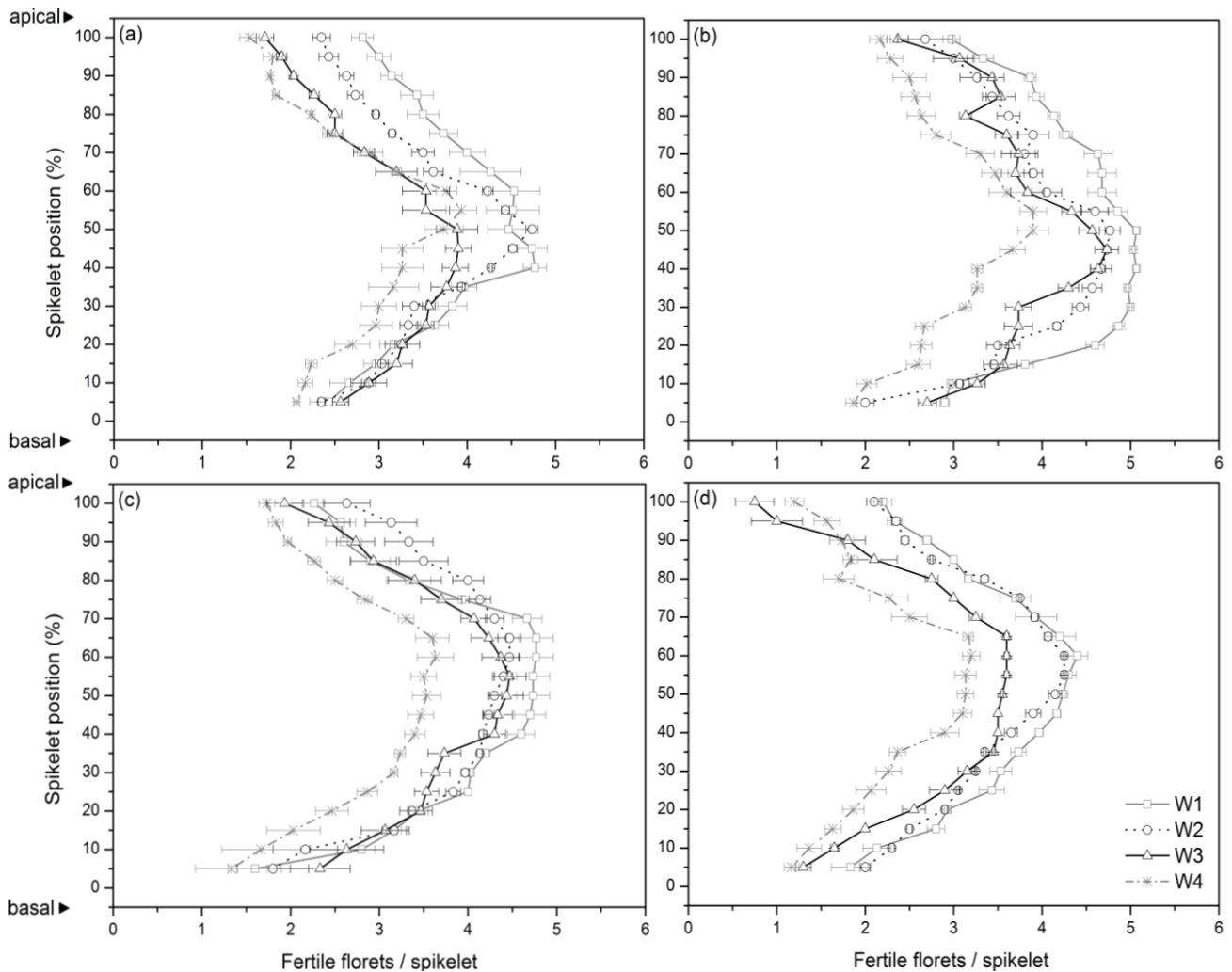
Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της διόγκωσης του κολεού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.9 Γονιμότητα ανθέων κατά το στάδιο της άνθησης

Στα διαγράμματα 3.9.1 και 3.9.2 παρουσιάζεται ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης. Η συγκεκριμένη διαγραμματική απεικόνιση περιλαμβάνει την εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι είχαν προέλθει από κύρια στελέχη. Τονίζεται ότι ως γόνιμα θεωρήθηκαν τα άνθη τα οποία είχαν αναπτύξει πράσινους ή κίτρινους στήμονες και στύλους σε κλίση (στάδιο W10 της κλίμακας των Waddington *et al.*, 1983).

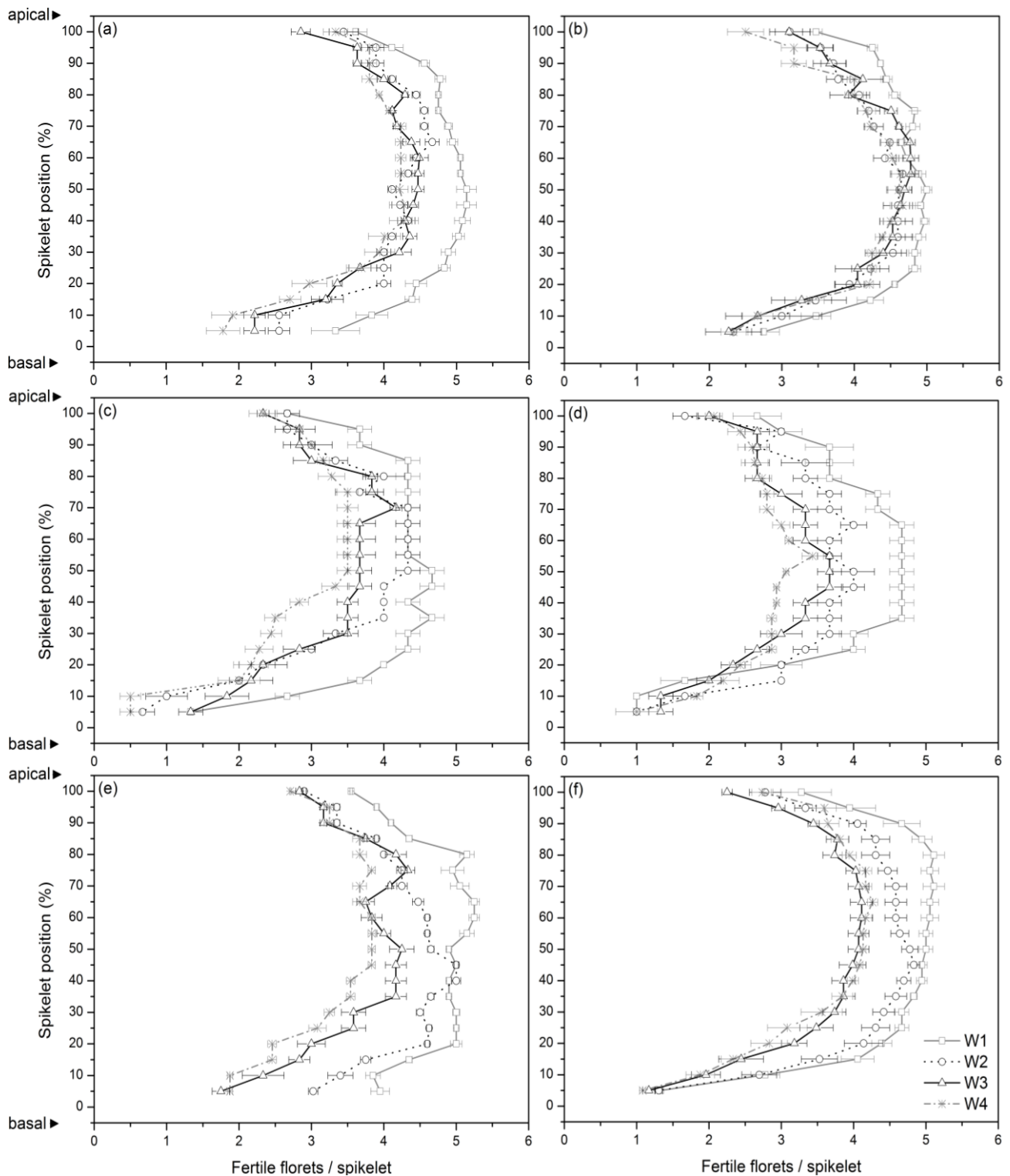
Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση (πίνακες 37-39 και 41-43, παράρτημα) στον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο. Η επίδραση αυτή ήταν σημαντική σε όλα τα σταχύδια κατά μήκος του άξονα της ράχης των στάχων. Σε όλες τις περιπτώσεις η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε σε μείωση των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο. Η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων του νερού ήταν σαφής και τα δύο

πειραματικά έτη (διάγραμμα 3.9.1 και 3.9.2). Μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του (W1-W4) η διαφορά έφτασε το πρώτο πειραματικό έτος, κατά μέσο όρο για όλα τα σταχύδια, το 26,32% και 34,73% αντίστοιχα για τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» και 27,08% και 32,07% αντίστοιχα για τις εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης».



**Διάγραμμα 3.9.1.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάσεων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

Ο τρόπος με τον οποίο επέδρασαν οι μεταχειρίσεις του νερού στον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο μπορεί να εξεταστεί ουσιαστικά από δύο οπτικές γωνίες. Αν ληφθεί



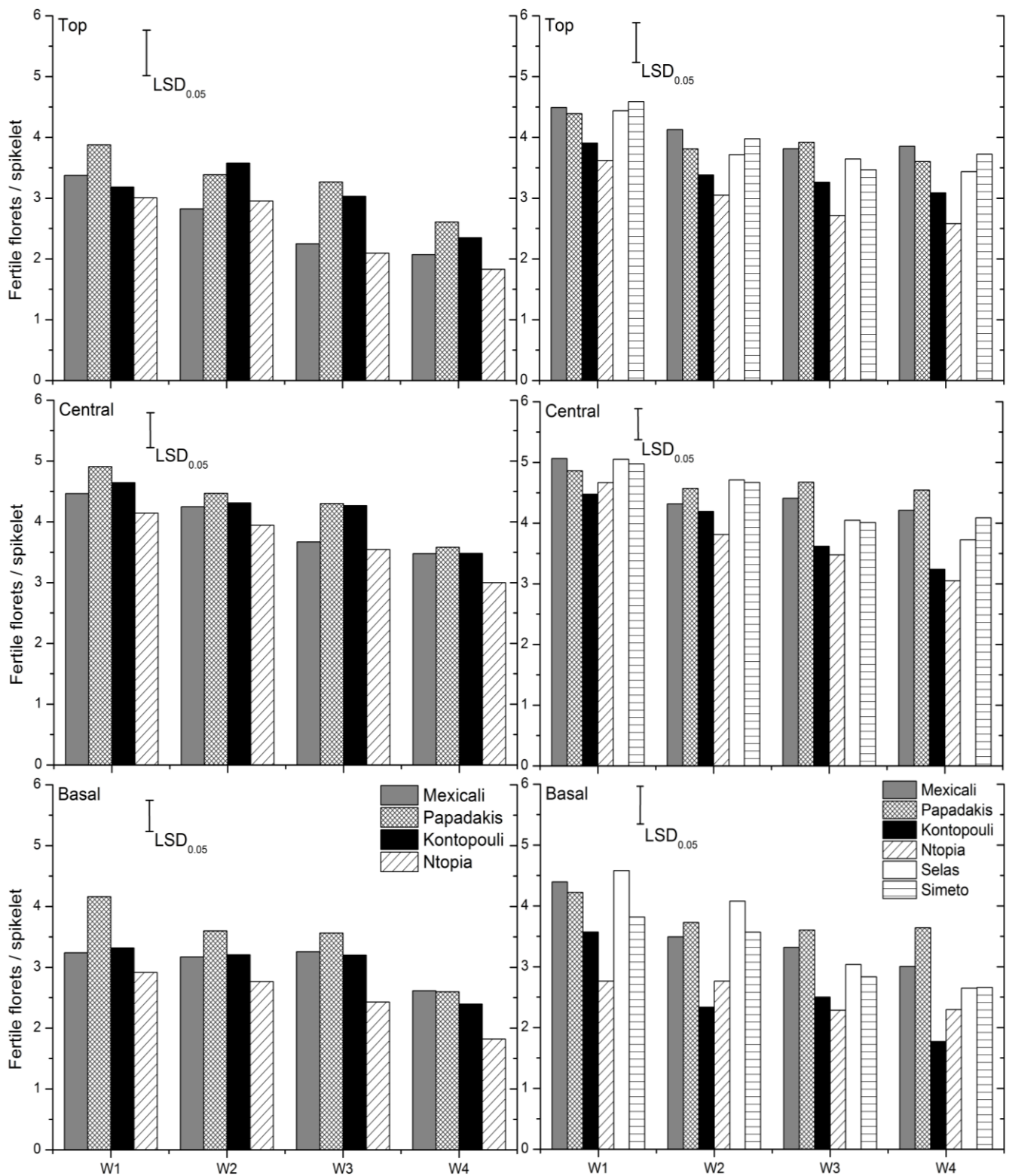
**Διάγραμμα 3.9.2.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



ως μέτρο σύγκρισης το ποσοστό μείωσης των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε μπορεί να ειπωθεί ότι οι πιο έντονες επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης εστιάστηκαν στα ακραία σταχύδια. Για παράδειγμα στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» οι σοβαρότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν κυρίως στα σταχύδια της βάσης των στάξεων με μείωση 40,47%, 35,78%, 28,15% και 28,33% αντίστοιχα στο 10, 15, 20 και 25% του μήκους της ράχης (ως η αρχή του μήκους της ράχης θεωρήθηκε η βάση του στάχου). Ιδιαίτερα υψηλές επιδράσεις παρατηρήθηκαν και στα σταχύδια που εδράζονταν στο 70, 75 και 95% του μήκους της ράχης. Από την άλλη πλευρά, αν ως μέτρο σύγκρισης θεωρηθεί η απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε για το συγκεκριμένο παράδειγμα παρατηρήθηκε ότι οι σημαντικότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν στα μεσαία σταχύδια του στάχου (από το 40% έως το 70% του μήκους της ράχης), με διαφορές που κυμάνθηκαν 1,13 έως 1,36 γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο (διάγραμμα 3.9.1).

Η ποικιλία «Μεξικάλι 81» εμφάνισε τη μεγαλύτερη μείωση το πρώτο πειραματικό έτος στα σταχύδια που εδράζονταν από το 75 έως το 100% του μήκους της ράχης, με το ποσοστό της μείωσης να κυμαίνεται από 34 έως 46 % και την απόλυτη διαφορά από 1,1 έως 1,6 γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο. Στα υπόλοιπα τμήματα του στάχου με εξαίρεση τα σταχύδια που βρίσκονταν στο 40 και 45% του μήκους της ράχης, το ποσοστό της μείωσης κυμάνθηκε από 12,19 έως 27,50%. Η αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης άσκησε έντονη επίδραση, τόσο στα σταχύδια της κορυφής, όσο και της βάσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184». Πιο συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» παρουσιάστηκε με 42,75 και 45,20% στα σταχύδια που βρίσκονταν στο 20 και αντίστοιχα στο 25% του μήκους της ράχης, ενώ η υψηλότερη απόλυτη μείωση από το 20 έως το 40% του μήκους της ράχης, με τιμές που κυμάνθηκαν από 1,7 έως 2,2 γόνιμα άνθη/σταχύδιο. Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης παρουσιάστηκε με 45,45 και 46,31% στα σταχύδια που εδράζονταν στο 80 και στο 100% του μήκους της ράχης και η υψηλότερη απόλυτη μείωση, με τιμές που κυμάνθηκαν από 1,43 έως 1,46 γόνιμα άνθη/σταχύδιο, στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 70 έως το 80% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.9.1).

Το δεύτερο πειραματικό έτος οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης», καθώς και ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την ένταση της υδατικής καταπόνησης που επιτεύχθηκε σε σχέση με το πρώτο έτος. Επιπλέον, στους συγκεκριμένους γονότυπους το υδατικό έλλειμμα παρουσίασε την



**Διάγραμμα 3.9.3.** Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάξεων, στο στάδιο της άνθησης του 1<sup>ου</sup> (αριστερά) και του 2<sup>ου</sup> (δεξιά) πειραματικού έτους. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile florets / spikelet: γόνιμα άνθη / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάξεων.

υψηλότερη επίδραση σε διαφορετικά σημεία των στάξεων σε σχέση με το πρώτο έτος. Ειδικότερα, ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» παρουσίασε το υψηλότερο ποσοστό μείωσης με 37,14 έως 38,57% στα σταχύδια που εδράζονταν από το 35 έως το 45% του μήκους της ράχης. Η μέγιστη απόλυτη διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού για τα συγκεκριμένα σταχύδια κυμάνθηκε από 1,73 έως 1,8 γόνιμα άνθη/σταχύδιο. Στις ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» το υψηλότερο ποσοστό μείωσης παρατηρήθηκε στο 5-15% και στο 90-100% του μήκους της ράχης αντίστοιχα.

Αρκετά έντονη ήταν η επίδραση που ασκήθηκε από την ένταση της υδατικής καταπόνησης στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17», καθώς το ποσοστό της μείωσης των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο δεν έπεσε κάτω από το 43%, για τα σταχύδια που εδράζονταν από το 5 έως και το 35% του μήκους της ράχης. Οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» οι οποίες αξιολογήθηκαν μόνο το δεύτερο πειραματικό έτος, έδειξαν να επηρεάζονται περισσότερο στα σταχύδια της βάσης, με την πρώτη να καταγράφει τα υψηλότερα ποσοστά μείωσης από το 5 έως το 30% του μήκους της ράχης και τη δεύτερη από το 10 έως και το 25% (διάγραμμα 3.9.2).

Στο διάγραμμα 3.9.3 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των γονοτύπων που μελετήθηκαν ως προς τον αριθμό των γόνιμων ανθέων που διατήρησαν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάξεων. Η ποικιλία «Παπαδάκης» το 1<sup>ο</sup> έτος παρουσίασε τα περισσότερα γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο σε όλο το μήκος της ράχης του στάχου και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, χωρίς όμως αυτή η υπεροχή να συνοδεύεται και με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» και την ποικιλία «Μεξικάλι 81». Εξαιρέση αποτέλεσε για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» η μεταχείριση W3 στα σταχύδια της μέσης και της κορυφής των στάξεων. Κατά μέσο όρο τα γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο της ποικιλίας «Παπαδάκης» κυμάνθηκαν στην κορυφή των στάξεων από 2,60 (μεταχείριση W4) έως 3,87 (μεταχείριση W1), στη μέση από 3,58 έως 4,90 και στη βάση από 2,59 έως 4,15.

Το δεύτερο πειραματικό έτος και πάλι η ποικιλία «Παπαδάκης» διαφοροποιήθηκε σε σχέση με το υπόλοιπο πειραματικό υλικό, αλλά αυτή τη φορά κυρίως στις ξηρικές μεταχειρίσεις W3 και W4. Ειδικά, στη βάση των στάξεων, με μέσο όρο 3,64 γόνιμα άνθη/σταχύδιο στη μεταχείριση W4, ξεχώρισε με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους γονότυπους. Οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» διατήρησαν σε όλες τις μεταχειρίσεις και σε όλο το εύρος του στάχου λιγότερα γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο σε σχέση με τις ποικιλίες, χωρίς όμως να δημιουργούνται πάντα και στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η ποικιλία «Σέλας» είχε τα περισσότερα γόνιμα άνθη ανά

σταχύδιο στη βάση και τη μέση των στάξεων με 4,58 και 5,05 γόνιμα άνθη/σταχύδιο, ωστόσο δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις υπόλοιπες εμπορικές ποικιλίες. Τόσο η ποικιλία «Σέλας», όσο και η ιταλική ποικιλία «Simeto» είχαν την τάση να επηρεάζονται περισσότερο, χωρίς όμως να εμφανίζονται πάντα σημαντικές διαφορές, σε σχέση με τις ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» όταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης αυξανόταν (διάγραμμα 3.9.3).

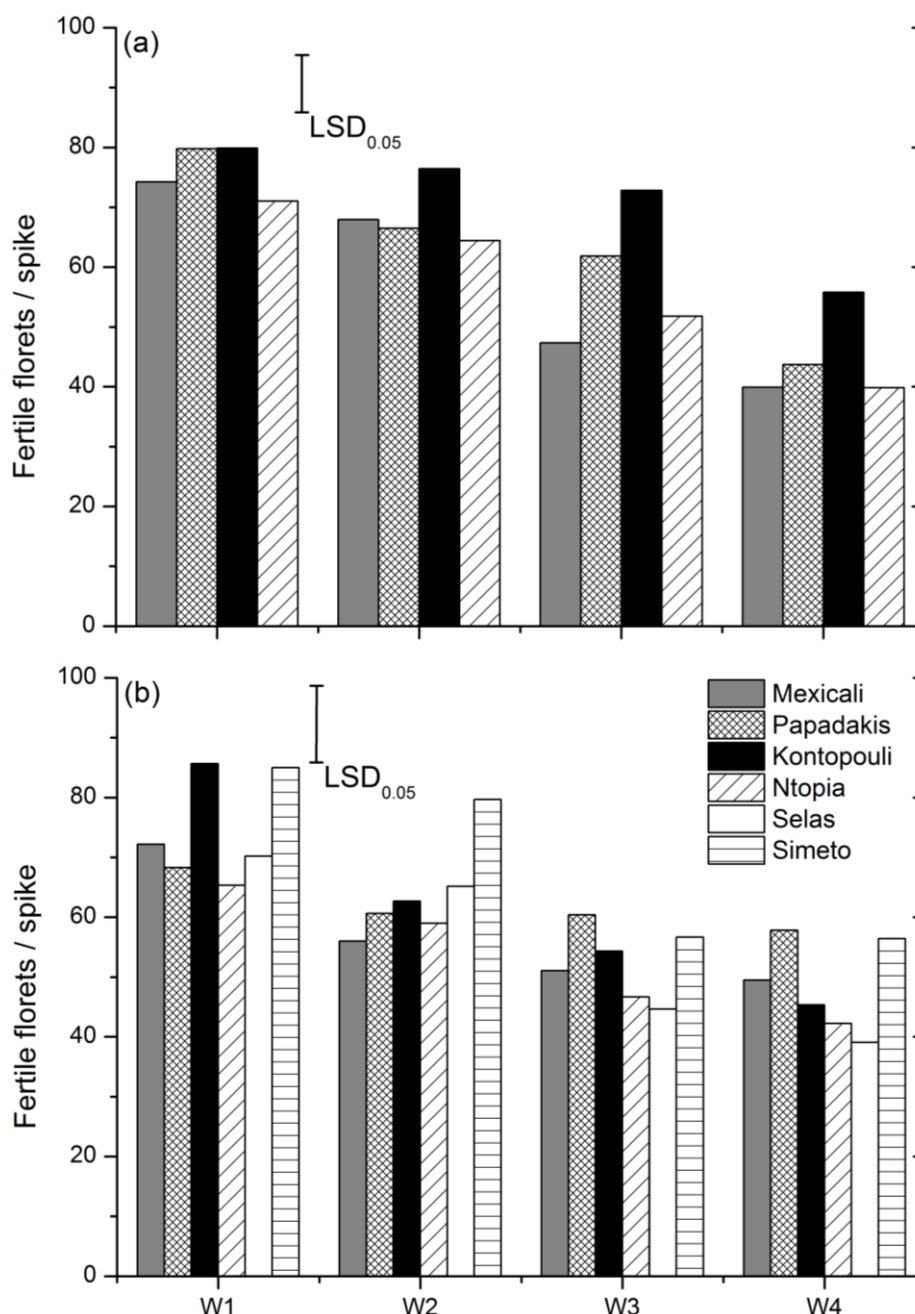
### 3.9.1 Αριθμός γόνιμων ανθέων ανά στάχυ

Στο διάγραμμα 3.9.4 παρουσιάζεται η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού στο συνολικό αριθμό γόνιμων ανθέων ανά στάχυ που διατήρησαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού στο στάδιο της άνθησης. Η επίδραση του νερού στον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ ήταν σημαντική και τα δύο πειραματικά έτη σύμφωνα με την ανάλυση ANOVA (πίνακες 40 και 44, παράρτημα), ωστόσο δεν ήταν σημαντική η αλληλεπίδραση των δύο εξεταζόμενων παραγόντων (Γονότυποι x Επίπεδα άρδευσης).

Η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του συνολικού αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ. Ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» κατάφερε το πρώτο πειραματικό έτος και διατήρησε το μεγαλύτερο αριθμό γόνιμων ανθέων ανά στάχυ, ειδικά όταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης ήταν αυξημένη. Ειδικότερα, τα 72,8 και 55,76 γόνιμα άνθη ανά στάχυ αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις W3 και W4, ήταν τα περισσότερα άνθη που μπόρεσαν να διατηρηθούν στο στάδιο της άνθησης και μάλιστα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον αριθμό των γόνιμων ανθέων των υπόλοιπων γονοτύπων (διάγραμμα 3.9.4).

Το δεύτερο πειραματικό έτος ενώ ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» είχε με την ιταλική ποικιλία «Simeto» τα περισσότερα γόνιμα άνθη ανά στάχυ όταν υπήρχε επάρκεια νερού, δεν τα πήγε ιδιαίτερα καλά όταν τα ποσοστά της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας μειώθηκαν. Στις ξηρικές μεταχειρίσεις W3 και W4 ξεχώρισαν οι ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Simeto» χωρίς όμως να εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17».

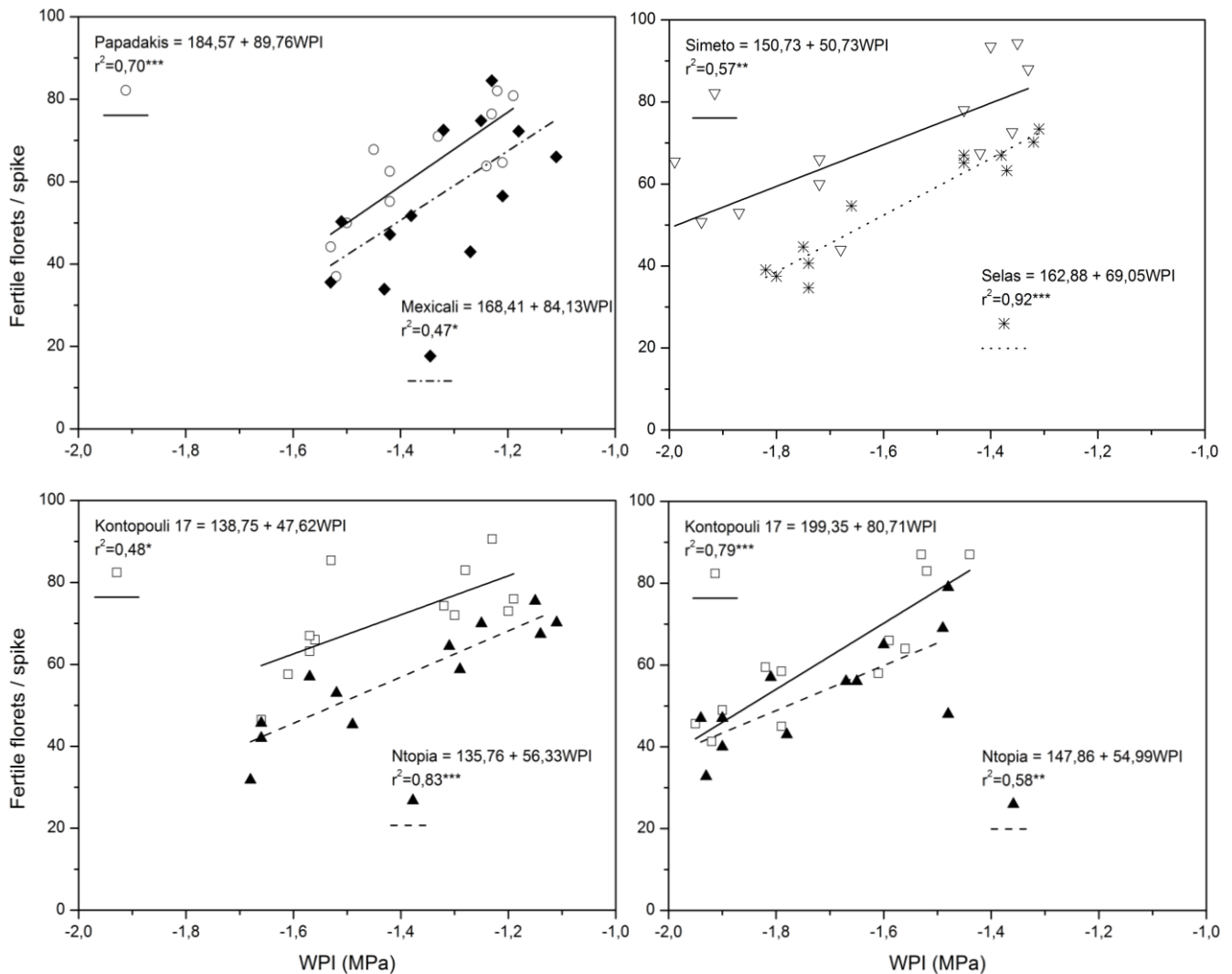
Η επίδραση της έντασης της υδατικής καταπόνησης παρουσίασε γραμμική σχέση με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο και στα δύο πειραματικά έτη (πίνακας 3.9 και διάγραμμα 3.9.5). Μόνο οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος δεν εμφάνισαν γραμμική σχέση μεταξύ της ολικής υδατικής καταπόνησης που υπέστησαν μέσω της χρήσης του δείκτη WPI και του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά



**Διάγραμμα 3.9.4.** Ο συνολικός αριθμός γόνιμων ανθέων ανά στάχυ των κύριων στελεχών κατά το στάδιο της άνθησης του 1<sup>ου</sup> (a) και του 2<sup>ου</sup> (b) πειραματικού έτους. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile florets / spike: γόνιμα άνθη / στάχυ.

στάχυ. Ιδιαίτερα έντονη εμφανίστηκε το πρώτο πειραματικό έτος αυτή η σχέση στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» ( $r^2 = 0,83^{***}$ ), καθώς και στην εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης» ( $r^2 = 0,70^{***}$ ). Ακόμη πιο σαφής υπήρξε το δεύτερο πειραματικό έτος η γραμμική σχέση μεταξύ του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ και του δείκτη WPI, στην ποικιλία «Σέλας» ( $r^2 = 0,92^{***}$ ). Αρκετά υψηλό συντελεστή προσδιορισμού

παρουσίασε επίσης το δεύτερο πειραματικό έτος και ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι17» ( $r^2 = 0,79^{***}$ ).



**Διάγραμμα 3.9.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ στο στάδιο της άνθησης με το δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ , κατά το πρώτο (αριστερά) και το δεύτερο (δεξιά) πειραματικό έτος. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Fertile florets / spike: αριθμός γόνιμων ανθέων / στάχυ.

Το πρώτο πειραματικό έτος οι εγχώριοι πληθυσμοί σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες (πίνακας 3.9) είχαν την τάση να λαμβάνουν χαμηλότερες τιμές των συντελεστών  $a$  και  $b$  της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του δείκτη WPI και του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ. Ωστόσο το δεύτερο πειραματικό έτος ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» έλαβε τις μεγαλύτερες τιμές για τους συγκεκριμένους συντελεστές.

**Πίνακας 3.9.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συνολικού αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ κατά το στάδιο της άνθησης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	138,75a	47,62		0,48*
Ντόπια Ηρακλείου 184	135,76	56,33		0,83***
Μεξικάλι 81	168,41	84,13		0,47*
Παπαδάκης	184,57	89,76		0,70***
$F_a, F_b, r^2$	9,98***	1,29ns		0,67***
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	199,35	80,71		0,79***
Ντόπια Ηρακλείου 184	147,86	54,99		0,58**
Μεξικάλι 81	125,42	43,54		0,32ns
Παπαδάκης	103,01	27,13		0,06ns
Σέλας	162,88	69,05		0,92***
Simeto	150,73	50,73		0,57**
$F_a, F_b, r^2$	5,66***	0,99ns		0,64***

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της άνθησης. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.10 Αποδοτικότητα σταχυδίων

#### 3.10.1 Αριθμός καρπών ανά σταχύδιο

Στα διαγράμματα 3.10.1 και 3.10.2 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης. Η συγκεκριμένη διαγραμματική απεικόνιση περιλαμβάνει την εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι είχαν προέλθει από κύρια στελέχη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση (πίνακες 45-50, παράρτημα) στον αριθμό των καρπών ανά σταχύδιο. Η επίδραση αυτή ήταν σημαντική σε όλα τα σταχύδια κατά μήκος του άξονα της ράχης των στάχων. Σε όλες τις περιπτώσεις η άυξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε σε μείωση των καρπών ανά σταχύδιο.

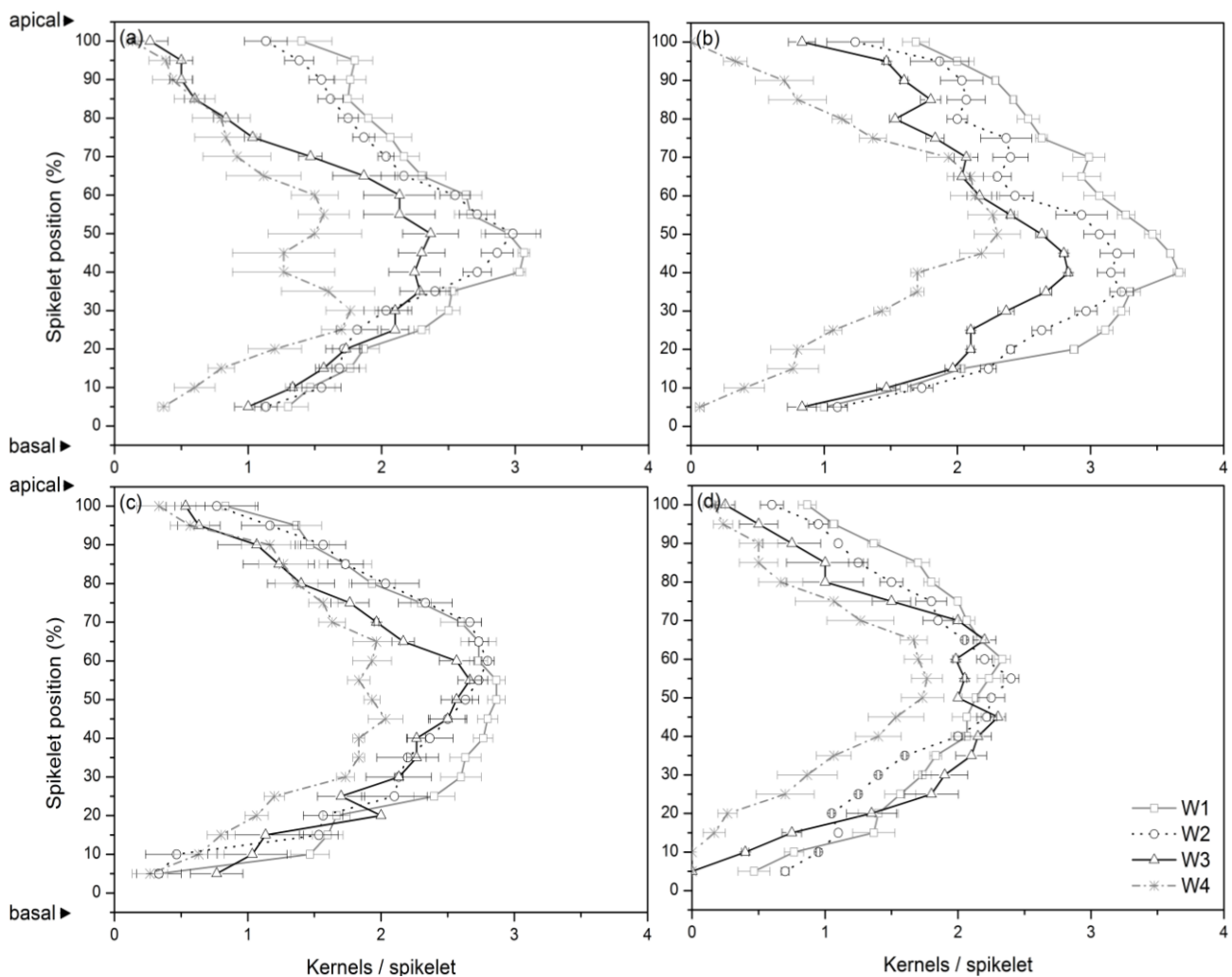
Η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων του νερού ήταν σαφής και τα δύο πειραματικά έτη (διάγραμμα 3.10.1 και 3.10.2). Μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων (W1-W4) η διαφορά έφτασε το πρώτο πειραματικό έτος, κατά μέσο όρο για όλα τα σταχύδια, το 36,39% και 55,25% αντίστοιχα για τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» και 55,04% και 57,35% αντίστοιχα για τις εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης».

Ο τρόπος με τον οποίο επέδρασαν οι μεταχειρίσεις του νερού στον αριθμό των καρπών ανά σταχύδιο, όπως και στην περίπτωση των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο, εξετάστηκε με τη χρήση δύο διαφορετικών μέτρων σύγκρισης. Στην πρώτη περίπτωση, αν ληφθεί ως μέτρο σύγκρισης το ποσοστό μείωσης των καρπών/σταχύδιο μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε μπορεί να ειπωθεί ότι οι πιο έντονες επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης εστιάστηκαν στα ακραία σταχύδια. Για παράδειγμα στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» οι σοβαρότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν κυρίως στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων με μείωση 58,53%, και 60% αντίστοιχα στο 95 και 100% του μήκους της ράχης (ως η αρχή του μήκους της ράχης θεωρήθηκε η βάση του στάχου) και δευτερευόντως στα σταχύδια της βάσης με μείωση 56,81%, 50% και 50%, αντίστοιχα στο 10, 15 και 25% του μήκους της ράχης. Από την άλλη πλευρά, αν ως μέτρο σύγκρισης θεωρηθεί η απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε για το συγκεκριμένο παράδειγμα παρατηρήθηκε ότι οι σημαντικότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν στα μεσαία σταχύδια του στάχου (από το 40% έως το 70% του μήκους της ράχης), με διαφορές που κυμάνθηκαν 0,76 έως 1,03 καρποί ανά σταχύδιο (διάγραμμα 3.10.1). Παρόμοια συμπεριφορά παρουσίασε και η εμπορική ποικιλία «Μεξικάλι 81». Ειδικότερα, οι σοβαρότερες επιδράσεις από την έλλειψη του νερού εντοπίστηκαν κυρίως στην κορυφή των στάξεων και συγκεκριμένα από το 85 έως το 100% του μήκους της ράχης, όπου το ποσοστό της μείωσης κυμάνθηκε από 65,64 έως 90,47%. Αντιθέτως, η απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού καταγράφηκε στα σταχύδια που βρίσκονταν στο 40, 45 και 50% του μήκους της ράχης, με 1,76, 1,8 και 1,45 καρπούς/σταχύδιο, αντίστοιχα.

Η αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης άσκησε έντονη επίδραση, τόσο στα σταχύδια της κορυφής, όσο και της βάσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184». Πιο συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» παρουσιάστηκε στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 5 έως το 30% του μήκους της ράχης, καθώς και στα σταχύδια που είχαν εκπτυχθεί από το 80 έως το 100% του μήκους της ράχης. Η υψηλότερη απόλυτη μείωση καταγράφηκε στα σταχύδια που εδράζονταν από το 20 έως το 40% του μήκους της ράχης, με τιμές που κυμάνθηκαν από 1,6 έως 2,07 καρποί/σταχύδιο. Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης παρουσιάστηκε με 100%, 100%, 87,80% και 80,95% στα σταχύδια που εδράζονταν από το 5 έως και το 20% του μήκους της ράχης και η υψηλότερη απόλυτη μείωση, με τιμές που κυμάνθηκαν από 1,13 έως 1,20 καρποί/σταχύδιο, στα

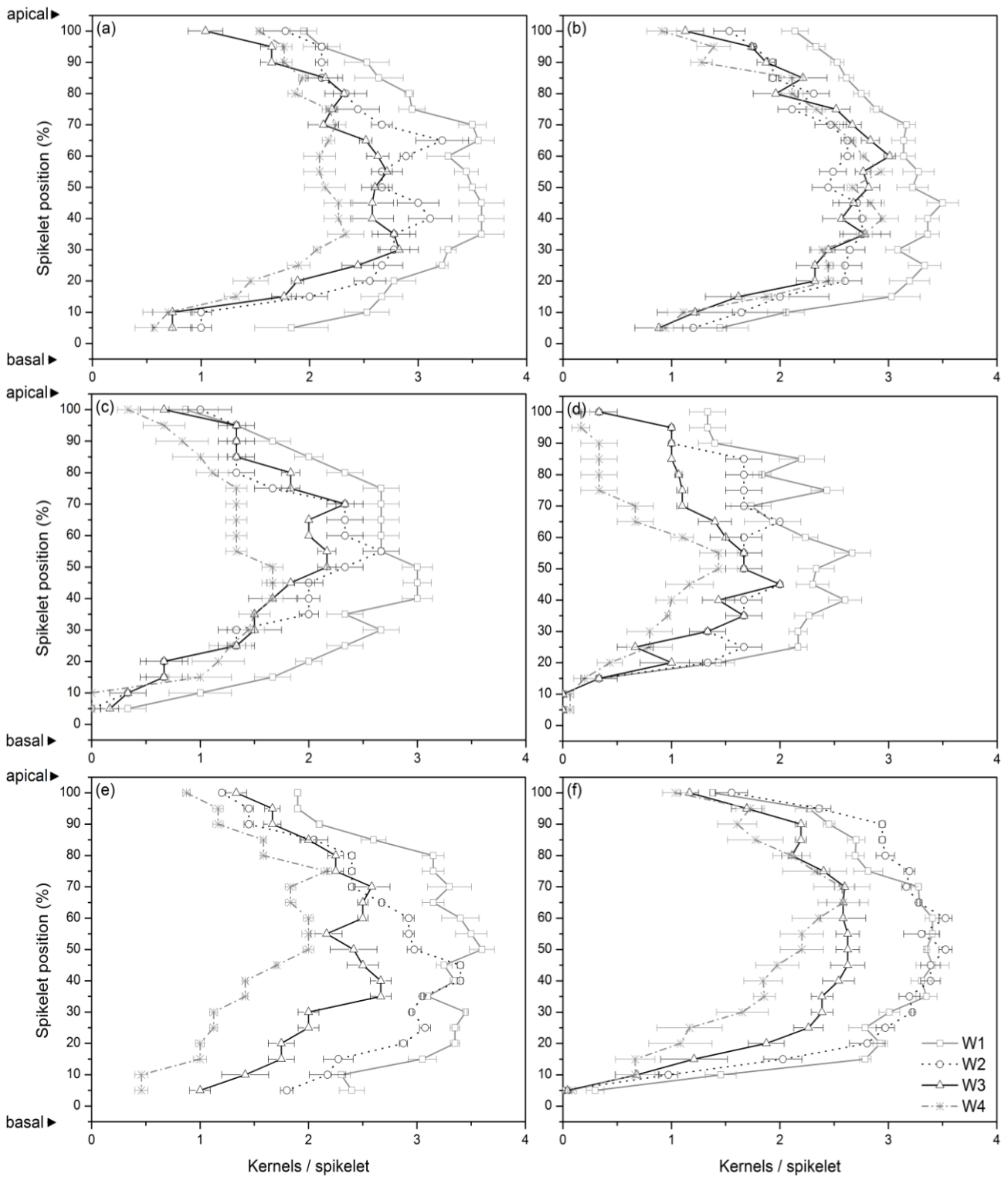


σταχύδια που βρίσκονταν από το 15 έως το 20%, καθώς και από το 80 έως το 85% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.1).



**Διάγραμμα 3.10.1.** Ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

Το δεύτερο πειραματικό έτος οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης», επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την ένταση της υδατικής καταπόνησης που επιτεύχθηκε σε σχέση με το πρώτο έτος. Επιπλέον, στους συγκεκριμένους γονότυπους το υδατικό έλλειμμα παρουσίασε την υψηλότερη επίδραση σε διαφορετικά σημεία των στάχων σε σχέση με το πρώτο έτος. Ειδικότερα, στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» το



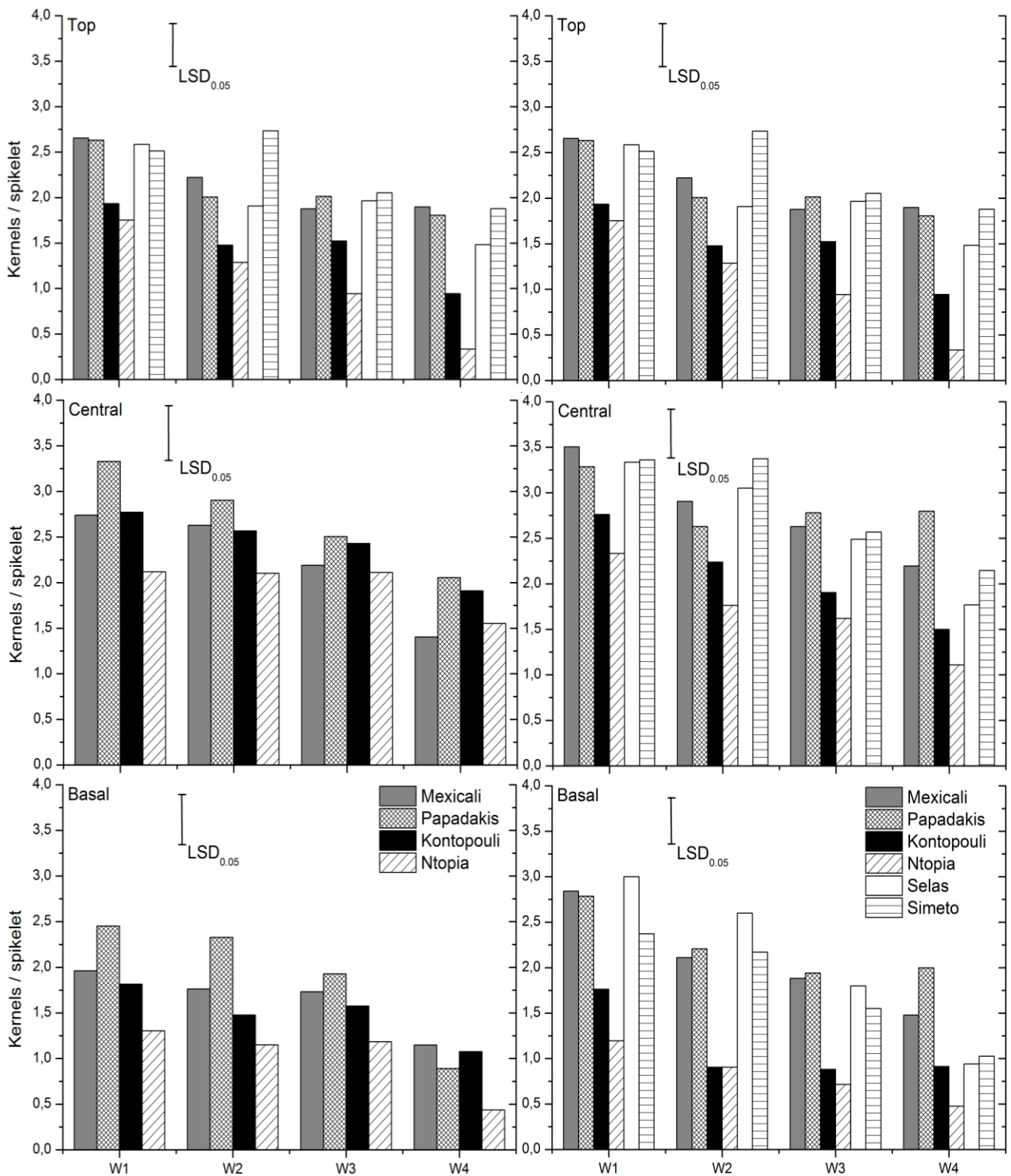
**Διάγραμμα 3.10.2.** Ο αριθμός των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεζικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

υψηλότερο ποσοστό μείωσης παρατηρήθηκε με τιμές από 47,50% έως 72,30% στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 5 έως το 20% του μήκους της ράχης. Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) παρατηρήθηκε με τιμές από 1,31 έως 1,82 καρπούς/σταχύδιο από το 10 έως το 25% του μήκους της ράχης, καθώς και με τιμές από 1,18 έως 1,38 καρπούς/σταχύδιο, στα σταχύδια που είχαν εκπτυχθεί από το 50 έως το 65% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.2). Όσον αφορά την ποικιλία «Παπαδάκης» το υψηλότερο ποσοστό μείωσης παρατηρήθηκε κυρίως στην κορυφή των στάξεων και συγκεκριμένα με τιμές από 40,47% έως 57,40% στα σταχύδια που βρισκόντουσαν από το 90 έως το 100% του μήκους της ράχης. Στα ίδια σταχύδια με ένα εύρος τιμών από 0,94 έως 1,22 καρπούς/σταχύδιο παρατηρήθηκε και η υψηλότερη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού.

Αρκετά έντονη ήταν η επίδραση που ασκήθηκε από την ένταση της υδατικής καταπόνησης στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς το ποσοστό της μείωσης των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο δεν έπεσε κάτω από το 61%, για τα σταχύδια που εδράζονταν από το 65 έως και το 100% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.2).

Οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto», οι οποίες αξιολογήθηκαν μόνο το δεύτερο πειραματικό έτος, έδειξαν να επηρεάζονται περισσότερο στα σταχύδια της βάσης, με την πρώτη να καταγράφει τα υψηλότερα ποσοστά μείωσης από 66,41% έως 80,90% στα σταχύδια που εδράζονταν από το 5 έως το 30% του μήκους της ράχης. Στα ίδιο τμήμα των στάξεων η αντίστοιχη μείωση για την ιταλική ποικιλία «Simeto» κυμάνθηκε από 45,01% έως 76,07% και η απόλυτη διαφορά παρουσίασε ένα εύρος από 0,21 έως 2,12 καρπούς/σταχύδιο (διάγραμμα 3.10.2).

Στο διάγραμμα 3.10.3 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των γονοτύπων που μελετήθηκαν ως προς τον αριθμό των καρπών που σχημάτισαν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάξεων. Η ποικιλία «Παπαδάκης» το 1<sup>ο</sup> έτος σχημάτισε τους περισσότερους καρπούς ανά σταχύδιο σε όλο το μήκος της ράχης του στάχου και σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, με εξαίρεση τα σταχύδια της κορυφής και της βάσης των στάξεων στη μεταχείριση W4, χωρίς όμως αυτή η υπεροχή να συνοδεύεται στις περισσότερες περιπτώσεις και με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» και την ποικιλία «Μεξικάλι 81». Κατά μέσο όρο οι καρποί ανά σταχύδιο της ποικιλίας «Παπαδάκης» κυμάνθηκαν στην κορυφή των στάξεων από 0,89 (μεταχείριση W4) έως 2,36 (μεταχείριση W1), στη μέση από 2,05 έως 3,32 και στη βάση από 0,89 έως 2,45.



**Διάγραμμα 3.10.3.** Ο αριθμός των καρπών/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2<sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Kernels / spikelet: καρποί / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων.

**Πίνακας 3.10.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της κορυφής του στάχου και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	3.78	1.57		0.23ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	3.35	1.53		0.45*
Μεξικάλι 81	5.33	2.93		0.45*
Παπαδάκης	6.94	3.63		0.68***
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	4.27	1.64		0.34*
Ντόπια Ηρακλείου 184	6.00	2.86		0.73***
Μεξικάλι 81	4.58	1.54		0.29ns
Παπαδάκης	5.02	1.91		0.31ns
Σέλας	4.56	1.64		0.56**
Simeto	4.43	1.33		0.48*

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

**Πίνακας 3.10.2.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της μέσης του στάχου και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	4.79	1.62		0.48*
Ντόπια Ηρακλείου 184	3.18	0.83		0.27ns
Μεξικάλι 81	5.85	2.56		0.25ns
Παπαδάκης	7.30	3.19		0.67**
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	6.29	2.46		0.68**
Ντόπια Ηρακλείου 184	5.75	2.35		0.53**
Μεξικάλι 81	6.54	2.37		0.33*
Παπαδάκης	4.23	0.89		0.06ns
Σέλας	7.20	2.90		0.79***
Simeto	6.25	2.12		0.61**

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Το δεύτερο πειραματικό έτος και πάλι η ποικιλία «Παπαδάκης» διαφοροποιήθηκε σε σχέση με το υπόλοιπο πειραματικό υλικό, αλλά αυτή τη φορά κυρίως στα σταχύδια της μέσης και της βάσης και μόνο στις ξηρότερες μεταχειρίσεις W3 και W4. Ειδικά, στη βάση και τη μέση των στάχων, με μέσο όρο 1,99 και 2,79 καρπούς / σταχύδιο αντίστοιχα στη μεταχείριση W4, ξεχώρισε με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους

γονότυπους. Οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» σχημάτισαν σε όλες τις μεταχειρίσεις και σε όλο το εύρος του στάχυ λιγότερους καρπούς ανά σταχύδιο σε σχέση με τις ποικιλίες και μαάλιστα αυτές οι διαφορές ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές. Με εξαίρεση τις μεταχειρίσεις W1 και W2 για τη βάση των στάξεων και τη μεταχείριση W2 για τη μέση και την κορυφή των στάξεων, οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» δεν κατάφεραν να ξεχωρίσουν από το υπόλοιπο πειραματικό υλικό (διάγραμμα 3.10.3).

Παρά το γεγονός ότι η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης επηρέασε με σημαντικό τρόπο τον αριθμό των καρπών που σχηματίστηκαν στα διαφορετικά τμήματα των στάξεων (πίνακες 45-50, παράρτημα), η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$  και του αριθμού των καρπών/σταχύδιο ήταν μη σημαντική στις περισσότερες περιπτώσεις (πίνακες 3.10.1 έως 3.10.3).

**Πίνακας 3.10.3.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	3.25	1.20	0.22ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	2.80	1.23	0.41*	
Μεξικάλι 81	3.85	1.56	0.25ns	
Παπαδάκης	7.75	4.06	0.78***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	3.71	1.53	0.29ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	3.26	1.42	0.47*	
Μεξικάλι 81	5.90	2.44	0.34*	
Παπαδάκης	5.97	2.46	0.19ns	
Σέλας	8.32	3.98	0.90***	
Simeto	5.13	2.09	0.60**	

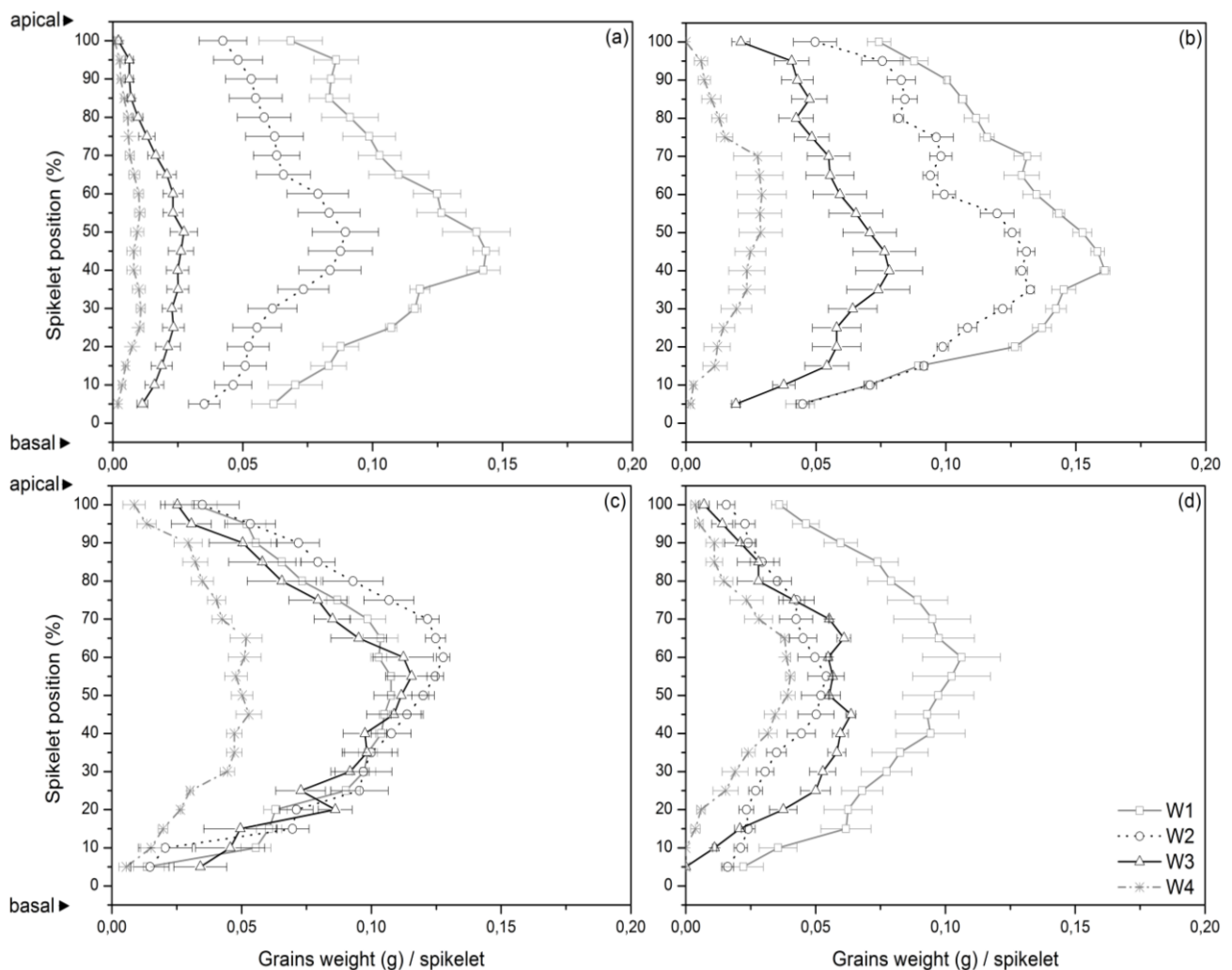
Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.10.2 Βάρος καρπών ανά σταχύδιο

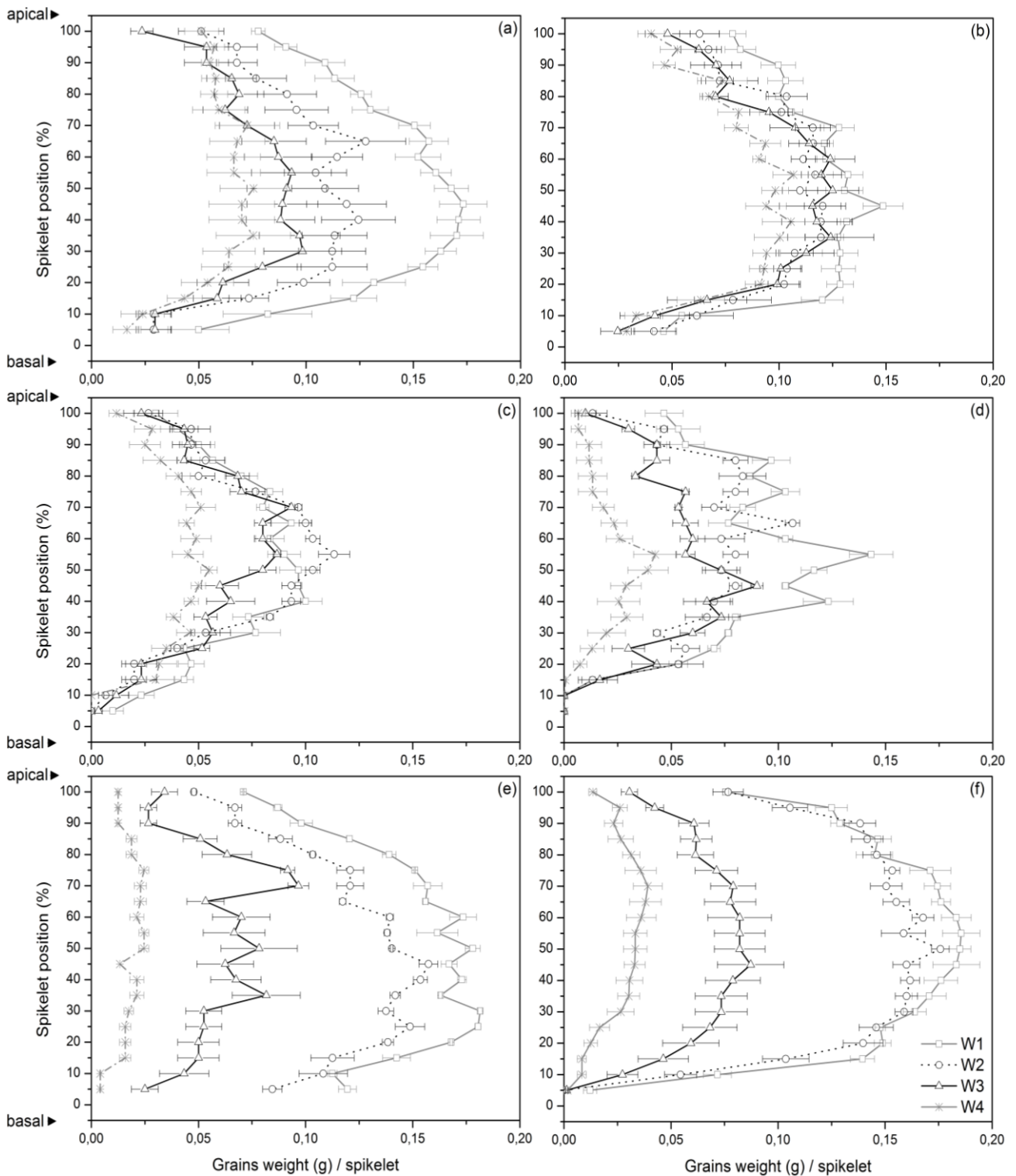
Στα διαγράμματα 3.10.4 και 3.10.5 παρουσιάζεται το βάρος (σε γραμμάρια) των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης. Η συγκεκριμένη διαγραμματική απεικόνιση περιλαμβάνει την εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάξεων, οι οποίοι είχαν προέλθει από κύρια στελέχη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση (πίνακες 51-56, παράρτημα) στο βάρος των καρπών

ανά σταχύδιο. Η επίδραση αυτή ήταν σημαντική σε όλα τα σταχύδια κατά μήκος του άξονα της ράχης των στάξεων. Σε όλες τις περιπτώσεις η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε σε μείωση του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο.

Η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων του νερού ήταν σαφής και τα δύο πειραματικά έτη (διάγραμμα 3.10.4 και 3.10.5). Μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων (W1-W4) η διαφορά έφτασε το πρώτο πειραματικό έτος, κατά μέσο όρο για όλα τα σταχύδια, το 57,59% και 77,68% αντίστοιχα για τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» και 93,82% και 87,44% αντίστοιχα για τις εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης».



**Διάγραμμα 3.10.4.** Το βάρος (g) των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάξεων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



**Διάγραμμα 3.10.5.** Το βάρος (g) των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



Ο τρόπος με τον οποίο επέδρασαν οι μεταχειρίσεις του νερού στο βάρος των καρπών ανά σταχύδιο, όπως και στην περίπτωση των παραγράφων 3.9.1 και 3.10.1, εξετάστηκε με τη χρήση δύο διαφορετικών μέτρων σύγκρισης. Στην πρώτη περίπτωση, αν ληφθεί ως μέτρο σύγκρισης το ποσοστό μείωσης των καρπών/σταχύδιο μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε μπορεί να ειπωθεί ότι οι πιο έντονες επιδράσεις της υδατικής καταπόνησης εστιάστηκαν στα ακραία σταχύδια. Για παράδειγμα στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» οι σοβαρότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν κυρίως στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων με μείωση 74,21%, και 73,44% αντίστοιχα στο 95 και 100% του μήκους της ράχης (ως η αρχή του μήκους της ράχης θεωρήθηκε η βάση του στάχου) και δευτερευόντως στα σταχύδια της βάσης με μείωση η οποία κυμάνθηκε από 58,14 έως 72,76% για τα σταχύδια που ήταν τοποθετημένα από το 5 έως και το 25% του μήκους της ράχης. Από την άλλη πλευρά, αν ως μέτρο σύγκρισης θεωρηθεί η απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4), τότε για το συγκεκριμένο παράδειγμα παρατηρήθηκε ότι οι σημαντικότερες επιδράσεις εντοπίστηκαν στα μεσαία σταχύδια του στάχου (από το 25% έως το 70% του μήκους της ράχης), με διαφορές που κυμάνθηκαν από 0,051 έως 0,059 γραμμάρια καρπών ανά σταχύδιο (διάγραμμα 3.10.4).

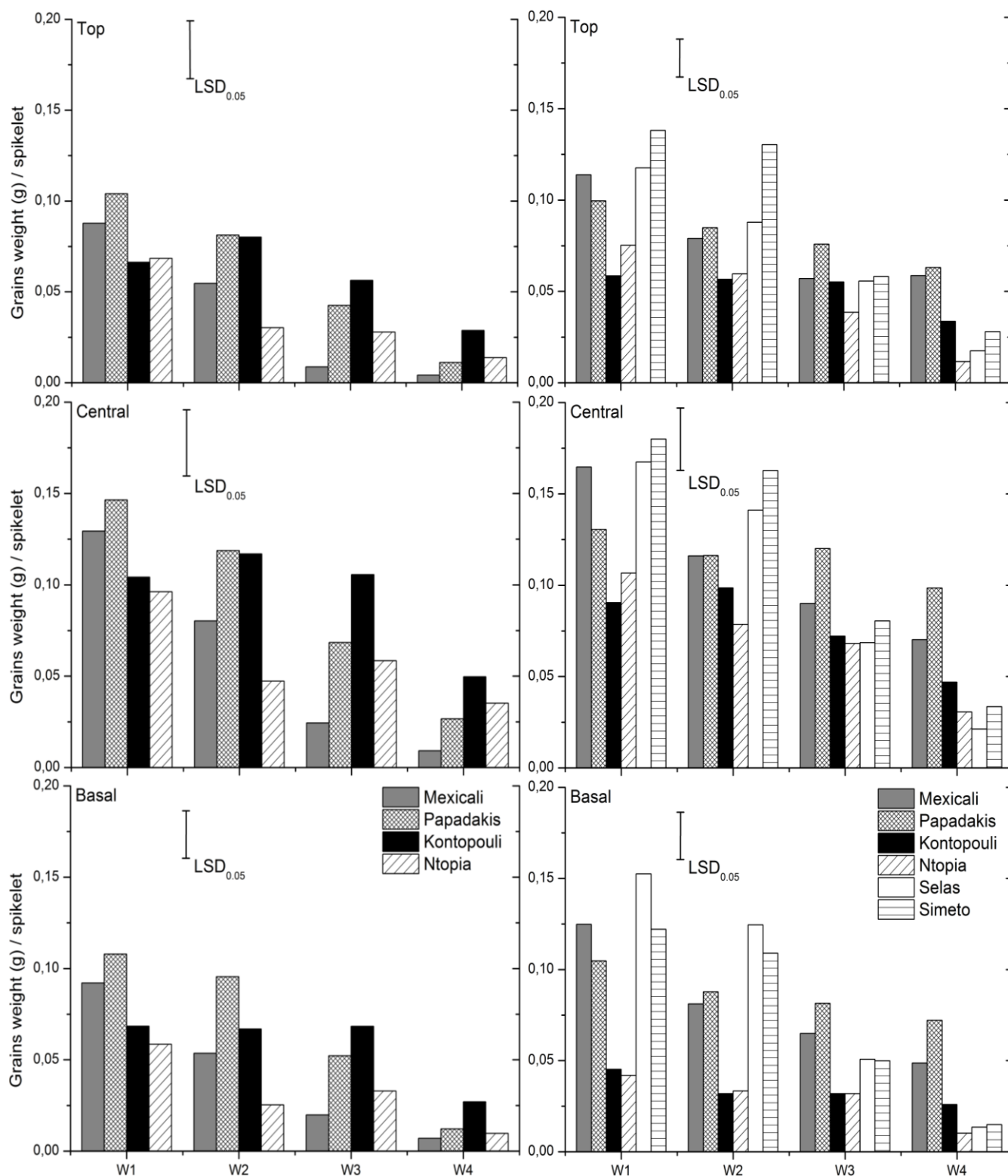
Η αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης άσκησε έντονη επίδραση, τόσο στα σταχύδια της κορυφής, όσο και της βάσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184». Πιο συγκεκριμένα το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» παρουσιάστηκε στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 5 έως το 10% και από το 85 έως το 100% του μήκους της ράχης, με τιμές που κυμάνθηκαν από 90 έως και 100%. Τα μικρότερα ποσοστά μείωσης του βάρους των καρπών μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων για την ποικιλία «Παπαδάκης» καταγράφηκαν με τιμές από 78 έως 79% στα σταχύδια που βρίσκονταν απ' το 60 έως το 70% του μήκους της ράχης. Η υψηλότερη απόλυτη μείωση παρουσιάστηκε στα σταχύδια που εδράζονταν από το 25 έως το 50% του μήκους της ράχης, με τιμές που κυμάνθηκαν από 0,121 έως 0,137 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο. Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης παρουσιάστηκε με 100%, 100%, 94,03% και 90,6% στα σταχύδια που εδράζονταν από το 5 έως και το 20% του μήκους της ράχης και η υψηλότερη απόλυτη μείωση, με τιμές που κυμάνθηκαν από 0,052 έως 0,066 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο, στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 15 έως και το 85%, του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.4). Όσον αφορά την ποικιλία «Μεξικάλι 81», το ποσοστό της μείωσης της απόδοσης σε γραμμάρια καρπών ανά σταχύδιο, μεταξύ των ακραίων επεμβάσεων του νερού, δεν

υποχώρησε κάτω από το 90% για κανένα από τα σταχύδια κατά μήκος του άξονα της ράχης των στάχων. Επίσης, και η απόλυτη μείωση της απόδοσης σε καρπό ανά σταχύδιο άγγιξε τα 0,13 γραμμάρια καρπού/σταχύδιο από το 40 έως και το 50% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.4).

Το δεύτερο πειραματικό έτος, τόσο οι εμπορικές ποικιλίες, όσο και οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού επηρεάστηκαν σε μικρότερο βαθμό από την ένταση της υδατικής καταπόνησης που επιτεύχθηκε σε σχέση με το πρώτο έτος. Επιπλέον, το δεύτερο έτος υπήρξε μια ελαφριά διαφοροποίηση ως προς τα σημεία των στάχων που δέχθηκαν τις μεγαλύτερες επιδράσεις από την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης. Ειδικότερα, στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» το υψηλότερο ποσοστό μείωσης παρατηρήθηκε με τιμές από 58,66% έως 70,97% στα σταχύδια που βρίσκονταν από το 5 έως το 30% του μήκους της ράχης. Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) παρατηρήθηκε με τιμές από 0,085 έως 0,103 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο στα σταχύδια που είχαν εκπτυχθεί από το 25 έως το 65% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.5). Όσον αφορά την ποικιλία «Παπαδάκης» το υψηλότερο ποσοστό μείωσης παρατηρήθηκε κυρίως στην κορυφή των στάχων και συγκεκριμένα με τιμές από 35,89% έως 53,45% στα σταχύδια που βρισκόντουσαν από το 90 έως το 100% του μήκους της ράχης. Ταυτόχρονα η υψηλότερη απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού, με τιμές που κυμάνθηκαν από 0,0322 έως και 0,056 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο απ' το 15 έως και 30%, στο 45 έως το 50%, καθώς και στο 90 έως το 100% του μήκους της ράχης των στάχων.

Αρκετά έντονη ήταν η επίδραση που ασκήθηκε από την ένταση της υδατικής καταπόνησης στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς το ποσοστό της μείωσης του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο δεν έπεσε κάτω από το 81%, για τα σταχύδια που εδράζονταν από το 15 έως και το 25% του μήκους της ράχης και επιπλέον το συγκεκριμένο ποσοστό δεν υποχώρησε κάτω από το 79% για τα σταχύδια που ήταν στο 75 έως και το 100% του μήκους της ράχης (διάγραμμα 3.10.5).

Οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto», οι οποίες αξιολογήθηκαν μόνο το δεύτερο πειραματικό έτος, έδειξαν να επηρεάζονται περισσότερο στα σταχύδια της βάσης, ωστόσο σε κανένα από τα σταχύδια, στο σύνολο του μήκους της ράχης, το ποσοστό της μείωσης του βάρους των καρπών/σταχύδιο μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων δεν υποχώρησε για τη μεν «Σέλας» κάτω από το 82,39% και για τη μεν «Simeto» κάτω από 77,54%. Η μεγαλύτερη απόλυτη διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) κατά μέσο όρο έφτασε τα 0,148 γραμμάρια καρπών / σταχύδιο απ' το 20 έως 70% του



**Διάγραμμα 3.10.6.** Το βάρος (γρ) των καρπών/σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2<sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων.

μήκους της ράχης για την ποικιλία «Σέλας» και τα 0,140 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο απ' το 15 έως το 75% του μήκους της ράχης για την ποικιλία «Simeto» (διάγραμμα 3.10.5).

Στο διάγραμμα 3.10.6 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των γονοτύπων που μελετήθηκαν ως προς το βάρος των καρπών ανά σταχύδιο, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάχων. Η ποικιλία «Παπαδάκης» το 1<sup>ο</sup> έτος είχε τη μεγαλύτερη απόδοση (σε γραμμάρια) ανά σταχύδιο σε όλο το μήκος της ράχης του στάχου στις μεταχειρίσεις W1 και W2, χωρίς όμως να διαφέρει με στατιστικά σημαντικές διαφορές από την ποικιλία «Μεξικάλι 81». Εξαίρεση αποτέλεσε η επέμβαση W2 για τη βάση και τη μέση των στάχων. Ειδικά στη βάση των στάχων η ποικιλία «Παπαδάκης» με 0,095 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο στη μεταχείριση W2 κατέγραψε την υψηλότερη τιμή με στατιστικά σημαντική διαφορά απ' τους υπόλοιπους γονότυπους. Ο φυσικός πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» παρουσίασε την τάση να ξεχωρίζει το 1<sup>ο</sup> έτος στις μεταχειρίσεις όπου το πειραματικό υλικό δεχόταν το μεγαλύτερο βαθμό υδατικής καταπόνησης (W3 και W4), ωστόσο μόνο στη μεταχείριση W3 (για τη μέση των στάχων) με 0,105 γραμμάρια καρπών/σταχύδιο διέφερε με στατιστικά σημαντική διαφορά απ' τους υπόλοιπους γονότυπους.

**Πίνακας 3.10.4.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της κορυφής του στάχου και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	0.187	0.087	0.28ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.152	0.080	0.45*	
Μεξικάλι 81	0.328	0.205	0.59**	
Παπαδάκης	0.417	0.248	0.82***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	0.123	0.042	0.16ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.269	0.129	0.69***	
Μεξικάλι 81	0.230	0.097	0.18ns	
Παπαδάκης	0.276	0.128	0.34*	
Σέλας	0.362	0.186	0.88***	
Simeto	0.401	0.195	0.86***	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Το δεύτερο πειραματικό έτος στις μεταχειρίσεις που υπήρχαν τα μεγαλύτερα ποσοστά διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (W1 και W2), ξεχώρισαν οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto»

με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους εγγώριους πληθυσμούς, όχι όμως πάντα και από τις υπόλοιπες εμπορικές ποικιλίες. Αντιθέτως, στα υψηλότερα υδατικά ελλείμματα (W3 και W4), ξεχώριζε με στατιστικά σημαντικές διαφορές η ποικιλία «Παπαδάκης». Ο μόνος γονότυπος όμως που δε διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ποικιλία «Παπαδάκης» στις μεταχειρίσεις W3 και W4, για το σύνολο των σταχυδίων κατά μήκος του άξονα της ράχης, ήταν η ποικιλία «Μεξικάλι 81» (διάγραμμα 3.10.6).

**Πίνακας 3.10.5.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της μέσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	0.246	0.103	0.32ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.177	0.080	0.31ns	
Μεξικάλι 81	0.468	0.288	0.67**	
Παπαδάκης	0.559	0.325	0.80***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	0.251	0.102	0.57**	
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.321	0.145	0.64**	
Μεξικάλι 81	0.360	0.159	0.20ns	
Παπαδάκης	0.288	0.113	0.20ns	
Σέλας	0.564	0.297	0.87***	
Simeto	0.512	0.248	0.82***	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Παρά το γεγονός ότι η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης επηρέασε με σημαντικό τρόπο το βάρος των καρπών ανά σταχύδιο στα διαφορετικά τμήματα των στάξεων (πίνακες 51-56, παράρτημα), η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του δείκτη WPI<sub>Tillering→ Milk development</sub> και του βάρους των καρπών/σταχύδιο σε αρκετές περιπτώσεις δεν ήταν σημαντική (πίνακες 3.10.4 έως 3.10.6). Σημειώνεται όμως ότι η εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης» το πρώτο έτος, καθώς και οι εμπορικές ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» το δεύτερο έτος, εμφάνισαν ιδιαίτερα στενή σχέση μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο και του δείκτη WPI<sub>Tillering→ Milk development</sub>, σε όλα τα σημεία του στάχυ, αφού οι συντελεστές προσδιορισμού (r<sup>2</sup>) των γραμμικών παλινδρομήσεων που προέκυψαν δεν υποχώρησαν κάτω από την τιμή 0.80.

**Πίνακας 3.10.6.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους των καρπών ανά σταχύδιο για τα σταχύδια της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	0.160	0.073	0.23ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.126	0.065	0.41*
Μεξικάλι 81	0.331	0.204	0.69***
Παπαδάκης	0.455	0.269	0.87***
2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	0.101	0.039	0.25ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.120	0.053	0.37*
Μεξικάλι 81	0.269	0.121	0.18ns
Παπαδάκης	0.267	0.119	0.21ns
Σέλας	0.539	0.290	0.93***
Simeto	0.363	0.181	0.81***

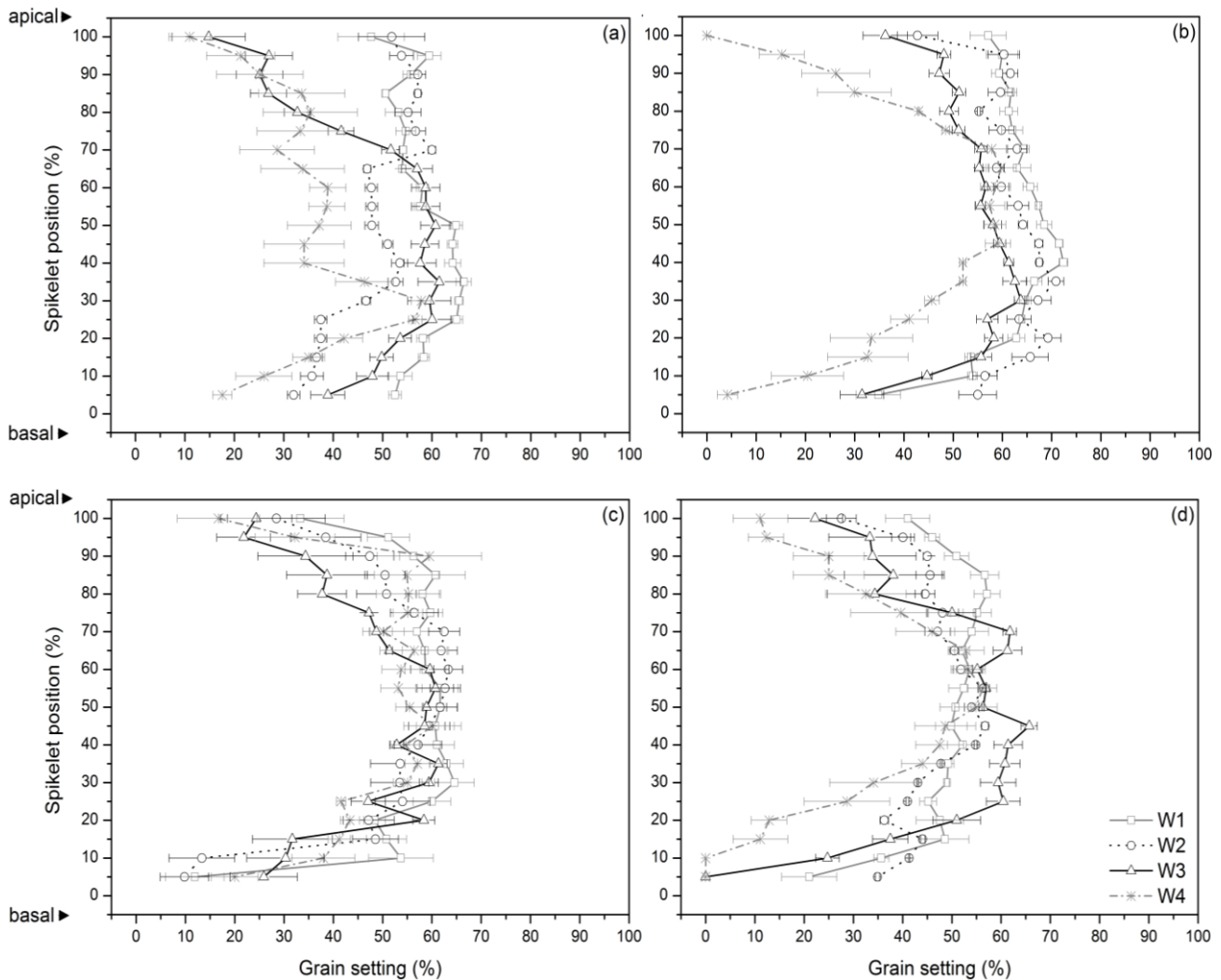
Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.10.3 Γονιμότητα σταχυδίων (Grain setting)

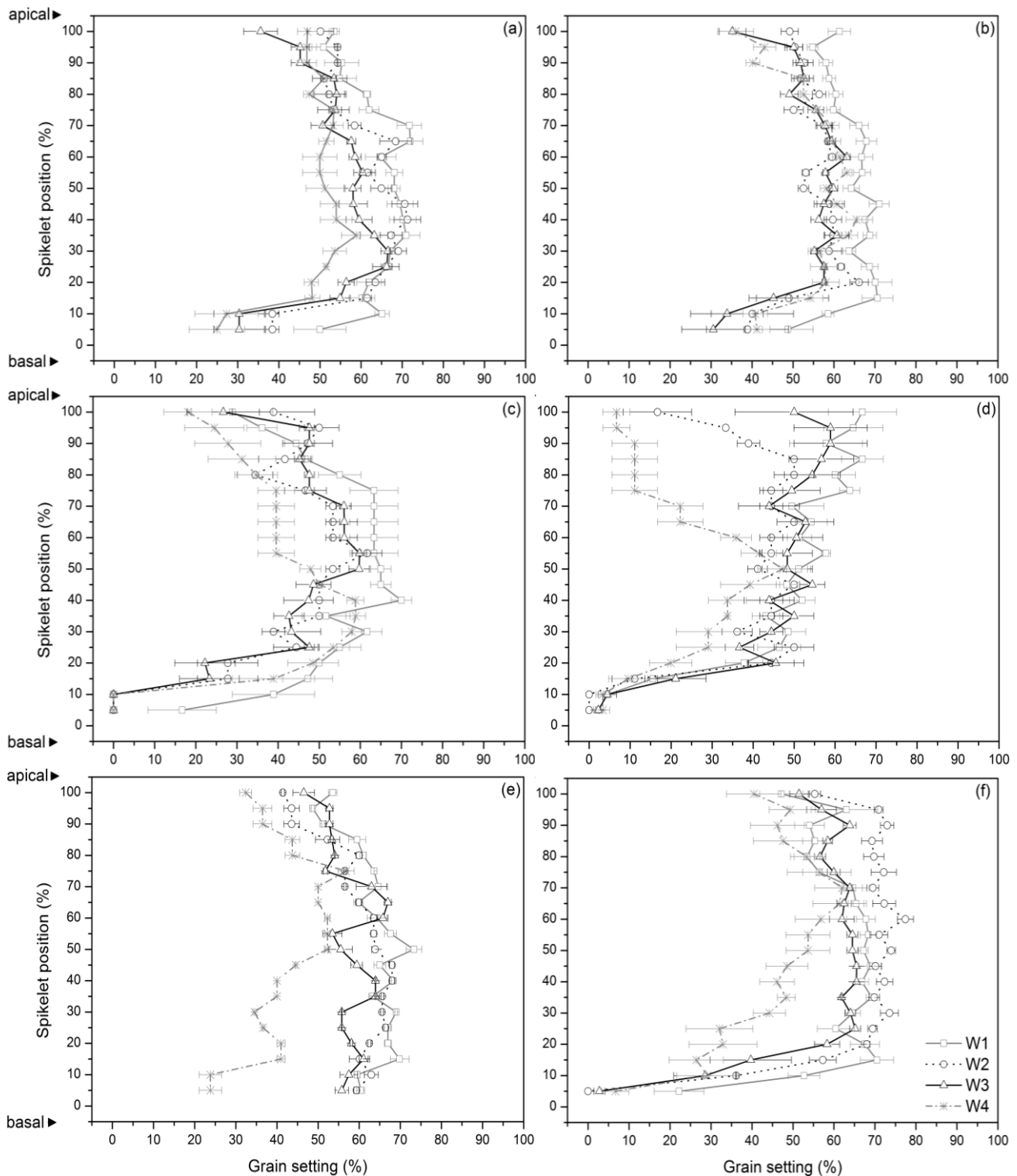
Στα διαγράμματα 3.10.7 και 3.10.8 παρουσιάζεται η γονιμότητα των σταχυδίων στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης. Η συγκεκριμένη διαγραμματική απεικόνιση περιλαμβάνει την εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάξεων, οι οποίοι είχαν ληφθεί από κύρια στελέχη. Το ποσοστό της γονιμότητας των σταχυδίων υπολογίστηκε ως ο λόγος των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο κατά το στάδιο της πλήρους άνθησης προς τον αριθμό των καρπών ανά σταχύδιο στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στη γονιμότητα των σταχυδίων. Η επίδραση αυτή ήταν σημαντική σε όλα τα σταχύδια κατά μήκος του άξονα της ράχης των στάξεων (πίνακες 57-62, παράρτημα). Σε γενικές γραμμές η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε σε μείωση του ποσοστού της γονιμότητας των σταχυδίων σε όλα τα τμήματα των στάξεων που είχαν ληφθεί από κύρια στελέχη. Ωστόσο, αυτή η μείωση δε συνοδευόταν πάντα και από στατιστικά σημαντικές διαφορές (διάγραμμα 3.10.9).

Η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων του νερού ήταν σαφής και τα δύο πειραματικά έτη (διάγραμμα 3.10.7 και 3.10.8). Οι μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) εμφανίστηκαν κατά κύριο λόγο στα ακραία σταχύδια. Ειδικότερα στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» από το 90 έως και το 100% του μήκους της ράχης

το ποσοστό της γονιμότητας δε ξεπέρασε το 25,16% στη μεταχείριση W4 ενώ στη μεταχείριση W1 κυμάνθηκε από 47,69 έως 59,45%. Αντίστοιχα στο 5% του μήκους της ράχης στη μεταχείριση W4 η γονιμότητα των σταχυδίων προσέγγισε αλλά δεν έφτασε το 18%, ενώ στην W1 έφτασε και ξεπέρασε το 52%.



**Διάγραμμα 3.10.7.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains setting (%): ποσοστό γονιμότητας σταχυδίων, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχου, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχου, basal: σταχύδια της βάσης του στάχου, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.



**Διάγραμμα 3.10.8.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στο στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης κατά το πρώτο πειραματικό έτος. Περιλαμβάνεται η εξέταση όλων των σταχυδίων κατά μήκος της ράχης των στάχων, οι οποίοι έχουν προέλθει από κύρια στελέχη. W1-W4: μεταχειρίσεις άρδευσης, Grains setting (%): ποσοστό γονιμότητας σταχυδίων, Spikelet position: η θέση του σταχυδίου κατά μήκος του άξονα της ράχης του στάχυ, apical: σταχύδια της κορυφής του στάχυ, basal: σταχύδια της βάσης του στάχυ, (a): Μεξικάλι 81, (b): Παπαδάκης, (c): Κοντοπούλι 17, (d): Ντόπια Ηρακλείου 184, (e) Σέλας και (f) Simeto. Οι οριζόντιες μπάρες συμβολίζουν το τυπικό σφάλμα των μέσων.

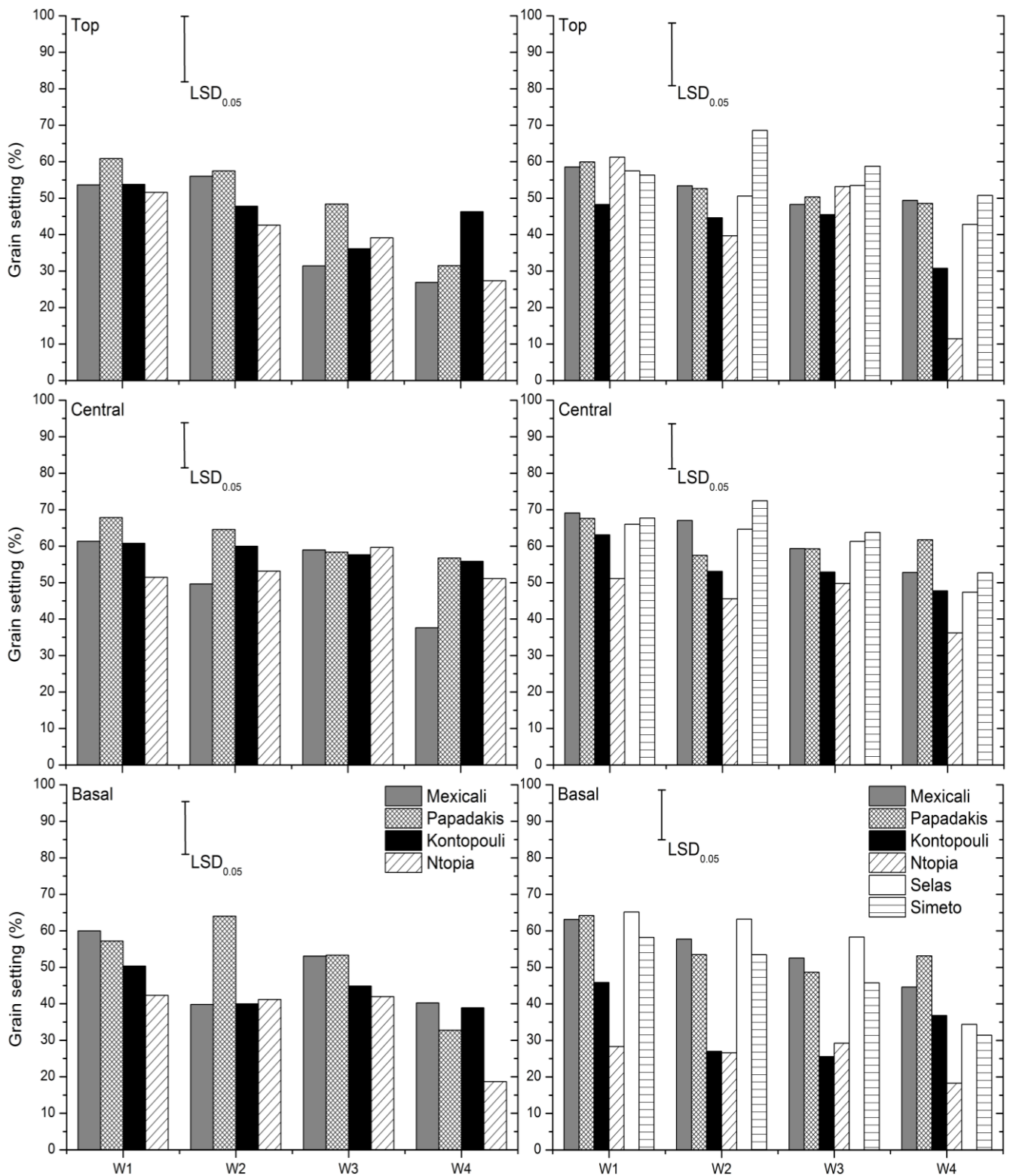


Παρόμοια συμπεριφορά με την ποικιλία «Μεξικάλι 81» είχε και η ποικιλία «Παπαδάκης» κατά τη διάρκεια του πρώτου πειραματικού έτους. Για παράδειγμα, από το 85 έως και το 100% του μήκους της ράχης (ως η αρχή του μήκους της ράχης θεωρήθηκε η βάση του στάχου) τα σταχύδια κατά σειρά είχαν ποσοστό γονιμότητας 29,91%, 26,15%, 15,20% και 0% στη μεταχείριση W4, ενώ στην W1 οι αντίστοιχες τιμές ήταν 61,73%, 59,35%, 59,92% και 57,12% (διάγραμμα 3.10.7).

Η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης έδειξε να επηρεάζει περισσότερο τα ακραία σταχύδια και στους εγχώριους πληθυσμούς του σκληρού σιταριού. Σε αντίθεση όμως με τις εμπορικές ποικιλίες, παρατηρήθηκε ότι σε ορισμένα σταχύδια η διαφορά μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού εκτός ότι ήταν σχεδόν αμελητέα, υπήρχαν και περιπτώσεις όπου το ποσοστό γονιμότητας είχε την τάση να είναι υψηλότερο στη μεταχείριση W4 από τη μεταχείριση W1. Για το φυσικό πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» αυτό συνέβη στα σταχύδια που βρίσκονταν στο 5 και 90% του μήκους της ράχης και αντίστοιχα στο φυσικό πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» στα σταχύδια που ήταν στο 50, 55 και 65% του μήκους της ράχης των στάχων (διάγραμμα 3.10.7).

Το δεύτερο πειραματικό έτος σε σχέση με το πρώτο, οι εγχώριοι πληθυσμοί παρουσίασαν μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Πιο συγκεκριμένα στο φυσικό πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στη μεταχείριση W4 δε ξεπέρασε το 40% στα σταχύδια που βρίσκονταν απ' το 55 έως το 75% του μήκους της ράχης, ενώ τα αντίστοιχα σταχύδια στη μεταχείριση W1 είχαν ποσοστό γονιμότητας σταθερά μεγαλύτερο από 63% (διάγραμμα 3.10.8). Στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» η διαφοροποίηση μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού ήταν ακόμη πιο σαφής. Απ' το 75 έως το 100% του μήκους της ράχης το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων του δε ξεπέρασε το 11,2% στη μεταχείριση W4, ωστόσο ήταν σταθερά μεγαλύτερο από 57,7% στη μεταχείριση W1.

Σε αντίθεση με τους εγχώριους πληθυσμούς οι εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» φάνηκε να επηρεάζονται λιγότερο το δεύτερο πειραματικό έτος σε σχέση με το πρώτο, απ' τη διαβάθμιση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης. Ωστόσο, η επίδραση των υδατικών ελλειμμάτων εντοπίστηκε περίπου στα ίδια σταχύδια όπως και στο πρώτο πειραματικό έτος, με εξαίρεση τα σταχύδια της κορυφής των στάχων για την ποικιλία «Μεξικάλι 81».



**Διάγραμμα 3.10.9.** Το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων στα διαφορετικά τμήματα των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> (αριστερά) και το 2<sup>ο</sup> (δεξιά) πειραματικό έτος. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Grains weight / spikelet: βάρος καρπών / σταχύδιο. Top, Central και Basal: κορυφή, μέση και βάση των στάχων.

Στις εμπορικές ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto», οι οποίες εξετάστηκαν μόνο το δεύτερο πειραματικό έτος, η υψηλότερη διαφοροποίηση μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού παρατηρήθηκε κυρίως στα σταχύδια που εδράζονταν από τη μέση των στάχων και προς τη βάση τους. Πιο συγκεκριμένα, στην ποικιλία «Σέλας» το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων για τα σταχύδια που βρίσκονταν από το 5 έως και το 40% του μήκους της ράχης, δε ξεπέρασε το 41% στην επέμβαση W1, ενώ στην επέμβαση W4 το αντίστοιχο ποσοστό δεν έπεσε κάτω από το 59,5% (διάγραμμα 3.10.8).

Στο διάγραμμα 3.10.9 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των γονοτύπων που μελετήθηκαν ως προς το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάχων. Όσον αφορά τα σταχύδια που εδράζονταν στα μεσαία τμήματα των στάχων το πρώτο πειραματικό έτος δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των γονοτύπων, αλλά ούτε και μεταξύ των επεμβάσεων του νερού. Εξαίρεση αποτέλεσε μόνο η ποικιλία «Μεξικάλι 81». Αντιθέτως, το δεύτερο πειραματικό έτος παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και για τους δύο παράγοντες που μελετήθηκαν.

**Πίνακας 3.10.7.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της κορυφής του στάχου και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
			1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)
Κοντοπούλι 17	79.28	22.61	0.05ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	93.06	36.29	0.21ns
Μεξικάλι 81	100.00	61.49	0.26ns
Παπαδάκης	100.00	76.34	0.71***
			2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)
Κοντοπούλι 17	90.36	28.25	0.12ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	100.00	82.50	0.32ns
Μεξικάλι 81	81.93	18.86	0.17ns
Παπαδάκης	100.00	34.47	0.49*
Σέλας	83.51	20.71	0.39*
Simeto	87.21	17.86	0.11ns

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Στα σταχύδια της κορυφής των στάχων το πρώτο έτος δεν υπήρξε διαφοροποίηση μεταξύ των γονοτύπων παρά μόνο μεταξύ των επεμβάσεων του νερού, με εξαίρεση το φυσικό πληθυσμό «Κοντοπούλι 17», του οποίου το ποσοστό γονιμότητας των κορυφαίων

σταχυδίων δε φάνηκε να επηρεάζεται με σημαντικό τρόπο από τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας. Το δεύτερο πειραματικό έτος παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τόσο μεταξύ των γονοτύπων, όσο και μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί η στατιστικά σημαντική υστέρηση των φυσικών πληθυσμών σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες στη μεταχείριση W4, με εξαίρεση τη μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ποικιλίας «Σέλας» και του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» (διάγραμμα 3.10.9).

Οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες, εμφάνισαν χαμηλότερα ποσοστά γονιμότητας στα σταχύδια της βάσης των στάξεων για τις μεταχειρίσεις W1, W2 και W3 και ειδικά το δεύτερο πειραματικό έτος τα ποσοστά αυτά διέφεραν με στατιστικά σημαντικό τρόπο. Στη μεταχείριση W4 ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» παρουσίασε με στατιστικά σημαντικές διαφορές τα χαμηλότερα ποσοστά γονιμότητας και τα δύο πειραματικά έτη (διάγραμμα 3.10.9).

**Πίνακας 3.10.8.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της μέσης του στάχου και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	71.42	8.75	0.02ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	46.88	-4.76	0.01ns	
Μεξικάλι 81	100.00	39.28	0.20ns	
Παπαδάκης	100.00	31.88	0.58**	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	93.61	23.16	0.20ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	81.03	20.57	0.09ns	
Μεξικάλι 81	100.00	32.19	0.23ns	
Παπαδάκης	80.28	12.35	0.05ns	
Σέλας	100.00	30.79	0.61**	
Simeto	100.00	27.27	0.37*	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Παρά το γεγονός ότι η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης επηρέασε με σημαντικό τη γονιμότητα των σταχυδίων στα διαφορετικά τμήματα των στάξεων (πίνακες 57-62, παράρτημα), η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του δείκτη WPI<sub>Tillering</sub> → Milk development

και του ποσοστού της γονιμότητας των σταχυδίων στα διαφορετικά τμήματα των στάξεων στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν μη σημαντική (πίνακες 3.10.7 έως 3.10.9).

**Πίνακας 3.10.9.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων της βάσης του στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

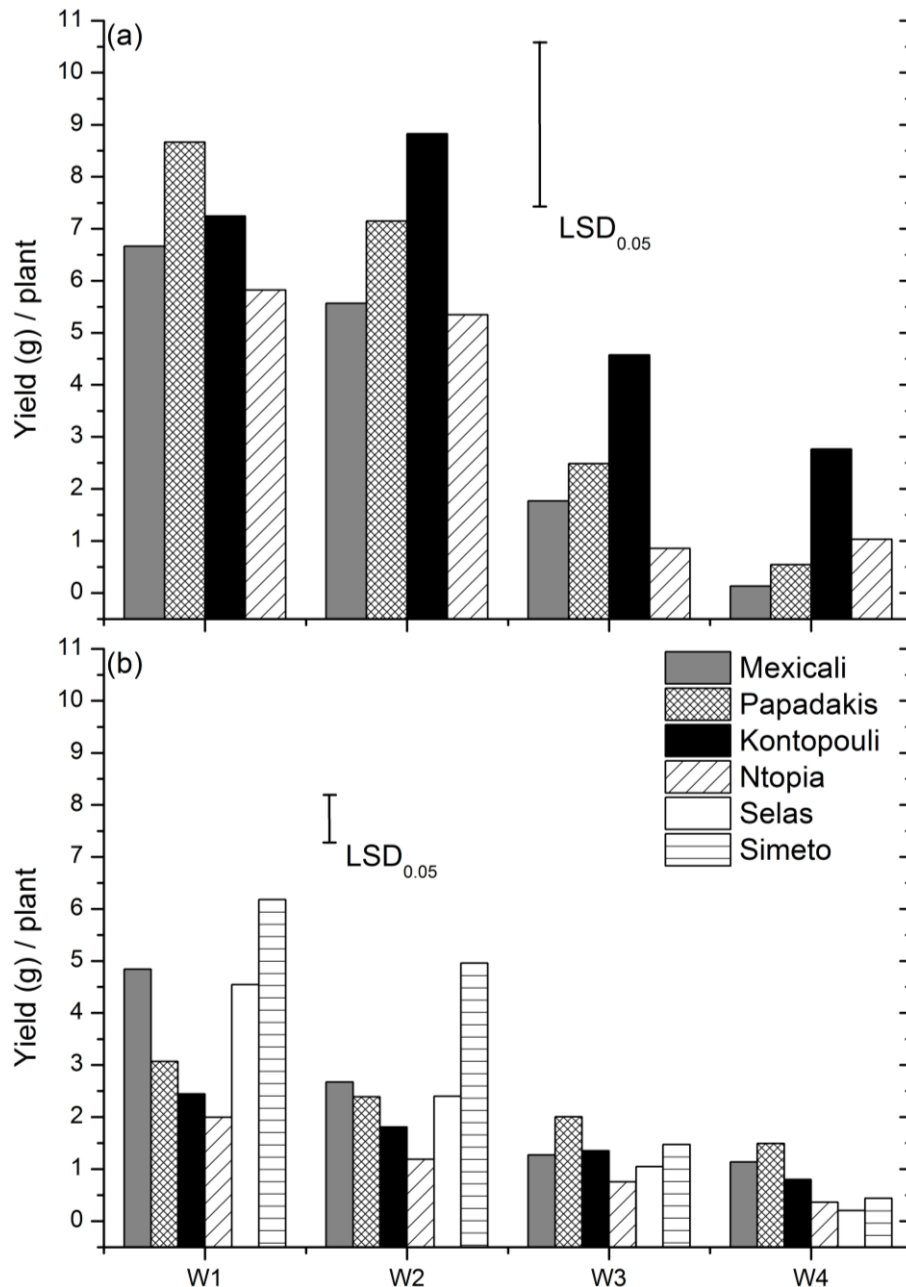
Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
			1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)
Κοντοπούλι 17	66.87	15.85	0.08ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	85.07	33.62	0.32ns
Μεξικάλι 81	91.04	30.32	0.17ns
Παπαδάκης	100.00	69.62	0.51*
			2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)
Κοντοπούλι 17	62.52	16.87	0.07ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	45.67	11.68	0.05ns
Μεξικάλι 81	100.00	33.31	0.27ns
Παπαδάκης	100.00	41.81	0.19ns
Σέλας	100.00	51.60	0.64**
Simeto	100.00	37.85	0.42*

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.11 Συνιστώσες της απόδοσης

#### 3.11.1 Απόδοση σε καρπό ανά φυτό

Στο διάγραμμα 3.11.1 απεικονίζονται οι αποδόσεις σε καρπό ανά φυτό των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στον καθορισμό των τελικών αποδόσεων ανά φυτό, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Το πρώτο έτος όμως σε αντίθεση με το δεύτερο, οι γονότυποι ως παράγοντας, καθώς και η αλληλεπίδραση των γονοτύπων με τις μεταχειρίσεις του νερού δεν ήταν σημαντικοί, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 63 και 64, παράρτημα).



**Διάγραμμα 3.11.1.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στην απόδοση σε καρπό (g) ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Yield (g) / plant: απόδοση σε καρπό (g) ανά φυτό κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης.

Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των τελικών αποδόσεων σε καρπό ανά φυτό. Το πρώτο πειραματικό έτος η απόδοση ανά φυτό, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τα 7,09 g/φυτό στη μεταχείριση W1, 6,72 g/φυτό στη W2, 2,42 g/φυτό στη W3 και μόλις 1,12 g/φυτό στη W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση στην τελική απόδοση ανά φυτό προσέγγισε το 83,97%. Ο εγχώριος

πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» ξεχώρισε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους, χωρίς όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τη στιγμή που εμφανίστηκαν τα πρώτα υδατικά ελλείμματα (W2) μέχρι και το σημείο όπου η ένταση της υδατικής καταπόνησης έλαβε τις υψηλότερες τιμές τις (W4), σύμφωνα με την εφαρμογή του πειραματικού σχεδίου που είχε επιλεγθεί. Οι μόνες στατιστικά σημαντικές διαφορές που προέκυψαν ήταν με τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» στις μεταχειρίσεις W2 και W3 (διάγραμμα 3.11.1). Η εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης» με 8,66 γρ/φυτό, είχε την υψηλότερη αποδοτικότητα όταν υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας, χωρίς ωστόσο να διαφέρει στατιστικά σημαντικά απ' τους υπόλοιπους γονότυπους.

Η ποικιλία «Μεξικάλι 81» το πρώτο έτος με 97,99% εμφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης της απόδοσης ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1- W4). Τα αντίστοιχα ποσοστά για τους υπόλοιπους γονότυπους ήταν κατά σειρά 93,75% για την ποικιλία «Παπαδάκης», 82,32% για τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» και 61,82% για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17».

Το δεύτερο πειραματικό έτος καταγράφηκαν χαμηλότερες τιμές για την απόδοση ανά φυτό σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, αλλά και στο σύνολο του πειραματικού υλικού που εξετάστηκε. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση ανά φυτό, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τα 3,85 g/φυτό στη μεταχείριση W1, 2,57 g/φυτό στη W2, 1,32 γρ/φυτό στη W3 και μόλις 0,74 g/φυτό στη W4. Σε αντίθεση με το πρώτο έτος η μείωση της απόδοσης ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1- W4) ήταν μικρότερη και έφτασε το 77,56%. Η ιταλική ποικιλία «Simeto» υπερέχει απ' όλους τους υπόλοιπους γονότυπους και μάλιστα με στατιστικά σημαντική διαφορά στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας (W1 και W2). Ειδικότερα, στη μεταχείριση W1 η ιταλική ποικιλία «Simeto» έφτασε τα 6,18 g καρπού/φυτό, ενώ ο αμέσως επόμενος γονότυπος, που ήταν η ποικιλία «Μεξικάλι 81», είχε 4,84 g καρπού/φυτό. Ακόμα πιο έντονη ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στη μεταχείριση W2. Η ιταλική ποικιλία «Simeto» στη συγκεκριμένη μεταχείριση έφτασε τα 4,96 g καρπού/φυτό, ενώ η ποικιλία «Μεξικάλι 81» η οποία είχε τη δεύτερη μεγαλύτερη απόδοση, κατέγραψε μόλις 2,67 g καρπού/φυτό (διάγραμμα 3.11.1). Στις μεταχειρίσεις όμως που υπήρχε ανεπάρκεια διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας η ιταλική ποικιλία «Simeto» έχασε την υπεροχή της και μάλιστα με στατιστικά σημαντική διαφορά από την ποικιλία «Παπαδάκης» στην μεταχείριση W4. Ειδικότερα, η ποικιλία «Παπαδάκης» με 2,00 g καρπού/φυτό στην επέμβαση W3 και με 1,49 g καρπού/φυτό στην W4 είχε την υψηλότερη αποδοτικότητα, χωρίς ωστόσο να παρουσιάζει και στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις ποικιλίες

«Μεξικάλι 81» και «Simeto» (μόνο στην επέμβαση W3), καθώς και με τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17». Σημειώνεται ότι οι ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» εμφάνισαν τη μεγαλύτερη μείωση μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1- W4) με 95,51% και 92,93%, αντίστοιχα.

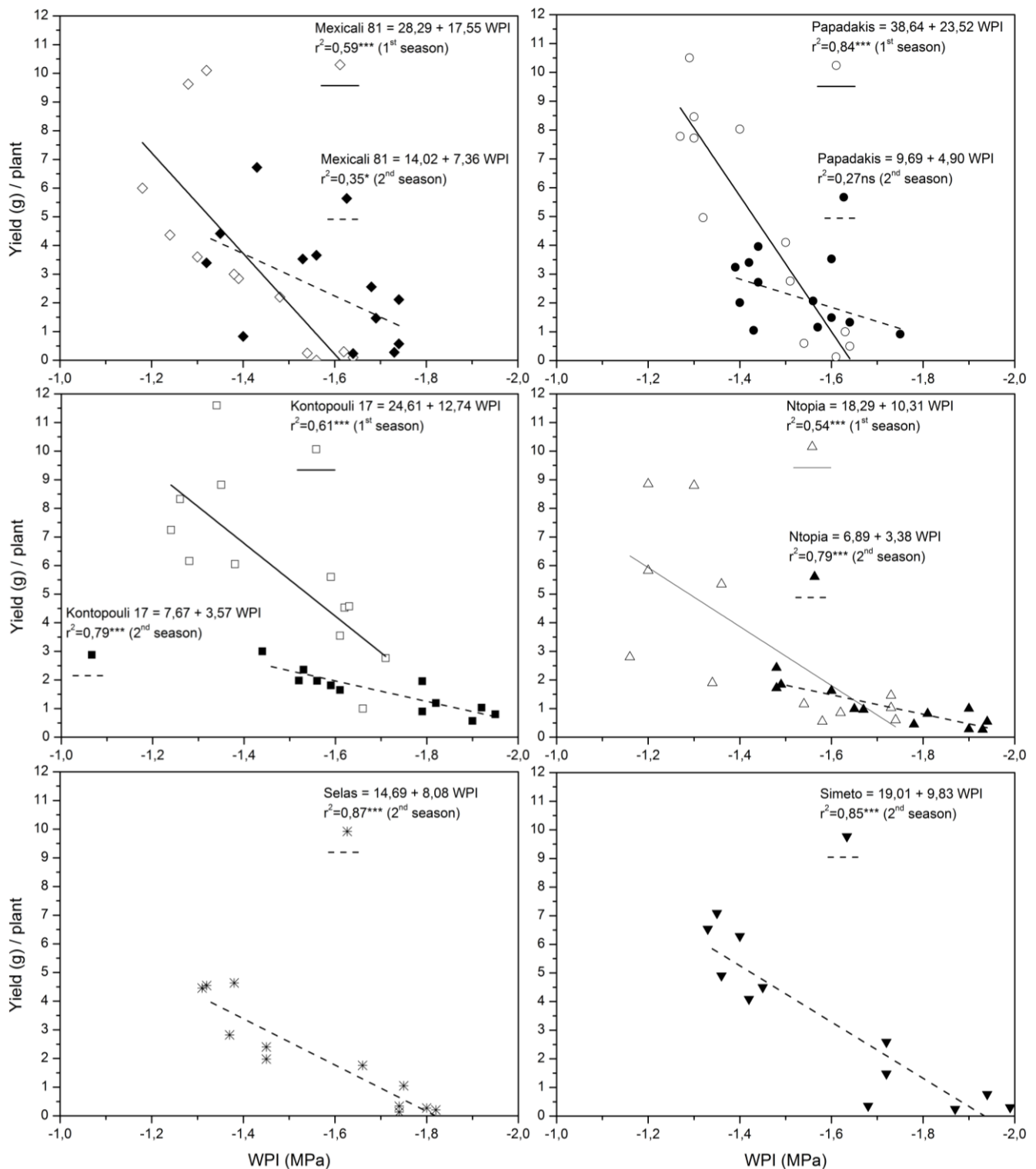
**Πίνακας 3.11.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της απόδοσης σε καρπό (γρ) ανά φυτό κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
Κοντοπούλι 17	24.61	12.74	0.61**
Ντόπια Ηρακλείου 184	18.29	10.31	0.54**
Μεξικάλι 81	28.29	17.55	0.59**
Παπαδάκης	38.64	23.52	0.84***
<i>F<sub>a</sub>, F<sub>b</sub>, r<sup>2</sup></i>	6.05**	2.60ns	0.69***
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)	
Κοντοπούλι 17	7.67	3.57	0.79***
Ντόπια Ηρακλείου 184	6.89	3.38	0.79***
Μεξικάλι 81	14.02	7.36	0.35*
Παπαδάκης	9.69	4.90	0.27ns
Σέλας	14.69	8.08	0.87***
Simeto	19.01	9.83	0.85***
<i>F<sub>a</sub>, F<sub>b</sub>, r<sup>2</sup></i>	4.36**	3.32*	0.74***

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Η γραμμική συσχέτιση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και της απόδοσης ανά φυτό, ήταν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική, με εξαίρεση την ποικιλία «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος (διάγραμμα 3.11.2). Οι γονότυποι του σκληρού σιταριού δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά ως προς την παράμετρο b της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του WPI<sub>Tillering→ Milk development</sub> και της απόδοσης το πρώτο έτος. Η συγκεκριμένη παράμετρος εκφράζει την προσαρμογή της απόδοσης στη διαβαθμισμένη μεταβολή της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου ή πιο απλά, το ρυθμό με τον οποίο μειώνεται η απόδοση από την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων. Σύμφωνα με τον πίνακα 3.11.1 το πρώτο έτος υπήρξε διαφοροποίηση μεταξύ των γονοτύπων του σκληρού σιταριού μόνο για την παράμετρο a, η οποία εκφράζει το δυναμικό της απόδοσης κάθε γονότυπου. Τονίζεται





**Διάγραμμα 3.11.2.** Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε καρπό (g) ανά φυτό με το δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Milk\ development}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Yield (g) / plant: απόδοση σε καρπό (γρ) ανά φυτό, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος.

όμως ότι η τιμή του δυναμικού της απόδοσης είναι μια θεωρητική τιμή, καθώς για να μπορέσει να τη λάβει κάποιο φυτό, θα πρέπει να έχει αναπτυχθεί σε τέτοιες ιδεώδεις

συνθήκες επάρκειας νερού, ώστε η τιμή του δείκτη WPI για εκείνο να είναι μηδέν. Όπως καταγράφηκε το πρώτο έτος την υψηλότερη τιμή για την παράμετρο 'a' την έλαβε η ποικιλία «Παπαδάκης» με 38,64 g καρπού/φυτό και την ακολούθησε η ποικιλία «Μεξικάλι 81» με 28,29 g καρπού/φυτό. Οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» κατέγραψαν 24,61 και 18,29 g καρπού/φυτό, αντίστοιχα (πίνακας 3.11.1).

Το δεύτερο πειραματικό έτος το φυτικό υλικό που εξετάστηκε διαφοροποιήθηκε, τόσο ως προς την παράμετρο 'a', όσο και ως προς την παράμετρο 'b'. Οι ποικιλίες «Simeto» και «Σέλας» κατέγραψαν τις υψηλότερες τιμές και για τις δύο παραμέτρους, ενώ οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» τις χαμηλότερες (πίνακας 3.11.1).

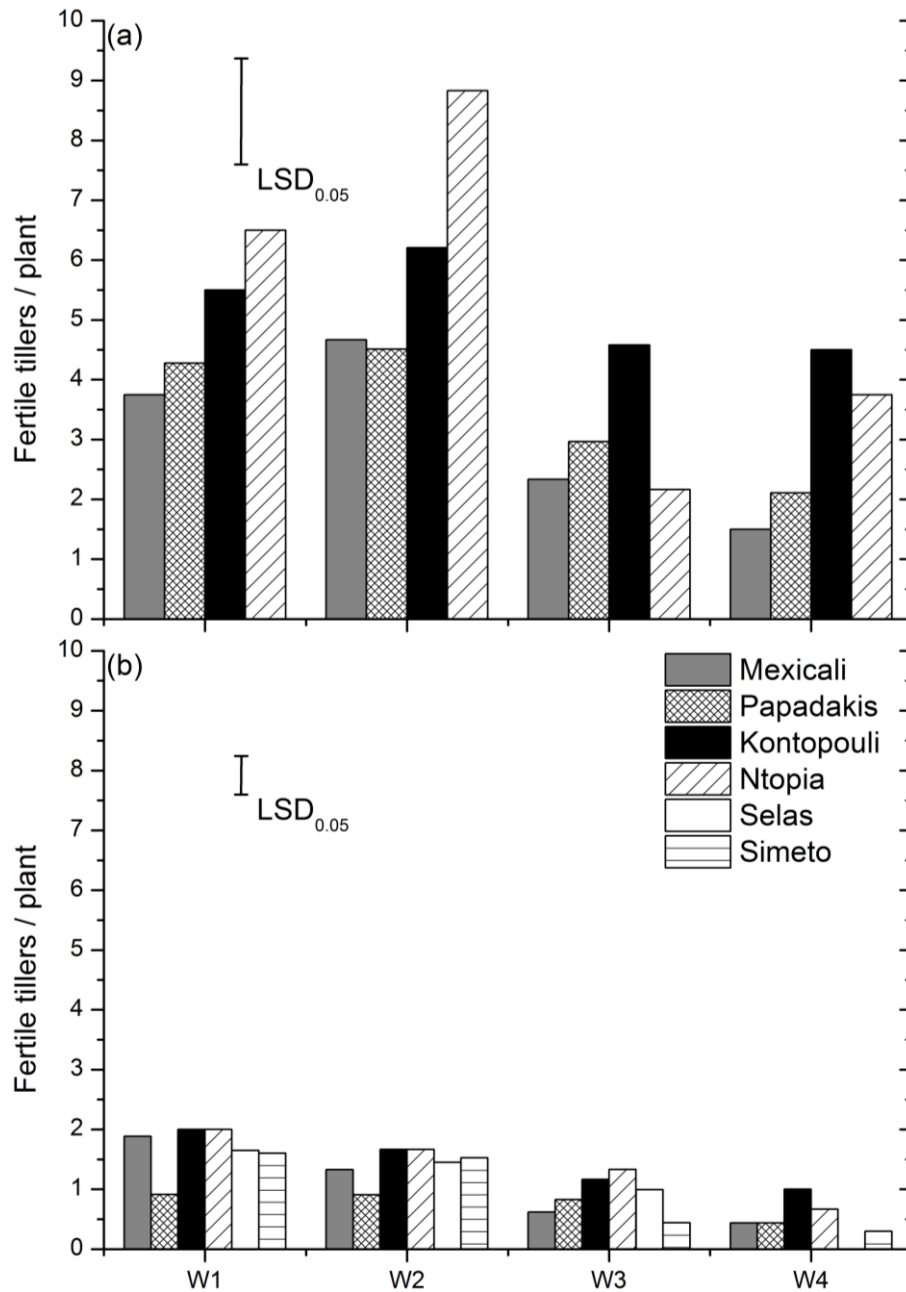
### **3.11.2 Αριθμός γόνιμων αδελφιών ανά φυτό**

Στο διάγραμμα 3.11.3 απεικονίζεται ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στον καθορισμό του τελικού αριθμού γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Το δεύτερο έτος όμως σε αντίθεση με το πρώτο, η αλληλεπίδραση των γονότυπων με τις μεταχειρίσεις του νερού δεν ήταν σημαντική, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 65 και 66, παράρτημα).

Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό. Το πρώτο πειραματικό έτος ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τα 5,00 αδέλφια/φυτό στη μεταχείριση W1, 6,05 αδέλφια/φυτό στη W2, 3,01 αδέλφια/φυτό στη W3 και 2,96 αδέλφια/φυτό στη μεταχείριση W4.

Μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1- W4) η μείωση του τελικού αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό προσέγγισε το 42,79%. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι στο σύνολό τους οι γονότυποι που εξετάστηκαν το πρώτο πειραματικό έτος, κατέγραψαν τον υψηλότερο αριθμό γόνιμων αδελφιών ανά φυτό στη μεταχείριση W2, χωρίς όμως να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά με την επέμβαση W1. Η μοναδική περίπτωση που υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αυτών των επεμβάσεων του νερού ήταν στον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184». Ο

συγκεκριμένος πληθυσμός με κατά μέσο όρο 6,5 γόνιμα αδέρφια στη μεταχείριση W1 και 8,83 γόνιμα αδέρφια στη μεταχείριση W2 υπερείχε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους και μάλιστα με στατιστικά σημαντική διαφορά (διάγραμμα 3.11.3). Μοναδική εξαίρεση ήταν ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» στην επέμβαση W1.



**Διάγραμμα 3.11.3.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Fertile tillers / plant: γόνιμα αδέρφια ανά φυτό.

Ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» ξεχώρισε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους, σε αρκετές περιπτώσεις και με στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τη στιγμή που τα υδατικά ελλείμματα άρχισαν να γίνονται πιο έντονα (W3) και μέχρι το σημείο όπου η ένταση της υδατικής καταπόνησης έλαβε τις υψηλότερες τιμές τις (W4), σύμφωνα με την εφαρμογή του πειραματικού σχεδίου που είχε επιλεγθεί. Οι μόνες περιπτώσεις που δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν με την ποικιλία «Παπαδάκης» στη μεταχείριση W3 και με τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» στη μεταχείριση W4 (διάγραμμα 3.11.3).

Οι ποικιλίες του σκληρού σιταριού εκτός ότι υπολείπονταν, όχι όμως πάντα με στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τους εγχώριους πληθυσμούς κατέγραψαν επίσης και τη μεγαλύτερη μείωση στον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Πιο συγκεκριμένα το ποσοστό μείωσης για την ποικιλία «Παπαδάκης» ήταν 50,66% και για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» 60%. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» ήταν 18,18% και 42,31%.

Το δεύτερο πειραματικό έτος σε σχέση με το πρώτο χαρακτηρίστηκε από την ιδιαίτερα μεγάλη πτώση του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό σε όλους τους γονότυπους και τις μεταχειρίσεις του νερού (διάγραμμα 3.11.3). Κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό έφτασε τα 1,68 αδέρφια/φυτό στη μεταχείριση W1, 1,42 αδέρφια/φυτό στη W2, 0,89 αδέρφια/φυτό στη W3 και μόλις τα 0,47 αδέρφια/φυτό στη μεταχείριση W4.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες, υπερείχαν και το δεύτερο έτος, όσον αφορά τον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι αυτή η υπεροχή δε συνοδεύτηκε στις περισσότερες περιπτώσεις και από στατιστικά σημαντικές διαφορές (διάγραμμα 3.11.3). Οι εμπορικές ποικιλίες «Simeto» με 81,49% και «Σέλας» με 100% κατέγραψαν το δεύτερο πειραματικό έτος τα μεγαλύτερα ποσοστά μείωσης του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4).

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, ήταν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική, με εξαίρεση το φυσικό πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» το πρώτο έτος και την ποικιλία «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.2). Ως μοντέλο για την περιγραφή της συγκεκριμένης περίπτωσης, η γραμμική παλινδρόμηση αν και στατιστικά σημαντική, δεν

περιέγραψε σε ικανοποιητικό βαθμό τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών, δηλαδή του νερού και του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό. Αξίζει να σημειωθεί ότι πρώτο πειραματικό έτος ο συντελεστής προσδιορισμού της γραμμικής παλινδρόμησης κυμάνθηκε από 0,34\* ως 0,52\*\*.

**Πίνακας 3.11.2.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
			1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)
Κοντοπούλι 17	10.53	3.76	0,28ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	17.90	8.98	0.52**
Μεξικάλι 81	13.92	8.23	0.34*
Παπαδάκης	13.77	7.61	0.48*
<i>F<sub>a</sub>, F<sub>b</sub>, r<sup>2</sup></i>	11.25***	0.92ns	0.58***
			2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)
Κοντοπούλι 17	5.15	2.17	0.60**
Ντόπια Ηρακλείου 184	5.95	2.63	0.51**
Μεξικάλι 81	6.19	3.27	0.46*
Παπαδάκης	2.49	1.13	0.06ns
Σέλας	5.74	3.02	0.79***
Simeto	4.86	2.43	0.73***
<i>F<sub>a</sub>, F<sub>b</sub>, r<sup>2</sup></i>	10.88***	0.58ns	0.61***

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της άνθησης. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Το δεύτερο έτος οι συντελεστές προσδιορισμού των γραμμικών παλινδρομήσεων κυμάνθηκαν σε σαφώς υψηλότερες τιμές, φτάνοντας ακόμα και το 0,79\*\*\* στην ποικιλία «Σέλας». Από τη σύγκριση των γραμμικών παλινδρομήσεων προέκυψε ότι οι γονότυποι διέφεραν μόνο ως προς την παράμετρο 'a' η οποία εκφράζει το δυναμικό σχηματισμού γόνιμων αδελφιών για κάθε γονότυπο. Τονίζεται όμως ότι η τιμή της είναι θεωρητική, καθώς για να μπορέσει να τη λάβει κάποιο φυτό, θα πρέπει να έχει αναπτυχθεί σε τέτοιες ιδεώδεις συνθήκες επάρκειας νερού, ώστε η τιμή του δείκτη WPI για εκείνο να είναι μηδέν. Το πρώτο έτος τη μεγαλύτερη τιμή για τη συγκεκριμένη παράμετρο έλαβε ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 17,90 γόνιμα αδέρφια/φυτό και τη χαμηλότερη η ποικιλία «Παπαδάκης» με 13,77 γόνιμα αδέρφια/φυτό. Αντίστοιχα, το δεύτερο πειραματικό έτος την υψηλότερη τιμή έλαβε η ποικιλία «Μεξικάλι 81» με 6,19 γόνιμα αδέρφια/φυτό και τη χαμηλότερη η ποικιλία «Simeto» με 4,86 γόνιμα αδέρφια/φυτό. Υπενθυμίζεται ότι η γραμμική παλινδρόμηση για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» το πρώτο έτος και

για την ποικιλία «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος δεν ήταν σημαντικές (πίνακας 3.11.2).

### 3.11.3 Αριθμός καρπών ανά στάχυ

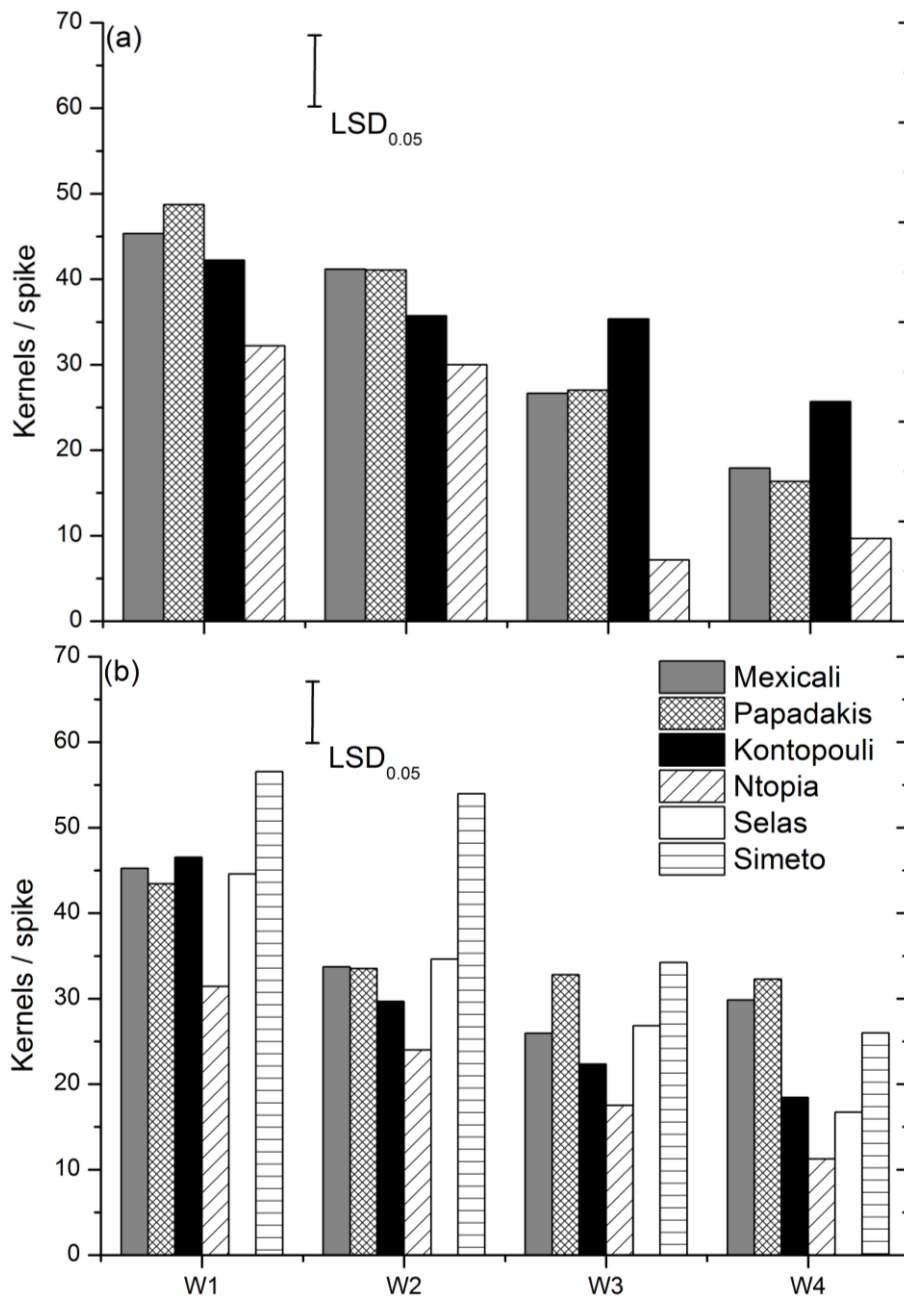
Στο διάγραμμα 3.11.4 απεικονίζεται ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στον καθορισμό του τελικού αριθμού καρπών ανά στάχυ, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Επίσης και η αλληλεπίδραση των γονοτύπων με τις μεταχειρίσεις του νερού ήταν σημαντική, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 67 και 68, παράρτημα).

Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των καρπών ανά στάχυ. Το πρώτο πειραματικό έτος ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τους 42,12 στη μεταχείριση W1, 36,98 στη W2, 24,05 στη W3 και 17,39 στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση στον τελικό αριθμό των καρπών ανά στάχυ προσέγγισε το 59,04%. Στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, ξεχώρισε το πρώτο πειραματικό έτος με 48,72 και 41,06 καρπούς ανά στάχυ αντίστοιχα στις μεταχειρίσεις W1 και W2, η εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης». Ωστόσο, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» καθώς και με την εμπορική ποικιλία «Μεξικάλι 81» (διάγραμμα 3.11.4).

Ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» ξεχώρισε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους, σε αρκετές περιπτώσεις και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τη στιγμή που τα υδατικά ελλείμματα άρχισαν να γίνονται πιο έντονα (W3) και μέχρι το σημείο όπου η ένταση της υδατικής καταπόνησης έλαβε τις υψηλότερες τιμές τις (W4), σύμφωνα με την εφαρμογή του πειραματικού σχεδίου που είχε επιλεγθεί. Οι μόνες περιπτώσεις που δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν με την ποικιλία «Παπαδάκης» στη μεταχείριση W3 και με την ποικιλία «Μεξικάλι 81» στη μεταχείριση W4 (διάγραμμα 3.11.4).

Ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» το πρώτο έτος με 69,98% εμφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης στον αριθμό των καρπών ανά στάχυ μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Τα αντίστοιχα ποσοστά για τους υπόλοιπους

γονότυπους ήταν κατά σειρά 66,47% για την ποικιλία «Παπαδάκης», 60,47% για την ποικιλία «Μεξικάλι 81» και 39,22% για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17».



**Διάγραμμα 3.11.4.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των καρπών ανά στάχυ, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Kernels / spike: κάρποι ανά στάχυ.

Το δεύτερο πειραματικό έτος χαρακτηρίστηκε από την υπεροχή της ιταλικής ποικιλίας «Simeto» η οποία με περίπου 57, 54 και 34 καρπούς ανά στάχυ στις μεταχειρίσεις W1, W2 και W3 αντίστοιχα, είχε τις υψηλότερες τιμές και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές

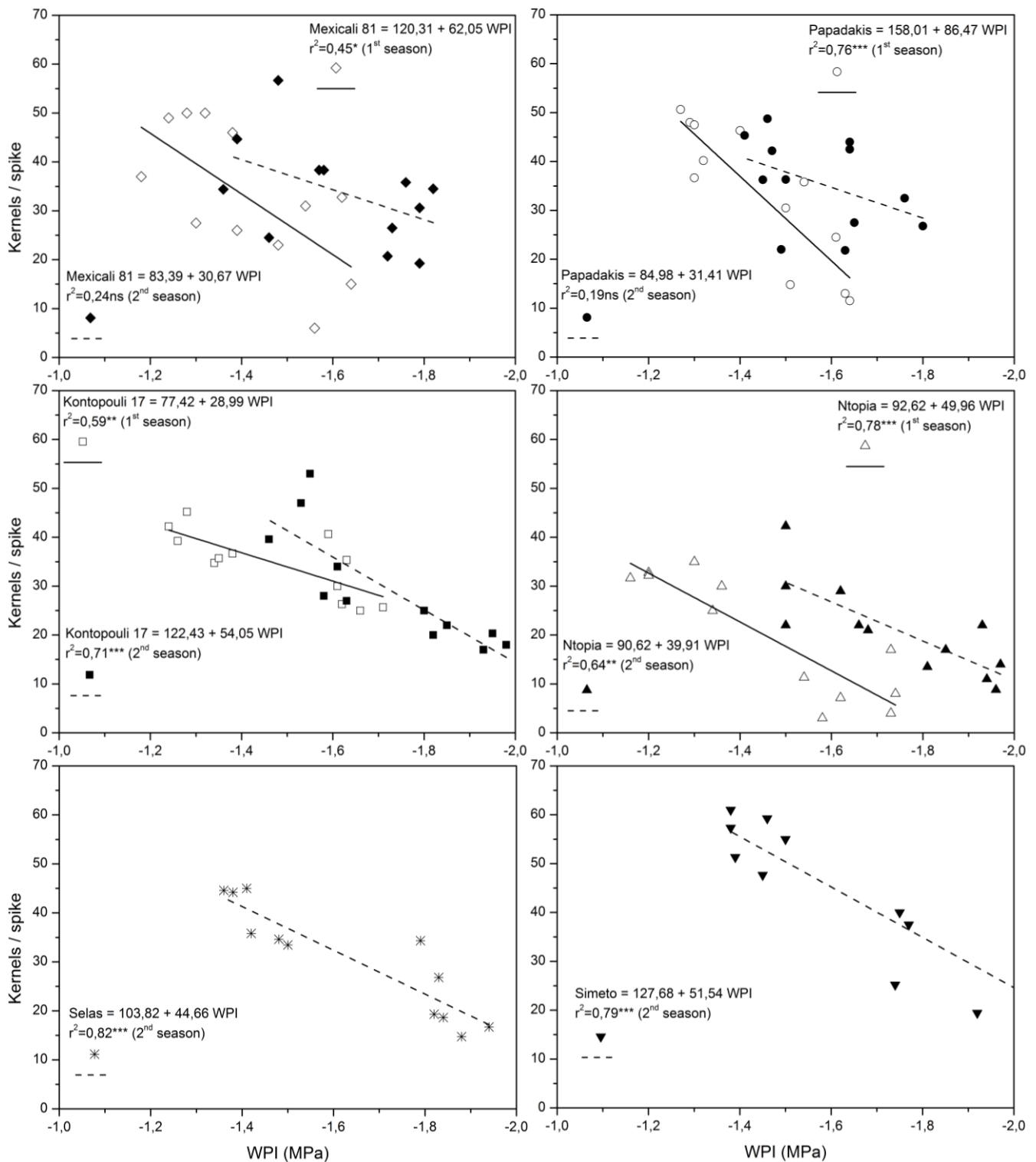
διαφορές από τους υπόλοιπους γονότυπους. Μόνο με τις ποικιλίες «Σέλας» και «Παπαδάκης» και μόνο για την επέμβαση W3 δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (διάγραμμα 3.11.4).

Όταν η ένταση της υδατικής καταπόνησης αυξήθηκε στο μέγιστο δυνατό βαθμό (μεταχείριση W4), σύμφωνα με την πειραματική διάταξη που ακολουθήθηκε, η ποικιλία «Παπαδάκης» με 32,27 καρπούς ανά στάχυ κατέγραψε την υψηλότερη τιμή για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε μόνο με τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184», καθώς και με την εμπορική ποικιλία «Σέλας». Σημειώνεται ότι το δεύτερο πειραματικό έτος οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 60,36% και 64,15% αντίστοιχα, παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του αριθμού των καρπών ανά σταχύδιο μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Παρόμοιο ποσοστό μείωσης, με 62,54%, κατέγραψε και η εμπορική ποικιλία «Σέλας».

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI για την περίοδο από το αδελφωμα μέχρι το στάδιο του γαλακτώδους καρπού) και του αριθμού των καρπών ανά στάχυ, ήταν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική, με εξαίρεση τις ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» το δεύτερο πειραματικό έτος (διάγραμμα 3.11.5). Η γραμμική παλινδρόμηση περιέγραψε σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό τη σχέση μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ και του δείκτη WPI, ειδικά για τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» ( $r^2 = 0.78^{***}$ ) και την ποικιλία «Παπαδάκης» ( $r^2 = 0.76^{***}$ ) το πρώτο πειραματικό έτος, καθώς και για τις ποικιλίες «Σέλας» ( $r^2 = 0.82^{***}$ ) και «Simeto» ( $r^2 = 0.79^{***}$ ) το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.3).

Οι γονότυποι του σκληρού σιταριού δε διαφοροποιήθηκαν σημαντικά ως προς την παράμετρο b της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του WPI και του αριθμού των καρπών ανά στάχυ, τόσο το πρώτο, όσο και το δεύτερο πειραματικό έτος. Από τη σύγκριση των γραμμικών παλινδρομήσεων παρατηρήθηκε ότι μόνο η παράμετρος 'a' διαφοροποιήθηκε μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού. Η συγκεκριμένη παράμετρος εκφράζει τη μέγιστη θεωρητική τιμή του αριθμού των καρπών ανά στάχυ που μπορεί να σχηματίσει κάθε γονότυπος, όταν αναπτυχθεί σε ιδεώδεις συνθήκες επάρκειας νερού. Το πρώτο πειραματικό έτος τις υψηλότερες τιμές της συγκεκριμένης παραμέτρου έλαβαν με 120,31 και 158,01 καρπούς ανά στάχυ οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» αντίστοιχα και το δεύτερο πειραματικό έτος ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» με 122,43 καρπούς ανά στάχυ.





**Διάγραμμα 3.11.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση του αριθμού των καρπών ανά στάχυ με το δείκτη  $\text{WPI}_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Kernels / spike: καρποί ανά στάχυ, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος.

**Πίνακας 3.11.3.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	77.42	28.99	0.59**	
Ντόπια Ηρακλείου 184	92.62	49.96	0.78***	
Μεξικάλι 81	120.31	62.05	0.45*	
Παπαδάκης	158.01	86.47	0.76***	
$F_a, F_b, r^2$	9.44***	2.72ns	0.72***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	122.43	54.05	0.71***	
Ντόπια Ηρακλείου 184	90.62	39.91	0.64**	
Μεξικάλι 81	83.39	30.67	0.24ns	
Παπαδάκης	84.98	31.41	0.19ns	
Σέλας	103.82	44.66	0.82***	
Simeto	127.68	51.54	0.79***	
$F_a, F_b, r^2$	7.15***	0.62ns	0.72***	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.11.4 Αριθμός καρπών ανά φυτό

Στο διάγραμμα 3.11.6 παρουσιάζεται ο αριθμός των καρπών ανά φυτό των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στον καθορισμό του τελικού αριθμού καρπών ανά στάχυ, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Το πρώτο έτος όμως σε αντίθεση με το δεύτερο, οι γονότυποι ως παράγοντας, καθώς και η αλληλεπίδραση των γονοτύπων με τις μεταχειρίσεις του νερού δεν ήταν σημαντικοί, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 69 και 70, παράρτημα).

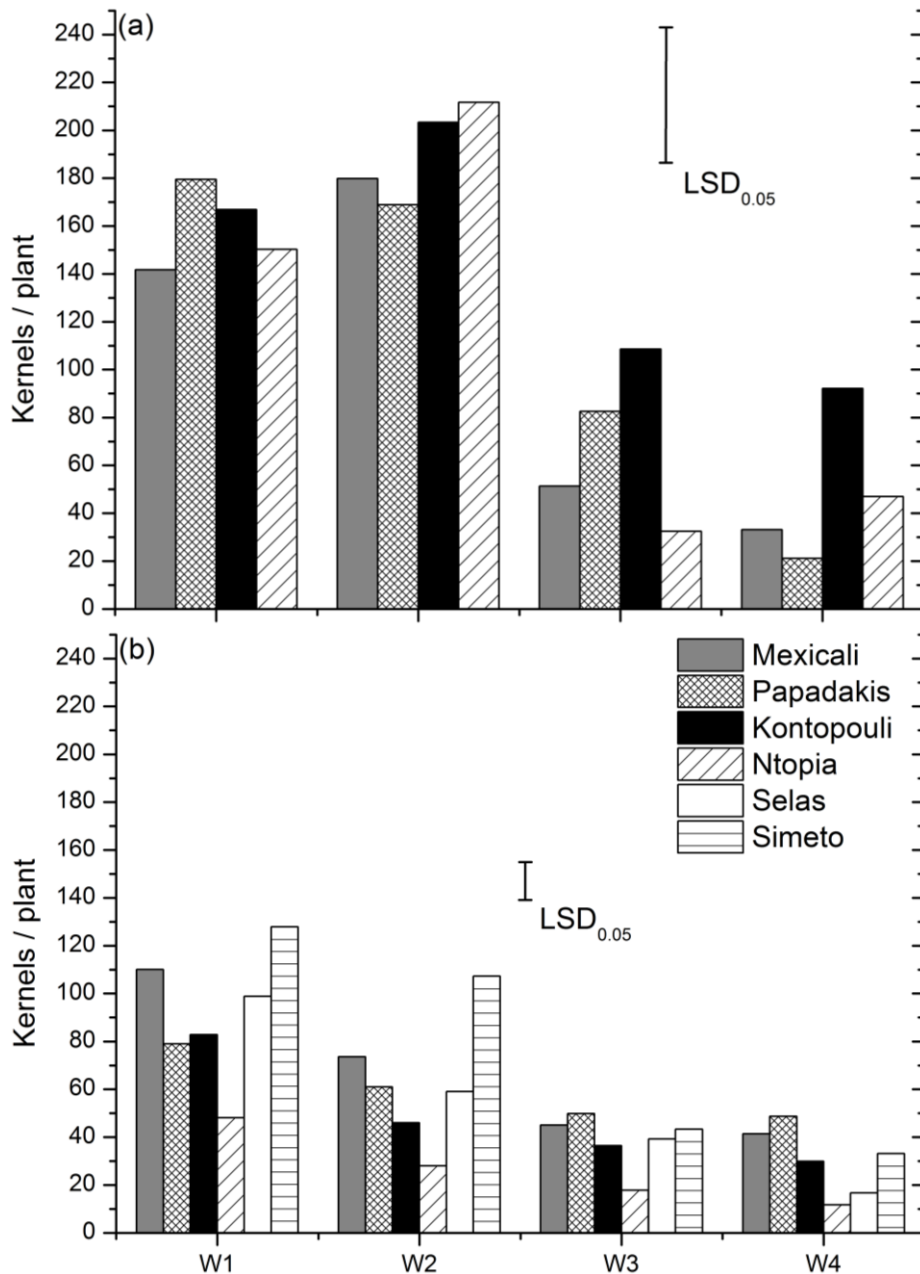
Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των καρπών ανά φυτό. Το πρώτο πειραματικό έτος ο αριθμός των καρπών ανά φυτό, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τους 159,58 στη μεταχείριση W1, 190,93 στη W2, 68,74 στη W3 και 48,36 στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση στον τελικό αριθμό των καρπών ανά φυτό προσέγγισε το 69,58%. Στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας δεν παρατηρήθηκαν

σημαντικές διαφορές το πρώτο έτος μεταξύ των γονότυπων που εξετάστηκαν. Ειδικότερα, στην επέμβαση W1 καταγράφηκε μία μη σημαντική υπεροχή της ποικιλίας «Παπαδάκης» με 179,49 καρπούς ανά φυτό και αντίστοιχα στην επέμβαση W2 μία μη σημαντική υπεροχή του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 211,66 καρπούς ανά φυτό (διάγραμμα 3.11.6). Σημειώνεται ότι ο υψηλότερος αριθμός καρπών ανά φυτό παρουσιάστηκε στη μεταχείριση W2 για όλους τους γονότυπους, χωρίς όμως να προκύπτουν και στατιστικά σημαντικές διαφορές με τη μεταχείριση W1.

Ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» ξεχώρισε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους, όχι όμως πάντα και με στατιστικά σημαντικές διαφορές, από τη στιγμή που τα υδατικά ελλείμματα άρχισαν να γίνονται πιο έντονα (W3) και μέχρι το σημείο όπου η ένταση της υδατικής καταπόνησης έλαβε τις υψηλότερες τιμές τις (W4), σύμφωνα με την εφαρμογή του πειραματικού σχεδίου που είχε επιλεγθεί. Οι περιπτώσεις που δε σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν με την ποικιλία «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» στη μεταχείριση W3, καθώς και με τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» στη μεταχείριση W4 (διάγραμμα 3.11.6).

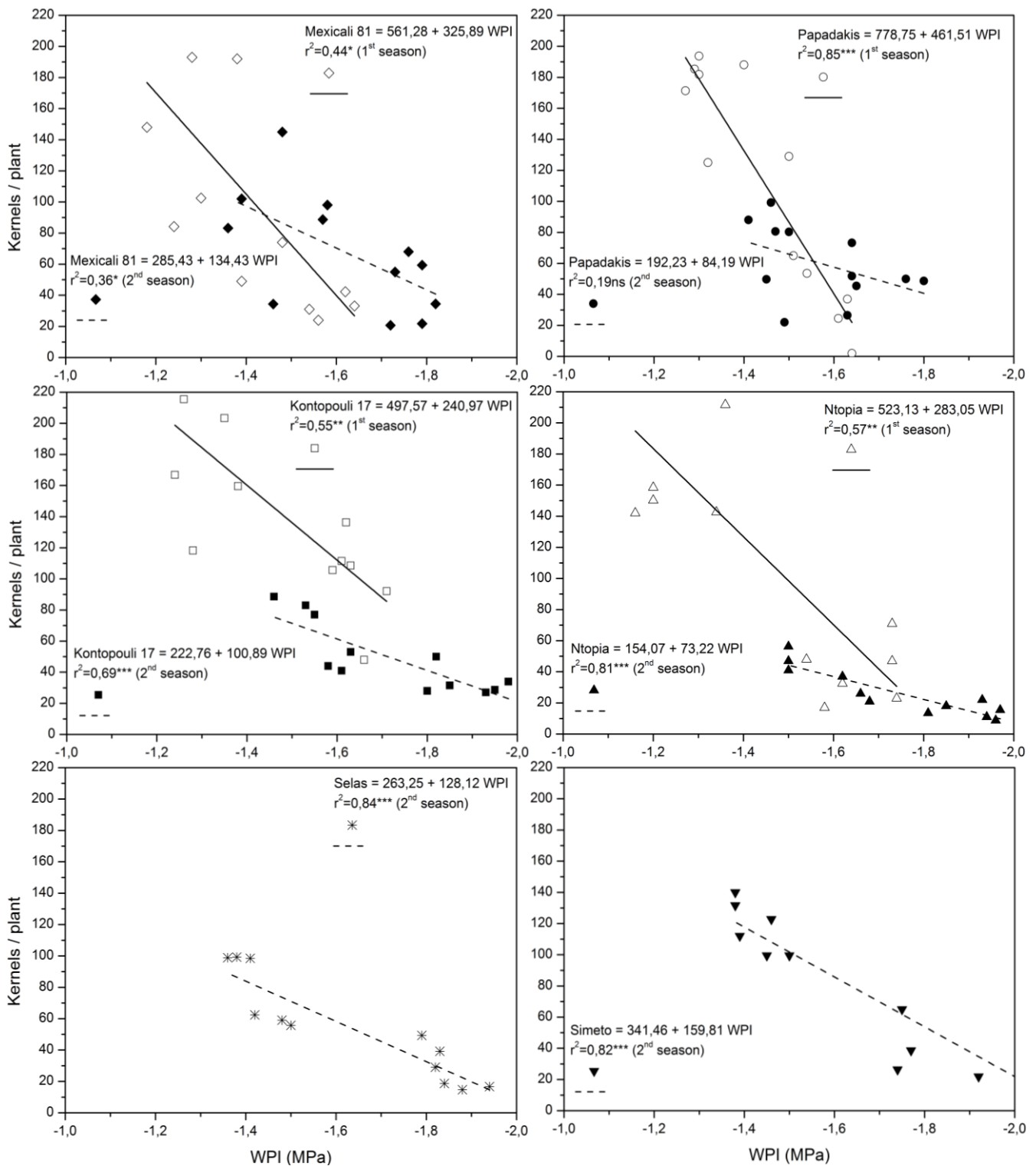
Τα υψηλότερα ποσοστά μείωσης του αριθμού των καρπών ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) παρατηρήθηκαν το πρώτο πειραματικό έτος από τις εμπορικές ποικιλίες «Μεξικάλι 81» με 76,23% και «Παπαδάκης» με 88,21%. Οι φυσικοί πληθυσμοί κατέγραψαν χαμηλότερα ποσοστά μείωσης, με τον «Κοντοπούλι 17» να φτάνει περίπου το 45% και τον «Ντόπια Ηρακλείου 184» το 69%.

Το δεύτερο πειραματικό έτος χαρακτηρίστηκε από την υπεροχή της ιταλικής ποικιλίας «Simeto» στις επεμβάσεις που υπήρχαν τα περισσότερα αποθέματα σε εδαφική υγρασία. Η συγκεκριμένη ποικιλία με 127,89 και 107,25 καρπούς ανά φυτό στις μεταχειρίσεις W1 και W2 αντίστοιχα, είχε τις υψηλότερες τιμές και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους υπόλοιπους γονότυπους. Όταν όμως η ένταση της υδατικής καταπόνησης αυξήθηκε (W3 και W4), η ιταλική ποικιλία «Simeto» έχασε την υπεροχή της από την ελληνική ποικιλία «Παπαδάκης», χωρίς όμως να εμφανίζονται και στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους (διάγραμμα 3.11.6). Η ποικιλία «Παπαδάκης» διέφερε με στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο από τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» στη μεταχείριση W3, καθώς και με την ποικιλία «Σέλας» και τους εγχώριους πληθυσμούς «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» στη μεταχείριση W4.



**Διάγραμμα 3.11.6.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στον αριθμό των καρπών ανά φυτό, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Kernels / plant: καρποί ανά φυτό.

Σημειώνεται ότι το δεύτερο πειραματικό έτος η ποικιλία «Σέλας» και ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 83,10% και 75,54% αντίστοιχα, παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του αριθμού των καρπών ανά φυτό μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Τα ποσοστά μείωσης που κατέγραψαν οι υπόλοιποι γονότυποι ήταν κατά σειρά με 74,08% η ιταλική ποικιλία «Simeto», με 63,93% ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17», με 62,37% η ποικιλία «Μεξικάλι 81» και τέλος η ποικιλία «Παπαδάκης» με 38,39%.



**Διάγραμμα 3.11.7.** Η γραμμική παλινδρόμηση του αριθμού των καρπών ανά φυτό με το δείκτη WPI, για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Kernels / plant: καρποί ανά φυτό, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος.

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και του αριθμού των καρπών ανά φυτό, ήταν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική, με μοναδική εξαίρεση την

ποικιλία «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος (διάγραμμα 3.11.7). Η γραμμική παλινδρόμηση περιέγραψε σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό τη σχέση μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του δείκτη  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$ , ειδικά για την ποικιλία «Παπαδάκης» ( $r^2 = 0.85^{***}$ ) το πρώτο πειραματικό έτος, καθώς και για τις ποικιλίες «Σέλας» ( $r^2 = 0.84^{***}$ ) και «Simeto» ( $r^2 = 0.82^{***}$ ), αλλά και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» ( $r^2 = 0.81^{***}$ ) το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.4).

**Πίνακας 3.11.4.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a		b		$r^2$
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)				
Κοντοπούλι 17	497.57		240.97		0.55**
Ντόπια Ηρακλείου 184	523.13		283.05		0.57**
Μεξικάλι 81	561.28		325.89		0.44*
Παπαδάκης	778.75		461.51		0.85***
$F_a, F_b, r^2$	3.20*		1.06ns		0.62***
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)				
Κοντοπούλι 17	222.76		100.89		0.69***
Ντόπια Ηρακλείου 184	154.07		73.22		0.81***
Μεξικάλι 81	285.43		134.43		0.36*
Παπαδάκης	192.23		84.19		0.19ns
Σέλας	263.25		128.12		0.84***
Simeto	341.46		159.81		0.82***
$F_a, F_b, r^2$	5.68***		1.26ns		0.72***

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και  $r^2$ : συντελεστής προσδιορισμού.

Οι γονότυποι του σκληρού σιταριού δε διαφοροποιήθηκαν ως προς την παράμετρο b της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$  και του αριθμού των καρπών ανά φυτό, τόσο το πρώτο, όσο και το δεύτερο πειραματικό έτος. Από τη σύγκριση των γραμμικών παλινδρομήσεων παρατηρήθηκε ότι μόνο η παράμετρος 'a' διαφοροποιήθηκε μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού. Η συγκεκριμένη παράμετρος εκφράζει τη μέγιστη θεωρητική τιμή του αριθμού των καρπών ανά φυτό που μπορεί να σχηματίσει κάθε γονότυπος, όταν αναπτυχθεί σε ιδεώδεις συνθήκες επάρκειας νερού. Το πρώτο πειραματικό έτος τις υψηλότερες τιμές της συγκεκριμένης παραμέτρου έλαβαν με 778,75 και 561,28 καρπούς ανά φυτό, οι ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» αντίστοιχα και το δεύτερο πειραματικό έτος η ιταλική ποικιλία «Simeto» με 341,46 καρπούς ανά φυτό.

### 3.11.5 Βάρος χιλίων κόκκων

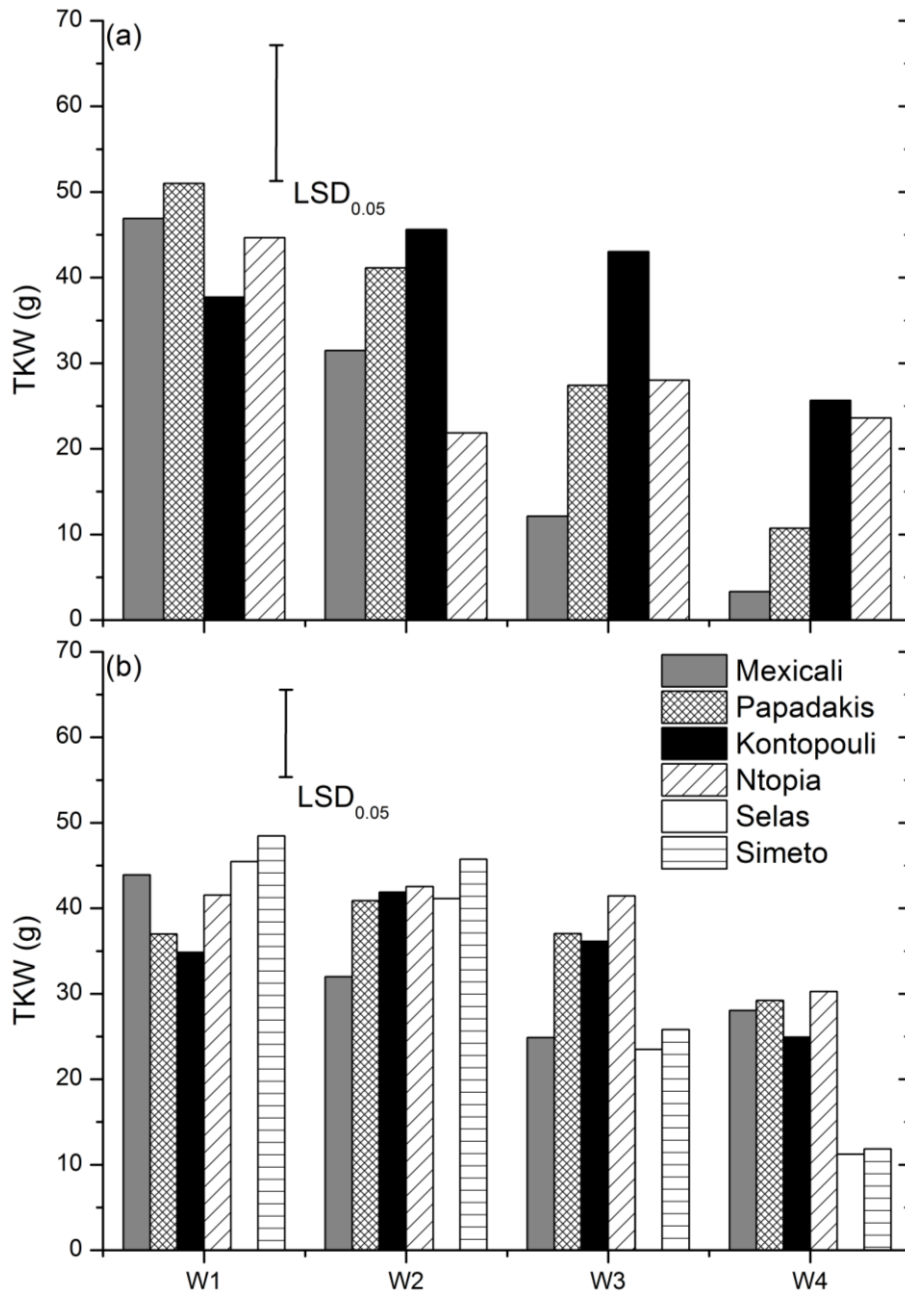
Στο διάγραμμα 3.11.6 παρουσιάζεται το βάρος χιλίων κόκκων των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στο βάρος χιλίων κόκκων, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (πίνακες 71 και 72, παράρτημα). Ο μόνος παράγοντας που δεν ήταν σημαντικός και τα δύο πειραματικά έτη σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (ANOVA), ήταν οι γονότυποι.

Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του βάρους των χιλίων κόκκων των γονότυπων. Το πρώτο πειραματικό έτος το βάρος χιλίων κόκκων, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τα 45,05 g στη μεταχείριση W1, 35,01 g στη W2, 27,64 g στη W3 και τα 15,82 g στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση στο βάρος χιλίων κόκκων προσέγγισε το 62,76%. Η ποικιλία «Παπαδάκης» με 50,97 g κατέγραψε το υψηλότερο βάρος χιλίων κόκκων το πρώτο πειραματικό έτος στη μεταχείριση W1, χωρίς ωστόσο να διαφέρει στατιστικά σημαντικά με κανένα από τους υπόλοιπους γονότυπους. Στις μεταχειρίσεις όμως που η εδαφική υγρασία ήταν περιορισμένη υπερείχε ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» με 45,6 g στη μεταχείριση W2, 43,02 g στη W3 και με 25,65 g στη μεταχείριση W4. Σημειώνεται όμως ότι οι μοναδικές στατιστικά σημαντικές διαφορές του βρέθηκαν στη μεταχείριση W2 με τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» και στις μεταχειρίσεις W3 και W4 με την εμπορική ποικιλία «Μεξικάλι 81» (διάγραμμα 3.11.8).

Το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης του βάρους χιλίων κόκκων μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) το πρώτο πειραματικό έτος παρατηρήθηκε με 92,94% στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» και ακολούθησαν αντίστοιχα με 78,98%, 47,13% και 31,99% η ποικιλία «Παπαδάκης» και οι εγχώριοι πληθυσμοί «Ντόπια Ηρακλείου 184» και «Κοντοπούλι 17».

Το δεύτερο πειραματικό έτος η ιταλική ποικιλία «Simeto» με 48,46 και 45,73 g στις μεταχειρίσεις W1 και W2 αντίστοιχα, υπερείχε απ' τους υπόλοιπους γονότυπους. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές σημείωσε με την ποικιλία «Παπαδάκης» και τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» στη μεταχείριση W1 και μόνο με την ποικιλία «Μεξικάλι 81» στη μεταχείριση W2 (διάγραμμα 3.11.8). Η περαιτέρω μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, όπως διαμορφώθηκε από τις επεμβάσεις W3 και W4, οδήγησε στην υπεροχή του εγχώριου πληθυσμού «Ντόπια Ηρακλείου 184». Ο συγκεκριμένος εγχώριος πληθυσμός με

41,45 g στη μεταχείριση W3, διέφερε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ποικιλίες «Σέλας», «Μεξικάλι 81» και «Simeto» και επίσης στη μεταχείριση W4 με 30,25 g διέφερε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto».



**Διάγραμμα 3.11.8.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο βάρος χιλιών κόκκων, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . TKW: βάρος χιλιών κόκκων σε γραμμάρια.

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και του βάρους των χιλιών κόκκων, στις περισσότερες περιπτώσεις δεν ήταν σημαντική, με εξαίρεση τις



ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» το πρώτο έτος και τις ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.5). Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσίασε το γεγονός ότι στις λίγες περιπτώσεις που αυτή η σχέση ήταν σημαντική, οι τιμές των συντελεστών προσδιορισμού των γραμμικών παλινδρομήσεων ήταν σχετικά υψηλές.

**Πίνακας 3.11.5.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του βάρους χιλίων κόκκων και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
Κοντοπούλι 17	71.32	22.63	0.17ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	67.92	26.32	0.19ns
Μεξικάλι 81	175.82	108.00	0.73***
Παπαδάκης	188.67	108.22	0.69***
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)	
Κοντοπούλι 17	76.40	24.34	0.18ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	68.88	17.17	0.23ns
Μεξικάλι 81	83.38	31.57	0.15ns
Παπαδάκης	100.97	41.23	0.29ns
Σέλας	131.59	61.84	0.84***
Simeto	133.48	60.96	0.83***

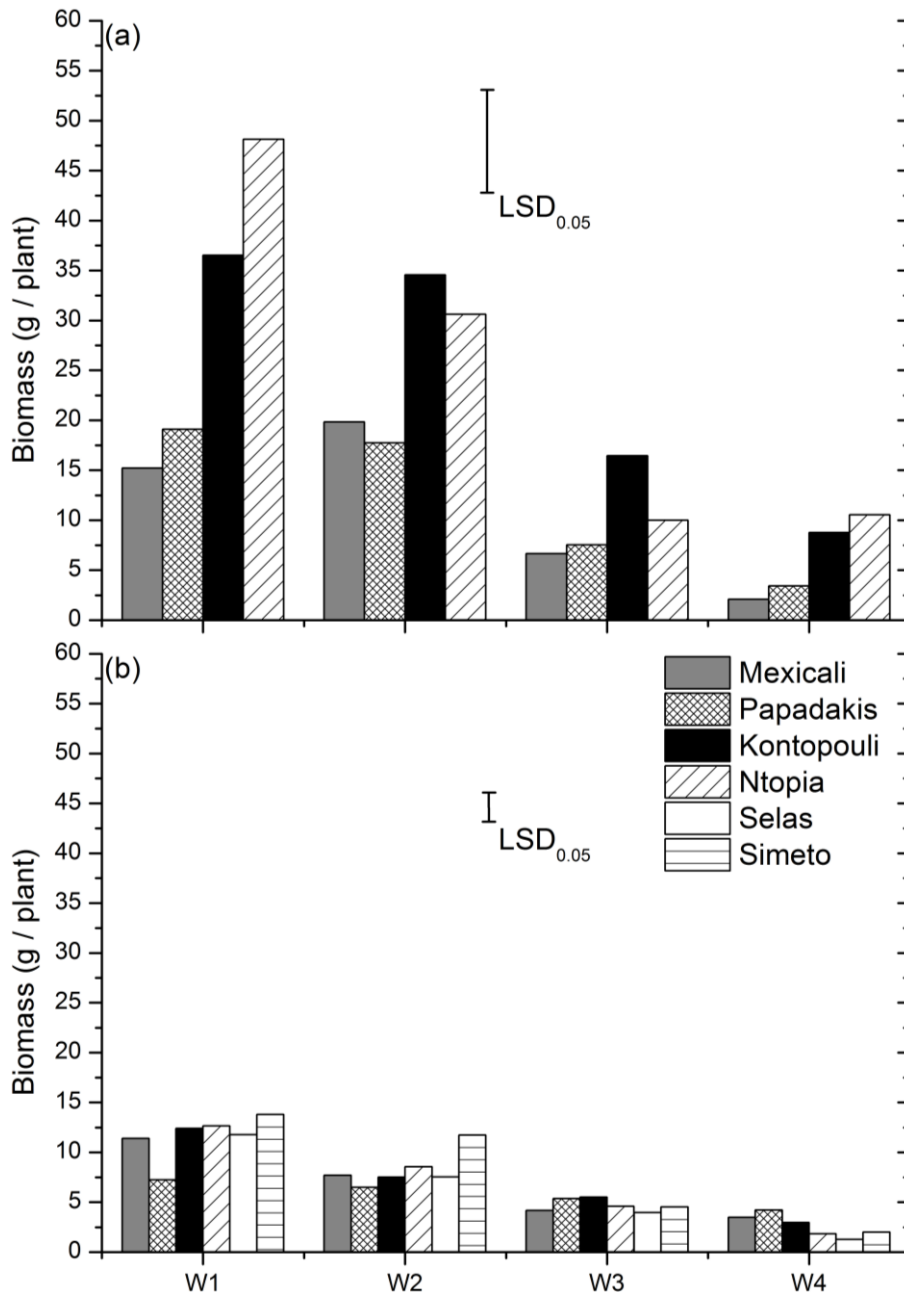
Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

### 3.11.6 Απόδοση σε βιομάζα ανά φυτό

Στο διάγραμμα 3.11.9 παρουσιάζεται η απόδοση σε βιομάζα των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού άσκησαν σημαντική επίδραση στη συγκεκριμένη απόδοση, σε όλους τους γονότυπους και για τα δύο πειραματικά έτη, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA). Και τα δύο πειραματικά έτη η αλληλεπίδραση του παράγοντα «εδαφική υγρασία» και του παράγοντα «γονότυποι» ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 73 και 74, παράρτημα).

Τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης είχε ως αποτέλεσμα το περιορισμό της αποδοτικότητας σε βιομάζα σε όλους τους γονότυπους που μελετήθηκαν. Το πρώτο πειραματικό έτος η απόδοση σε βιομάζα, κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους, έφτασε τα 29,75 g/φυτό στη μεταχείριση W1, 25,68 g/φυτό στη W2, 10,16 g/φυτό στη W3 και 6,21 g/φυτό στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση της

αποδοτικότητα σε βιομάζα προσέγγισε το 81%. Στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού υπερέιχαν με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις εμπορικές ποικιλίες.



**Διάγραμμα 3.11.9.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στην απόδοση σε βιομάζα (γραμμάρια), κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Biomass: απόδοση σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης.

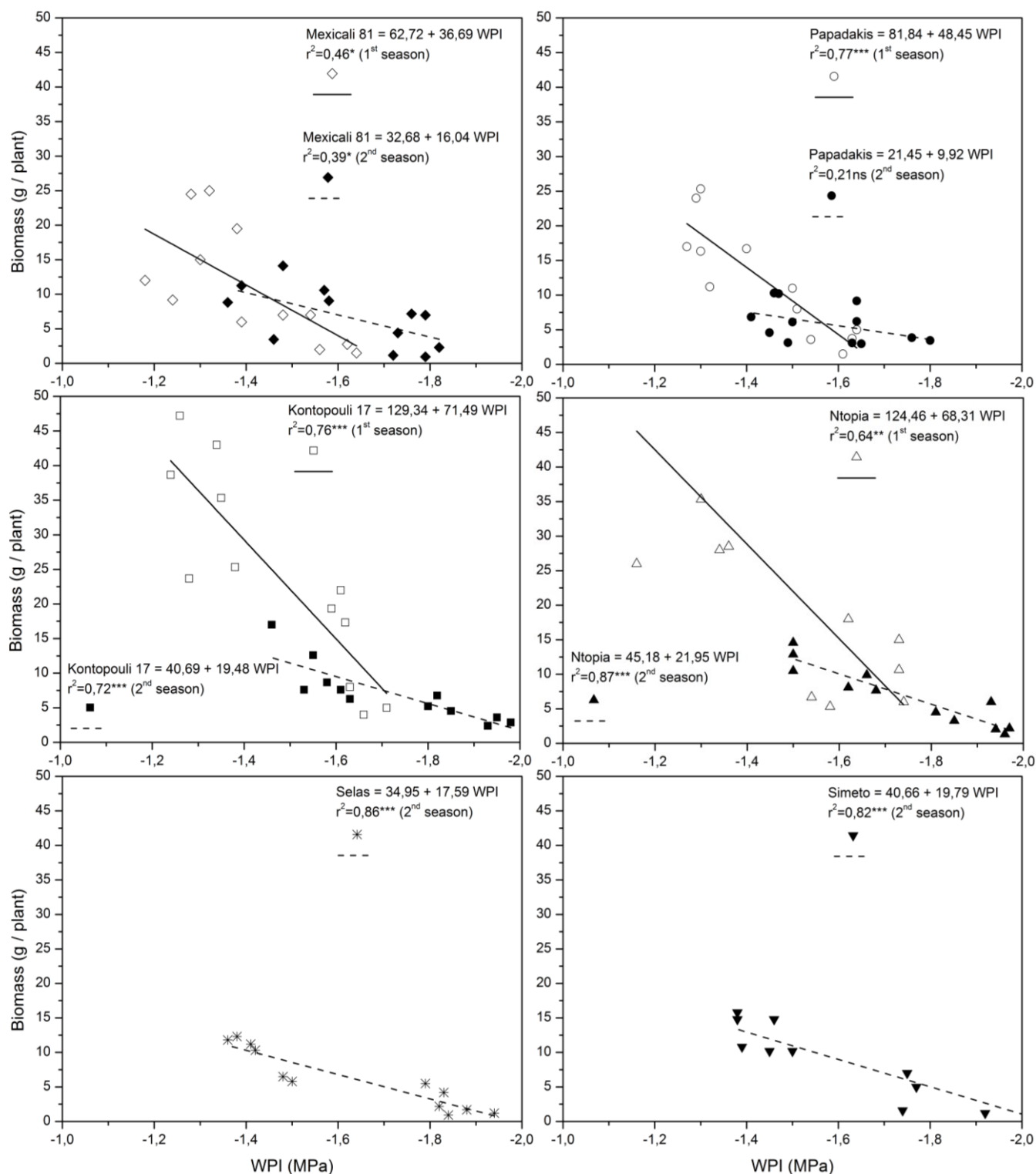
Ειδικότερα, στην επέμβαση W1 ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 48,13 g βιομάζας ανά φυτό παρουσίασε την υψηλότερη αποδοτικότητα και μάλιστα με

στατιστικά σημαντικές διαφορές απ' το υπόλοιπο πειραματικό υλικό. Ωστόσο, μόλις εμφανίστηκαν τα πρώτα ελλείμματα σε εδαφική υγρασία (W2) έχασε τη θέση του με 34,55 g βιομάζας ανά φυτό από τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17», χωρίς όμως να καταγράφεται μεταξύ τους και στατιστικά σημαντική διαφορά. Η υπεροχή των εγχώριων πληθυσμών «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» συνεχίστηκε και στις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα σε διαθέσιμη εδαφική υγρασία, χωρίς όμως να σημειώνονται και στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις εμπορικές ποικιλίες «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» (διάγραμμα 3.11.9).

Διαφοροποίηση μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού, παρατηρήθηκε το πρώτο πειραματικό έτος και ως προς το ποσοστό μείωσης της αποδοτικότητας σε βιομάζα μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4). Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στην ποικιλία «Μεξικάλι 81» με 86,31% και την ακολούθησαν με 82,12%, 78,07% και 75,96% η ποικιλία «Παπαδάκης» και οι εγχώριοι πληθυσμοί «Ντόπια Ηρακλείου 184» και «Κοντοπούλι 17» αντίστοιχα.

Το δεύτερο πειραματικό έτος, σε σχέση με το πρώτο, χαρακτηρίστηκε από τη σαφή πτώση της αποδοτικότητας σε βιομάζα, σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού, αλλά και για όλο το πειραματικό υλικό που εξετάστηκε. Κατά μέσο όρο, η απόδοση σε βιομάζα για όλους τους γονότυπους έφτασε τα 11,54 g/φυτό στη μεταχείριση W1, 8,26 g/φυτό στη W2, 4,69 g/φυτό στη W3 και 2,63 g/φυτό στη μεταχείριση W4. Δηλαδή, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού η μείωση της αποδοτικότητας σε βιομάζα προσέγγισε το 75%.

Στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια νερού, η ιταλική ποικιλία «Simeto» παρουσίασε το δεύτερο πειραματικό έτος την υψηλότερη αποδοτικότητα σε βιομάζα (διάγραμμα 3.11.9). Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι ενώ στη μεταχείριση W2 υπερείχε με στατιστικά σημαντικές διαφορές απ' όλο το πειραματικό υλικό, στη μεταχείριση W1 η μόνη στατιστικά σημαντική διαφορά καταγράφηκε με την ποικιλία «Παπαδάκης». Στις μεταχειρίσεις W3 και W4 δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση μεταξύ του πειραματικού υλικού. Εξαίρεση αποτέλεσε η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποικιλιών «Παπαδάκης» και «Σέλας» (διάγραμμα 3.11.9).



**Διάγραμμα 3.11.10.** Η γραμμική παλινδρόμηση της απόδοσης σε βιομάζα με το δείκτη WPI για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Biomass: απόδοση σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος.

**Πίνακας 3.11.6.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της απόδοσης σε βιομάζα κατά το στάδιο της οικονομικής ωρίμανσης και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	129.34	71.49	0.76***	
Ντόπια Ηρακλείου 184	124.46	68.31	0.64**	
Μεξικάλι 81	62.72	36.69	0.46*	
Παπαδάκης	81.84	48.45	0.77***	
F <sub>a</sub> , F <sub>b</sub> , r <sup>2</sup>	14.81***	1.34ns	0.74***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	40.69	19.48	0.72***	
Ντόπια Ηρακλείου 184	45.18	21.95	0.87***	
Μεξικάλι 81	32.68	16.04	0.39*	
Παπαδάκης	21.45	9.92	0.21ns	
Σέλας	34.95	17.59	0.86***	
Simeto	40.66	19.79	0.82***	
F <sub>a</sub> , F <sub>b</sub> , r <sup>2</sup>	5.32***	0.74ns	0.72***	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και της αποδοτικότητας σε βιομάζα, ήταν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική, με μοναδική εξαίρεση την ποικιλία «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος (διάγραμμα 3.11.10). Η γραμμική παλινδρόμηση περιέγραψε σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό τη σχέση μεταξύ της αποδοτικότητας σε βιομάζα και του δείκτη WPI, ειδικά για την ποικιλία «Παπαδάκης» (r<sup>2</sup> = 0.77\*\*\*) και τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» (r<sup>2</sup> = 0.76\*\*\*) το πρώτο πειραματικό έτος, καθώς και για τις ποικιλίες «Σέλας» (r<sup>2</sup> = 0.86\*\*\*) και «Simeto» (r<sup>2</sup> = 0.82\*\*\*) και τους εγχώριους πληθυσμούς «Ντόπια Ηρακλείου 184» (r<sup>2</sup> = 0.87\*\*\*) και «Κοντοπούλι 17» (r<sup>2</sup> = 0.72\*\*\*), το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.6).

Οι γονότυποι του σκληρού σιταριού δε διαφοροποιήθηκαν ως προς την παράμετρο 'b' της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του WPI<sub>Tillering→ Milk development</sub> και της αποδοτικότητας σε βιομάζα, τόσο το πρώτο, όσο και το δεύτερο πειραματικό έτος. Από τη σύγκριση των γραμμικών παλινδρομήσεων παρατηρήθηκε ότι μόνο η παράμετρος 'a' διαφοροποιήθηκε μεταξύ των γονότυπων του σκληρού σιταριού. Η συγκεκριμένη παράμετρος εκφράζει τη μέγιστη θεωρητική τιμή της απόδοσης σε βιομάζα για κάθε γονότυπο, όταν αναπτυχθεί σε ιδεώδεις συνθήκες επάρκειας νερού. Το πρώτο πειραματικό έτος τις υψηλότερες τιμές της συγκεκριμένης παραμέτρου έλαβαν με 129,34 και 124,46 g βιομάζας ανά φυτό, οι εγχώριοι

πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» αντίστοιχα και το δεύτερο πειραματικό έτος ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» με 45,18 g βιομάζας ανά φυτό (πίνακας 3.11.6).

### 3.11.7 Συντελεστής συγκομιδής

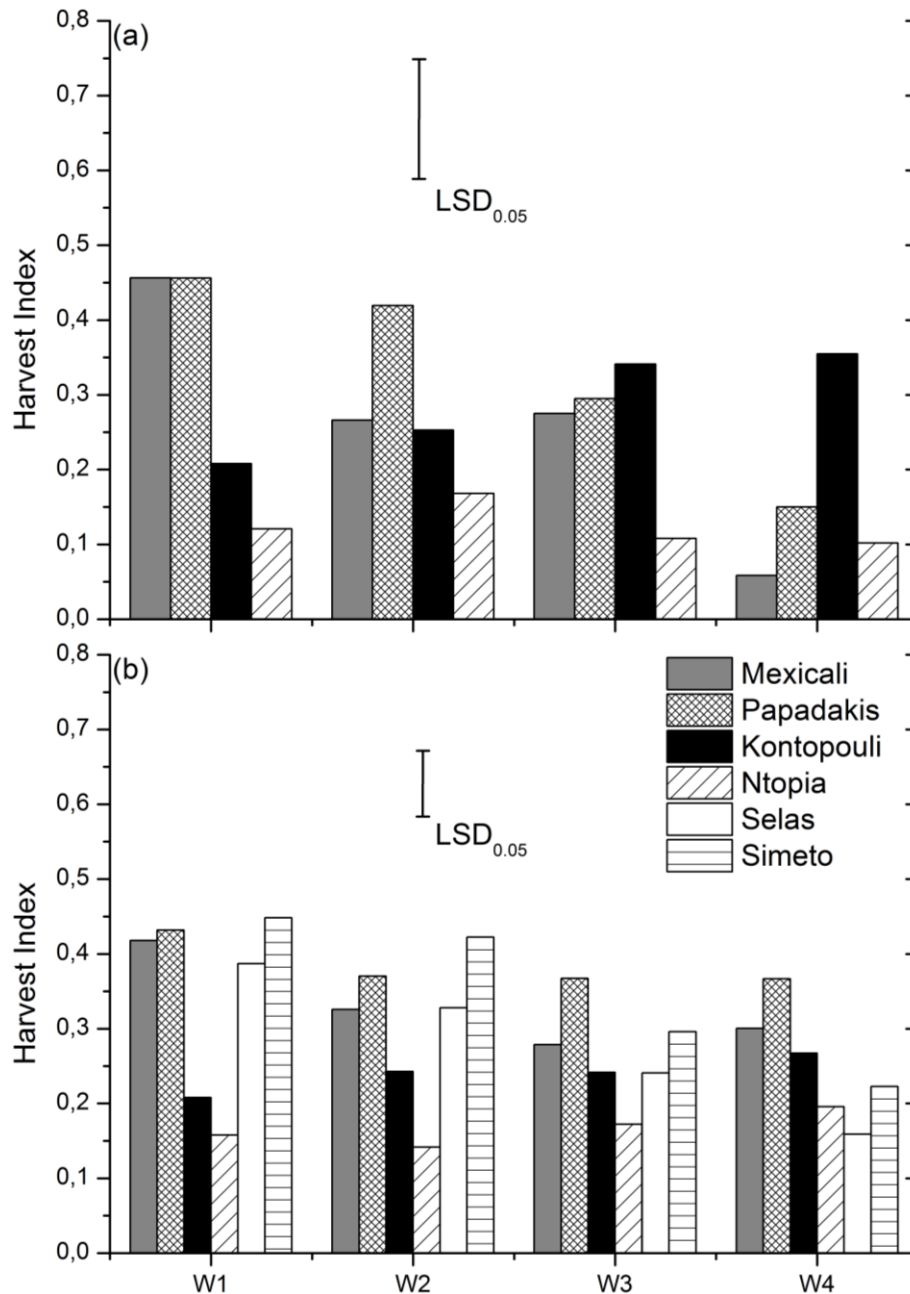
Στο διάγραμμα 3.11.11 παρουσιάζεται ο συντελεστής συγκομιδής των γονότυπων του σκληρού σιταριού που εξετάστηκαν τα δύο πειραματικά έτη. Οι μεταχειρίσεις του νερού, σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA), είχαν σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική επίδραση στις τιμές του συντελεστή συγκομιδής. Και τα δύο πειραματικά έτη η αλληλεπίδραση του παράγοντα «εδαφική υγρασία» και του παράγοντα «γονότυποι» ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 75 και 76, παράρτημα).

Μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών υπήρξε διαφοροποίηση όσον αφορά τις τιμές του συντελεστή συγκομιδής. Η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του συγκεκριμένου συντελεστή και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές για τις εμπορικές ποικιλίες. Στους εγχώριους πληθυσμούς πραγματοποιήθηκε ακριβώς το αντίθετο χωρίς όμως σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Η μόνη εξαίρεση ήταν το πρώτο πειραματικό έτος ο εγχώριος πληθυσμός «Ντόπια Ηρακλείου 184» (διάγραμμα 3.11.11).

Μεγάλη και ταυτόχρονα στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών το πρώτο πειραματικό έτος στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια σε διαθέσιμη εδαφική υγρασία. Ειδικότερα στη μεταχείριση W1 ο συντελεστής συγκομιδής των ποικιλιών «Παπαδάκης» και «Μεξικάλι 81» έφτασε την τιμή 0,45 ενώ οι εγχώριοι πληθυσμοί «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» δε ξεπέρασαν τις τιμές 0,21 και 0,13 αντίστοιχα. Ωστόσο, στις μεταχειρίσεις W3 και W4 η κατάταξη στο πειραματικό υλικό άλλαξε και ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» υπερείχε σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες (διάγραμμα 3.11.11). Τονίζεται όμως ότι μόνο στην επέμβαση W4 σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» και των εμπορικών ποικιλιών. Στη συγκεκριμένη μεταχείριση του νερού η τιμή του δείκτη συγκομιδής για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» ήταν 0,35 και η αμέσως επόμενη τιμή σημειώθηκε με 0,15 από την ποικιλία «Παπαδάκης».

Σημειώνεται ότι το πρώτο πειραματικό έτος οι επεμβάσεις του νερού δεν προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές στο δείκτη συγκομιδής των εγχώριων πληθυσμών. Αντιθέτως, ο

συγκεκριμένος δείκτης για τις εμπορικές ποικιλίες μεταβλήθηκε με στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ειδικότερα, μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) οι διαφορές ήταν τόσο υψηλές στις εμπορικές ποικιλίες που έφτασαν στην «Μεξικάλι 81» το 87,16% και στην ποικιλία «Παπαδάκης» το 67,10%.



**Διάγραμμα 3.11.11.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο συντελεστή συγκομιδής, κατά την πρώτη (a) και τη δεύτερη (b) πειραματική περίοδο. Οι κάθετες μπάρες συμβολίζουν την ελάχιστη σημαντική διαφορά για  $\alpha=0,05$ . Harvest Index: δείκτης συγκομιδής.

Όπως προέκυψε και από τα αποτελέσματα του δεύτερου πειραματικού έτους ο δείκτης συγκομιδής φάνηκε να μη διαφοροποιείται μεταξύ των ετών, ειδικά στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο πειραματικό έτος ο δείκτης συγκομιδής κατά μέσο όρο για τους γονότυπους «Μεξικάλι 81», «Παπαδάκης», «Κοντοπούλι 17» και «Ντόπια Ηρακλείου 184» έφτασε στη μεταχείριση W1 την τιμή 0,31 και στη μεταχείριση W2 την τιμή 0,28. Το δεύτερο πειραματικό έτος οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν αντίστοιχα 0,30 και 0,27.

**Πίνακας 3.11.7.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του συντελεστή συγκομιδής και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b	r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)	
Κοντοπούλι 17	-0.32	-0.41	0.30ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.24	0.08	0.09ns
Μεξικάλι 81	1.67	1.00	0.69***
Παπαδάκης	1.52	0.83	0.69***
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)	
Κοντοπούλι 17	0.03	-0.12	0.27ns
Ντόπια Ηρακλείου 184	0.01	-0.09	0.11ns
Μεξικάλι 81	0.71	0.24	0.26ns
Παπαδάκης	0.77	0.25	0.22ns
Σέλας	0.89	0.37	0.72***
Simeto	0.96	0.37	0.83***

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Οι εγχώριοι πληθυσμοί όπως και στο πρώτο πειραματικό έτος έτσι και στο δεύτερο, υστέρησαν με σημαντικό τρόπο από τις εμπορικές ποικιλίες, στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια σε διαθέσιμη εδαφική υγρασία (διάγραμμα 3.11.11). Η μόνη περίπτωση που δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, ήταν μεταξύ του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» και των ποικιλιών «Μεξικάλι 81» και «Σέλας» στη μεταχείριση W2. Κατά μέσο όρο το δεύτερο πειραματικό έτος ο συντελεστής συγκομιδής των εγχώριων πληθυσμών στη μεταχείριση W1 σημείωσε την τιμή 0,18 και στη μεταχείριση W2 την τιμή 0,19. Οι τιμές που κατέγραψαν ωστόσο οι εμπορικές ποικιλίες ήταν αντίστοιχα 0,42 και 0,36. Σημειώνεται ότι τις υψηλότερες τιμές του συντελεστή συγκομιδής στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια σε εδαφική υγρασία κατέγραψε η ιταλική ποικιλία «Simeto», η οποία όμως δε διέφερε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ελληνικές ποικιλίες και ειδικά από την ποικιλία «Παπαδάκης».



Η ποικιλία «Παπαδάκης» κατά μέσο όρο με συντελεστή συγκομιδής 0,37 στις μεταχειρίσεις W3 και W4, υπερείχε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους περισσότερους γονότυπους που μελετήθηκαν. Οι μόνες περιπτώσεις που δε σημείωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές ήταν με την ιταλική ποικιλία «Simeto» στη μεταχείριση W3, καθώς και με την ποικιλία «Μεξικάλι 81» στη μεταχείριση W4 (διάγραμμα 3.11.11). Αξίζει να σημειωθεί, ότι όσον αφορά το συντελεστή συγκομιδής ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17», σε αντίθεση με το πρώτο πειραματικό έτος, δεν κατάφερε το δεύτερο έτος να επικρατήσει των εμπορικών ποικιλιών στις μεταχειρίσεις που είχαν διαμορφωθεί τα υψηλότερα υδατικά ελλείμματα.

Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι του σκληρού σιταριού (εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI) και του συντελεστή συγκομιδής, στις περιπτώσεις δεν ήταν σημαντική, με εξαίρεση τις ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» το πρώτο έτος και τις ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto» το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.11.7). Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσίασε το γεγονός ότι στις λίγες περιπτώσεις που αυτή η σχέση ήταν σημαντική, οι τιμές των συντελεστών προσδιορισμού των γραμμικών παλινδρομήσεων ήταν σχετικά υψηλές.

## 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 Αξιολόγηση της προτεινόμενης κλίμακας που περιγράφει την πορεία μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ

Η «Μορφογένεση» σύμφωνα με την Ρουμπελάκη-Αγγελάκη (2003), περιλαμβάνει τη χρονικά και χωροταξικά καθορισμένη οργάνωση της μορφής του οργανισμού, του φαινότυπου, αλλά και της εσωτερικής δομής του, της ανατομικής δομής των ιστών και των οργάνων του. Οι μορφογενετικές διαδικασίες, κατά την ίδια, είναι γενετικώς προκαθορισμένες, δηλαδή προσδιορίζονται από τις πληροφορίες που είναι κωδικοποιημένες στο γενετικό υλικό, στα γονίδια, αλλά που επίσης επηρεάζονται σημαντικά από ενδογενείς παράγοντες (π.χ. ορμόνες) και εξωγενείς (π.χ. φως, θερμοκρασία, υδατική κατάσταση κ.ά.), οι οποίοι σηματοδοτούν την τροποποίηση της μορφογενετικής έκφρασης.

Αρκετές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν με σκοπό την περιγραφή και την ποσοτικοποίηση της αναπτυξιακής διαδικασίας της μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ στο σιτάρι. Σύμφωνα με τους Landes και Porter (1989), μία από τις πρώτες περιγραφές της ανάπτυξης του κορυφαίου μεριστώματος έγινε στο κριθάρι από τους Lermer και Holzner (1888). Στον πίνακα 4.1.1 επιχειρείται μία σύγκριση της προτεινόμενης νέας κλίμακας με τις πιο βασικές, από πλευράς αναγνωρισιμότητας, κλίμακες που έχουν δημοσιευθεί κατά το παρελθόν.

Ένας τρόπος για να μπορέσει να γίνει μια κατηγοριοποίηση της έρευνας που έχει προηγηθεί σχετικά με τα στάδια μορφογένεσης του στάχυ στο σιτάρι, είναι σε μια πρώτη φάση με το διαχωρισμό των κλιμάκων που έχουν προταθεί, σε αυτές που περιγράφουν τη συνολική αναπτυξιακή διαδικασία (δηλ. από τη μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος από βλαστητικό σε αναπαραγωγικό και μέχρι την άνθηση) και σε εκείνες που περιορίζονται αποκλειστικά στην περιγραφή συγκεκριμένου τμήματός της. Οι κλίμακες των Nerson *et al.* (1980), Klepper *et al.* (1983b) και Gardner *et al.* (1985), ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία και περιγράφουν με σχετική ακρίβεια την πορεία μορφογένεσης του εμβρυακού στάχυ μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου, το οποίο και αντιστοιχεί στο στάδιο 8 της προτεινόμενης κλίμακας. Ο George (1982), επίσης πρότεινε μία δωδεκαβάθμια κλίμακα η οποία περιγράφει με αναλυτικό τρόπο την πρώτη ανάπτυξη του εμβρυακού στάχυ μέχρι και το στάδιο 6 της παρούσας κλίμακας.

**Πίνακας 4.1.1.** Σύγκριση προγενέστερων κλιμάκων μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου στο σιτάρι με την προτεινόμενη κλίμακα της παρούσας διατριβής.

Στάδιο	Σύντομη περιγραφή της προτεινόμενης κλίμακας	Andersen (1954)	Barnard (1954)	Williams* (1966a)	Nicholls (1974)	Nerson <i>et al.</i> (1980)	Kirby and Appleyard (1981)	George (1982)	Waddington <i>et al.</i> (1983)	Gardner <i>et al.</i> (1985)	Stefany (1993)
1	Μεριστωματική κορυφή σε βλαστητική κατάσταση	;	1	16	1	0, 1	5.16	1, 2, 3	1.5	1, 2	30
2	Πρώιμο στάδιο διπλής πλευράς	;	2, 3	22	2	2	5.17	4, 5, 6	2	2	30
3	Στάδιο διπλής πλευράς	4	4, 5	-	3	3	5.18, 5.19	7	2.5	3	31, 32
4	Διόγκωση σταχυδίων	5	6	24	4	4-5	-	8, 9, 10	-	4	33, 34, 35
5	Εμφάνιση καταβολών λεπύρων	6	7	26	5	6	5.20, 5.21	11	3	5	36
6	Εμφάνιση καταβολών χιτώνων	7	8, 9	-	6	-	5.22, 5.23	12	3.25	6	37, 38
7	Εμφάνιση καταβολής στημόνων	8	10	28, 30	7, 8	7-8	5.24, 5.25	-	3.5, 4	7	39
8	Στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου (TS)	8	10	32	9	9	5.26	-	4.25	8	40
9	Προχωρημένο στάδιο (TS)	9	11	-	10	-	5.27	-	-	-	41
10	Επιμήκυνση και 2 <sup>οο</sup> άγανου/σταχύδιο	9	11	34	-	-	5.28, 5.32	-	-	-	41
11	4 άνθη/σταχύδιο και καταβολή 5 <sup>οο</sup>	10	-	36, 38	-	-	-	-	-	-	42
12	2 άγανα/σταχύδιο με διπλάσιο μήκος απ' το σταχύδιο	-	12, 13	-	-	-	-	-	4.5	-	42
13	5 άνθη/σταχύδιο και καταβολή 6 <sup>οο</sup> , κατώτερα άνθη σταχυδίων πλήρως καλυμμένα από χιτώνες	-	-	-	-	-	-	-	4.5	-	43
14	3 <sup>ο</sup> άγανο/σταχύδιο με μήκος που φτάνει τη μεριστωματική κορυφή του σταχυδίου	-	-	-	-	-	-	-	4.5, 5	-	44
15	Τα 2 κατώτερα άνθη των σταχυδίων πλήρως καλυμμένα από χιτώνες, 6 άνθη/σταχύδιο και καταβολή 7 <sup>οο</sup> , κατώτερα άνθη	-	-	-	-	-	-	-	5, 5.5	-	44
16	Εμφάνιση και επιμήκυνση τριχών από τη βάση των σταχυδίων	-	-	40	-	-	-	-	6, 6.5	-	;
17	7 άνθη/σταχύδιο και καταβολή 8 <sup>οο</sup>	-	-	-	-	-	7.10	-	7	-	46, 47, 48
18	Στάδιο λευκών ανθήρων	11	14	42	11;	-	7.10, 7.11	-	7.5	-	49
19	Πρώιμο στάδιο πράσινων στημόνων	12	-	-	-	-	7.12, 7.13	-	7.5, 8	-	-
20	Στάδιο πράσινων στημόνων	12	-	-	-	-	7.14	-	8, 8.5	-	50;

\*Οι αριθμοί αναφέρονται στις ημέρες από τη σπορά, – δεν υπάρχουν αντίστοιχα στάδια ή η περιγραφή τους δεν είναι επαρκής, ; η περιγραφή του σταδίου δεν είναι σαφής

Δηλαδή πριν το στάδιο που καθορίζεται ο αριθμός των σταχυδίων και φυσικά αρκετά πιο πριν από την έναρξη της φάσης διαφοροποίησης των ανθέων μέσα στα σταχύδια. Από την άλλη πλευρά, οι Langer και Hanif (1973), σχεδόν μια δεκαετία νωρίτερα δημοσίευσαν μία αρκετά δύσκολη και ασαφής ως προς την περιγραφή των σταδίων της κλίμακα, η οποία περιέγραφε την αναπτυξιακή πορεία των ανθέων του σιταριού, από το διάστημα που έχει καθοριστεί πλέον ο αριθμός των σταχυδίων (ίσως και λίγο πιο πριν) και μέχρι το στάδιο της άνθησης.

Μια περισσότερο ολοκληρωμένη παρουσίαση της μορφογενετικής εξέλιξης των ταξιανθιών στο σιτάρι είχε δημοσιευτεί από τον Barnard (1954). Στα 14 στάδιά της απεικόνισε την αλληλουχία των εξελικτικών σταδίων της μορφογένεσης του κορυφαίου μεριστώματος, απ' το χρονικό σημείο της μετάπτωσής του από τη βλαστική στην αναπαραγωγική κατάσταση και μέχρι το στάδιο των λευκών ανθέρων ή το στάδιο 18 της παρούσας κλίμακας. Όπως προκύπτει απ' τον πίνακα 4.4.1 απουσίαζαν αρκετά τμήματα της αναπτυξιακής πορείας των στάξεων, τα οποία περιγράφηκαν στην παρούσα κλίμακα από τα στάδια 11, 13-17, 19 και 20. Μια ανάλογη κλίμακα, χωρίς όμως να συνοδεύεται από γραφικές απεικονίσεις, δημοσιεύτηκε αρκετά αργότερα από τον Nicholls (1974). Η συγκεκριμένη προσπάθεια συμπεριέλαβε στη συνοπτική της παρουσίαση όλα τα βασικά στάδια της εξέλιξης των εμβρυακών στάξεων μέχρι και λίγο μετά από το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου. Ωστόσο, από το σημείο αυτό και μετά προσπέρασε ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της αναπτυξιακής διαδικασίας και ολοκλήρωσε την περιγραφή της, πιθανότατα στο στάδιο των λευκών ανθέρων. Ειδικά το τελευταίο αυτό στάδιο, εντέκατο στον αριθμό, παρουσιάστηκε απ' τον Nicholls (1974), με μη συγκεκριμένο και ασαφή τρόπο, με αποτέλεσμα να είναι σχεδόν «αδύνατη» η ακριβής αντιστοιχία του με την παρούσα κλίμακα (πίνακας 4.4.1).

Μία πρώτη περιγραφή, η οποία συνοδευόταν και από φωτογραφικό υλικό, σχεδόν του συνόλου της αναπτυξιακής πορείας των ταξιανθιών στο σιτάρι, πραγματοποιήθηκε αρκετά χρόνια πριν από τον Bonnett (1936). Στη συγκεκριμένη εργασία αναφέρεται για πρώτη φορά ότι η διαφοροποίηση εντός των σταχυδίων ξεκινά από τη βάση τους και προχωρά προς την κορυφή, ενώ πρώτα διαφοροποιούνται τα λέπυρα και στη συνέχεια τα ανθίδια. Επιπλέον, η διαφοροποίηση των ανθιδίων περιλαμβάνει κατά χρονική σειρά πρώτα τη διαφοροποίηση του χιτώνα και ακολουθούν οι ανθήρες και τέλος ο ύπερος, ο οποίος αποτελείται από την ωοθήκη, το στύλο και το στίγμα. Σε σύγκριση με την προτεινόμενη κλίμακα, η εργασία του Bonnett (1936), παρουσίαζε σημαντικές ελλείψεις σε ενδιάμεσα στάδια της μορφογένεσης του στάχυ (π.χ. τα στάδια 6, 9, 10, 14, 15, 16, 17). Σχεδόν όμοια

με την κλίμακα Bonnett (1936), μπορεί να θεωρηθεί και η κλίμακα που προτάθηκε από τους Friend *et al.* (1963), καθώς ουσιαστικά διέφερε μόνο στο σύστημα αρίθμησης των σταδίων της μορφογένεσης των ταξιανθιών (Landes and Porter, 1989).

Ο Andersen (1954), περιγράφει 13 στάδια τα οποία αντιπροσωπεύουν την πορεία της ανάπτυξης του κορυφαίου μεριστώματος πριν τη μετάπτωσή του από βλαστητικό σε αναπαραγωγικό και μέχρι το στάδιο του ξεσταχύσματος. Τα συγκεκριμένα στάδια τα οποία έχουν προκύψει από τη μελέτη φυτών που έχουν αναπτυχθεί σε συνθήκες αγρού, θεωρούνται ίσης διάρκειας και το αποτέλεσμα της γραφικής απεικόνισής τους σε σχέση με το χρόνο σε ημέρες, είναι γραμμικό. Κατά τη σύγκρισή της με την παρούσα κλίμακα η αντιστοιχία μέχρι και το στάδιο της διπλής πλευράς δεν ήταν σαφής. Ανάλογη δυσκολία αντιμετώπισαν και οι Waddington *et al.* (1983) και Landes και Porter (1989). Ούτε όμως και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Terminal Spikelet) έχει περιγραφεί επαρκώς από τον ίδιο ερευνητή. Οι Landes και Porter (1989), το αντιστοίχισαν στο στάδιο 9 της κλίμακας Andersen (1954), που ορίζεται ως η εμφάνιση άγανου στο επάκριο σταχύδιο του στάχου. Το πιο πιθανό είναι όμως ότι το στάδιο 9 αναφέρεται σε ανώτερο μορφογενετικά στάδιο από το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου και όπως προέκυψε αντιστοιχεί καλύτερα στα στάδια 9 ή 10 της παρούσας κλίμακας. Ανάλογες δυσκολίες παρουσιάστηκαν και στάδια 11 και 12 της κλίμακας Andersen (1954).

Από τις πιο ενδιαφέρουσες προτάσεις ως προς την παρουσίαση των διαδοχικών φάσεων της εξέλιξης του εμβρυακού στάχου, η οποία συνοδευόταν και από ένα εξαιρετικό φωτογραφικό υλικό, έγινε από τους Kirby και Appleyard (1981). Η περιγραφή τους βασίστηκε σε ξεκάθαρους και διακριτούς μορφολογικούς χαρακτήρες και για το λόγο αυτό η παρούσα κλίμακα επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από αυτή την εξαιρετική προσπάθεια. Σε σχέση με την κλίμακα των Kirby και Appleyard (1981), η παρούσα κλίμακα προχώρησε λίγο παραπέρα, καθώς διέκρινε το στάδιο 4, αλλά και τα στάδια 11 έως 16 (πίνακας 4.4.1). Επιπλέον, για να μπορεί να πραγματοποιηθεί με μεγαλύτερη βεβαιότητα και ακρίβεια ο καθορισμός του μορφογενετικού σταδίου ενός δείγματος, η κλίμακα της παρούσας διατριβής ενσωμάτωσε από το στάδιο 14 και τη μορφογενετική εξέλιξη του υπέρου (εικόνα 3.2.1).

Η κλίμακα που τυγχάνει της μεγαλύτερης αναγνωρισιμότητας διεθνώς, αλλά και εφαρμογής μέσα από ένα πλήθος αξιολογών εργασιών ( Li *et al.*, 2001; González *et al.*, 2003a; González *et al.*, 2005b; Serrago *et al.*, 2008; Bancal, 2009; Isidro *et al.*, 2011), προτάθηκε από τους Waddington *et al.* (1983). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές δημιούργησαν μία κλίμακα, η οποία στηρίζεται στην ανάπτυξη του υπέρου και αποτελείται από 20

διακριτά στάδια. Κατά τους ίδιους η εξέταση του υπέρου παρουσιάζει μια περισσότερο ευκρινή και ασυνεχή μεταβολή στη μορφολογία και ανάπτυξη, σε σχέση με αυτή που παρουσιάζουν οι ανθήρες και το σύστημα χιτώνες-άγανα κατά την περίοδο πριν από τη γονιμοποίηση. Η σύγκριση της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), με την κλίμακα της παρούσας διατριβής, έγινε εφικτή σε μεγάλο βαθμό, όχι τόσο επειδή υπάρχει άμεση αντιστοιχία των περιγραφόμενων σταδίων, όσο διότι κατά τη καταγραφή των σταδίων της γινόταν και ταυτόχρονη καταγραφή των σταδίων της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983). Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα κλίμακα έχει δανειστεί ορισμένα σημεία από την κλίμακα των Waddington *et al.* (1983), όπως φανερώνεται στα στάδια 14 – 17 και 20. Το πρόβλημα της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), είναι ότι απαιτείται αρκετός χρόνος μέχρι να προσδιοριστεί ένα δείγμα σιταριού ως προς το στάδιο στο οποίο ανήκει, ειδικά όταν έχει ξεπεράσει το στάδιο 4.5 της συγκεκριμένης κλίμακας. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι μετά την τομή του στελέχους για την αποκάλυψη του κορυφαίου μεριστώματος, απαιτείται και επιπλέον τομή εντός των σταχυδίων για την αποκάλυψη του υπέρου. Επιπρόσθετα, για να μπορέσει να γίνει και η εξέταση του υπέρου πρέπει πρώτα να αφαιρεθούν ή να απομακρυνθούν οι ανθήρες. Επομένως, όλη αυτή η διαδικασία για τον προσδιορισμό ενός και μόνο δείγματος, καθιστούν τη συγκεκριμένη κλίμακα δύσκολα εφαρμόσιμη όταν πρέπει να εξεταστεί μεγάλος αριθμός δειγμάτων σιταριού ανά δειγματοληψία.

Ο Stefany (1993), περιέγραψε την εξέλιξη του εμβρυακού στάχυ με αρκετές λεπτομέρειες από τη μετάπτωση του κορυφαίου μεριστώματος μέχρι και την άνθηση. Η συγκεκριμένη περιγραφή, σε αντίθεση με τις περισσότερες δημοσιευμένες μελέτες, ενώ δίνει αρκετό βάρος στο ρυθμό εμφάνισης των ανθιδίων, δυστυχώς εστιάζει στο κορυφαίο σταχύδιο του στάχυ, το οποίο αν και η εξέτάσή του είναι πιο εύκολη, δεν είναι τόσο αντιπροσωπευτικό σε σχέση με τα μεσαία σταχύδια, μιας και έχει την τάση να επηρεάζεται πιο έντονα από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες καταπόνησης.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι η προτεινόμενη κλίμακα της παρούσας διατριβής προχώρησε ένα βήμα πιο μπροστά από τις προηγούμενες προσπάθειες που έχουν γίνει μέχρι και σήμερα. Τα κύρια σημεία που τη συνιστούν ως ένα εύχρηστο και χρήσιμο εργαλείο είναι ότι:

- Περιγράφει ολοκληρωμένα την αναπτυξιακή πορεία των σταδίων εξέλιξης του εμβρυακού στάχυ, για όλο το διάστημα που βρίσκεται προστατευμένος μέσα στο στέλεχος.

- Περιλαμβάνει όλα τα βασικά στάδια που έχουν αναγνωρισθεί μέχρι στιγμής από την επιστημονική έρευνα και επίσης έχει ενσωματώσει ορισμένα επιπλέον στάδια.
- Είναι εύκολη στη χρήση της και παρέχει τη δυνατότητα της εξέτασης πολλών δειγμάτων ανά δειγματοληψία. Στην προκειμένη περίπτωση έγινε εφικτή η εξέταση 216 δειγμάτων σιταριού ανά δειγματοληψία.
- Είναι ακριβής, καθώς στηρίζεται σε ένα μεγάλο εύρος και συνδυασμό μορφολογικών χαρακτήρων.

#### 4.2 Υδατική κατάσταση του πειραματικού υλικού

Η υιοθέτηση του συγκεκριμένου συστήματος της γραμμικής στάγδην άρδευσης, καθώς και η ανάλυση που το ακολουθεί (Hanks *et al.*, 1976; Hanks *et al.*, 1980), αποτέλεσαν ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό τρόπο διαφοροποίησης των μεταχειρίσεων του νερού. Η αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου συστήματος ήταν προφανής, λαμβάνοντας υπόψη την αξιοσημείωτη διαφοροποίηση ως προς το βαθμό της υδατικής καταπόνησης, ακόμη και σε γειτονικά πειραματικά τεμάχια μήκους μόλις 37,5 εκ. (διαγράμματα 3.3.1α και 3.3.1β και πίνακες 3.3.1-3.3.4). Την ίδια αποτελεσματικότητα διαπίστωσε επίσης ο Παπασταύρου (2009) και οι Karamanos *et al.* (2008).

Ο τρόπος με τον οποίο επέδρασε η συγκεκριμένη μεθοδολογία χορήγησης του νερού στην κατανομή της υγρασίας του εδάφους παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.2.1. Σύμφωνα με τον Βαχαμίδη (2006), παρατηρείται ότι στο επίπεδο W1, πριν την τελευταία άρδευση τα μεγαλύτερα ποσοστά (% κατ' όγκο) της εδαφικής υγρασίας αντιστοιχούν στο 25% και σε βάθος 30cm, ενώ μετά το πέρας της τελευταίας άρδευσης προσεγγίζεται το 45%, σε βάθος 10cm. Στα επίπεδα W2 και W3, παρατηρείται ότι πριν την τελευταία άρδευση και μετά τη λήξη της, δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στα ποσοστά της εδαφικής υγρασίας. Ο λόγος που παρατηρείται το φαινόμενο αυτό, είναι η βαριά δομή του εδάφους του πειραματικού αγρού (αργιλοπηλώδες), η οποία δημιουργεί έντονες δυνάμεις συγκράτησης του νερού και έτσι μειώνεται η ταχύτητα της οριζόντιας κίνησης του νερού. Αποτέλεσμα της μείωσης της συγκεκριμένης ταχύτητας, είναι η αργή αλλά υπαρκτή κίνηση του νερού από τη γραμμή άρδευσης προς τα επίπεδα W2 και W3, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.2.1. Δηλαδή, η τελευταία μέτρηση για τον προσδιορισμό της εδαφικής υγρασίας των επιπέδων άρδευσης W2 και W3, έγινε πιο νωρίς σε σχέση με την ταχύτητα κίνησης του νερού στο έδαφος, με αποτέλεσμα την αδυναμία ανίχνευσης της αύξησης της εδαφικής υγρασίας, λίγα μόλις

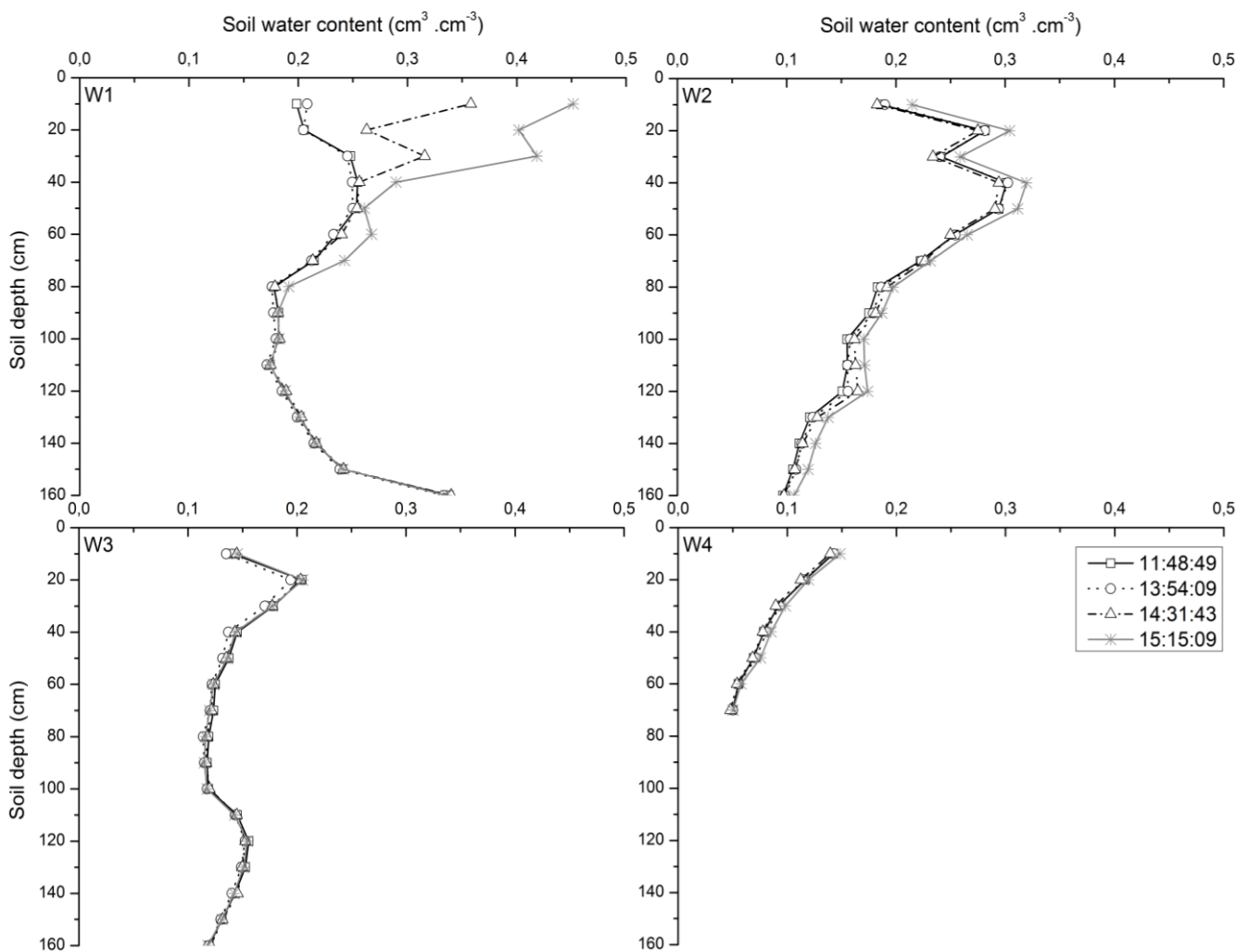
λεπτά μετά από τη λήξη της τελευταίας άρδευσης. Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι πριν από την έναρξη της τελευταίας άρδευσης, τα μέγιστα ποσοστά της εδαφικής υγρασίας για τα επίπεδα W2 και W3, ήταν αντίστοιχα 30% σε βάθος 40cm και 21% σε βάθος 20cm. Επομένως, φαίνεται και η διαβάθμιση της υγρασίας μεταξύ των δύο επιπέδων, αλλά και το γεγονός ότι προμηθεύονται με αξιοποιήσιμα ποσοστά εδαφικής υγρασίας για τα φυτά. Από την άλλη πλευρά και σύμφωνα με το διάγραμμα 4.2.1, το νερό της γραμμής άρδευσης δε φαίνεται να προσεγγίζει το επίπεδο άρδευσης W4, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο επίπεδο να παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλές τιμές (Βαχαμίδης, 2006). Η διαβάθμιση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας μεταξύ των μεταχειρίσεων του νερού προκάλεσε και την αντίστοιχη διαβάθμιση του υδατικού δυναμικού των φύλλων (διαγράμματα 3.3.1α, 3.3.1β και 3.3.2α και 3.3.2β). Αντίστοιχα αποτελέσματα καταγράφηκαν στο σιτάρι σε πειράματα φυτοδοχείων (Quarrie, 1980), αλλά και σε πειράματα αγρού (Brisson and Casals, 2005; Xue *et al.*, 2006), καθώς σε πειράματα με γλυκό σόργο (Stričević and Čaki, 1997) και με ζαχαροκάλαμα (Smit and Singels, 2006).

Το υδατικό δυναμικό του φύλλου αποτελεί έναν αξιόπιστο και χρήσιμο φυσιολογικό δείκτη για την εκτίμηση της υδατικής κατάστασης των φυτών (Karamanos, 1981; Karamanos and Papatheohari, 1999), αρκεί για την εκτίμησή του να έχουν χρησιμοποιηθεί οι κατάλληλες τεχνικές (Clark and Hiler, 1973; Brown and Taner, 1981; Kumar and Tripathi, 1991). Μελέτες έχουν αναδείξει τη συσχέτιση του υδατικού δυναμικού με την εξατμισοδιαπνοή (Meyer and Green, 1980), τη σχετική διαπνοή (Valancogne *et al.*, 1997), την ημερήσια αγωγιμότητα των στοματίων (Dwyer and Stewart, 1984), καθώς και με την επιμήκυνση των φύλλων (Karamanos *et al.*, 1982) και τη φωτοσύνθεση (Turner *et al.*, 1986). Οι Gupta *et al.* (2001), παρατήρησαν πολύ υψηλή συσχέτιση του υδατικού δυναμικού των φύλλων στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού και στο στάδιο της άνθησης με την απόδοση του σιταριού σε καρπό.

Σε όλες τις περιπτώσεις ο περιορισμός της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του υδατικού δυναμικού. Επίσης, μείωση στο υδατικό δυναμικό παρατηρήθηκε και με την πάροδο του χρόνου, ακόμη και στις μεταχειρίσεις που υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Σε ανάλογες παρατηρήσεις κατέληξαν και αρκετές ακόμα μελέτες (Frank *et al.*, 1973; Fischer and Maurer, 1978; Turner and Henson, 1989; Morgan, 1995; Rajala *et al.*, 2009). Αντιθέτως, η χαρακτηριστική αυτή πτώση του υδατικού δυναμικού με την πάροδο του χρόνου δεν παρατηρήθηκε σε ορισμένες εργασίες, τουλάχιστον μέχρι το στάδιο της άνθησης, όταν η μέτρηση του υδατικού δυναμικού γινόταν πριν την αυγή (Angus and Moncur, 1977; Brisson and Casals, 2005). Επιπλέον, οι τιμές του



υδατικού δυναμικού των φύλλων στις εργασίες που η μέτρησή του γινόταν πριν την αυγή ήταν υψηλότερες για το ίδιο στάδιο ανάπτυξης των σιταριών, σε σχέση με τις εργασίες, όπως και στην παρούσα διατριβή, όπου η λήψη του γινόταν στη μέση της ημέρας. Η διαφορά αυτή οφείλεται στις ημερήσιες μεταβολές του υδατικού δυναμικού (Gardner and Niemman, 1964). Στη διάρκεια της ημέρας τα στομάτια των φύλλων ανοίγουν, αλλά επειδή η ποσότητα του νερού που χάνεται μέσω της διαπνοής υπερβαίνει την ικανότητα αντικατάστασης του νερού μέσω του αγωγού συστήματος, το υδατικό δυναμικό των φύλλων μειώνεται για να μπορέσει να γίνει αύξηση της ταχύτητας άντλησης του νερού από



**Διάγραμμα 4.2.1.** Κατατομές της εδαφικής υγρασίας για τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1, W2, W3 και W4) πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την τελευταία άρδευση, σε όμοιο ως προς τον πειραματικό σχεδιασμό πείραμα, που πραγματοποιήθηκε το έτος 2006 στον ίδιο πειραματικό αγρό (Βαχαμίδης, 2006). Στο υπόμνημα αναφέρεται η ώρα έναρξης της άρδευσης (11:48:49), καθώς και οι ώρες που έγιναν οι επόμενες δειγματοληψίες μέχρι και το τέλος της άρδευσης (15:15:09). Soil water content: περιεκτικότητα σε εδαφική υγρασία, soil depth: βάθος εδάφους.

το έδαφος. Από την άλλη πλευρά, κατά τη διάρκεια της νύχτας τα στομάτια κλείνουν, η διαπνοή σταματά και κατά συνέπεια το υδατικό δυναμικό των φύλλων σταδιακά αυξάνεται, μέχρι να εξισωθεί με το υδατικό δυναμικό του εδάφους (Bora and Kumar, 1990; Jat *et al.*, 1991; Μανέτας, 2003). Ως αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος, το υδατικό δυναμικό των φύλλων είναι αρκετά υψηλότερο τις πρώτες πρωινές ώρες σε σχέση με το μεσημέρι. οπότε και γινόταν στην παρούσα διατριβή η δειγματοληψία για τον υπολογισμό του.

Οι καλλιεργητικές περιόδους άσκησαν σημαντική επίδραση στην πορεία των τιμών του υδατικού δυναμικού και ως εκ τούτου και στο δείκτη WPI. Στον πίνακα 4.2.1 παρουσιάζεται μία συνοπτική περιγραφή κάθε πειραματικού έτους σε σχέση με τις μετεωρολογικές μεταβλητές. Όπως προκύπτει, το δεύτερο πειραματικό έτος παρατηρήθηκαν υψηλότερες θερμοκρασίες, χαμηλότερη σχετική υγρασία, αλλά και υψηλότερη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Αυτό όπως ήταν φυσικό οδήγησε στην αύξηση της εξατμισοϊκανότητας της ατμόσφαιρας το δεύτερο έτος, με αποτέλεσμα να δικαιολογούνται σε μεγάλο βαθμό οι μικρότερες τιμές, τόσο του υδατικού δυναμικού των φύλλων, όσο και του WPI σε σχέση με το πρώτο πειραματικό έτος. Εξάλλου, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 2.4.5 μεταξύ των διαφορετικών πειραματικών ετών δεν υπήρξε ουσιαστική διαφορά όσον αφορά την ποσότητα του νερού που προστέθηκε στο έδαφος.

Οι παρατηρούμενες μεταβολές του υδατικού δυναμικού των φύλλων κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου φάνηκε να εξαρτώνται εκτός από την παρεχόμενη ποσότητα του νερού μέσω του συστήματος άρδευσης και από την πορεία των μετεωρολογικών συνθηκών. Ψυχρές και συννεφιασμένες ημέρες, με υψηλή σχετική υγρασία, προκαλούσαν αύξηση του υδατικού δυναμικού των φύλλων όπως επίσης είχε διαπιστωθεί και από τους Angus και Moncur (1977).

Από τις μετρήσεις του υδατικού δυναμικού των φύλλων υπολογίστηκε ο δείκτης WPI όπως περιγράφεται από τους Karamanos και Paratheohari (1999). Ο συγκεκριμένος δείκτης παρέχει μία αρκετά αξιόπιστη ένδειξη της συνολικής υδατικής καταπόνησης που έχει υποστεί ένα φυτό κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Αυτό του δίνει τη δυνατότητα της υψηλής συσχέτισής του με χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα η απόδοση (πίνακας 3.11.1) ή ακόμη και με ανατομικά χαρακτηριστικά (Bresta *et al.*, 2011), τα οποία απαιτούν μεγάλη χρονική διάρκεια για τον τελικό τους καθορισμό. Αντιθέτως, το υδατικό δυναμικό παρέχει πληροφορίες της υδατικής κατάστασης ενός φυτού μόνο για τη χρονική στιγμή που γίνεται η δειγματοληψία.

**Πίνακας 4.2.1.** Τα χρονικά ολοκληρώματα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ( $\int T$ ), της σχετικής υγρασίας ( $\int RH$ ) και της ηλιακής ακτινοβολίας ( $\int SR$ ) σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους (0-90 ημέρες, >91 ημέρες, ολόκληρη την περίοδο). Απεικονίζεται επίσης η ποσότητα του νερού (P) που προστέθηκε σε όλο τον αγρό πριν ( $I_b$ ) και μετά την έναρξη των πειραματικών αρδευτικών μεταχειρίσεων ( $I_{ex}$ ). Σημειώνεται ότι η ποσότητα του νερού των πειραματικών αρδευτικών μεταχειρίσεων ( $I_{ex}$ ) αναφέρεται στη μεταχείριση W1.

Έτος	$\int T$			$\int RH$			$\int SR$			P	
	(°C)			(%)			(MJ/m <sup>2</sup> )			(mm)	
	0-90	>91	Σύνολο	0-90	>91	Σύνολο	0-90	>91	Σύνολο	$I_b$	$I_{ex}$
07-08	10.61	16.67	13.03	68.11	62.50	65.87	8.79	17.55	12.30	180	315
08-09	11.83	18.04	14.31	65.32	54.83	61.12	10.17	19.85	14.04	205	285

Σε αντίθεση με προηγούμενες προσεγγίσεις (Karamanos *et al.*, 2008; Παπασταύρου, 2009; Karamanos *et al.*, 2009; Karamanos and Travlos, 2012), στην παρούσα διατριβή ο δείκτης WPI δεν υπολογίστηκε για το σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου. Ο βιολογικός κύκλος των σιταριών διαχωρίστηκε σε συγκεκριμένες αναπτυξιακές περιόδους και ο δείκτης WPI υπολογίστηκε ξεχωριστά για κάθε μία από αυτές. Ο λόγος που εφαρμόστηκε αυτή η προσέγγιση ήταν για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας κατά το συσχετισμό της υδατικής καταπόνησης με τα χαρακτηριστικά που ήταν αντικείμενο της παρούσας διατριβής. Ειδικά στο σιτάρι λόγω και της φύσης του (φυτό καθορισμένης ανάπτυξης) η συγκεκριμένη προσέγγιση δεν παρουσίασε δυσκολίες στην εφαρμογή της.

Και τα δύο πειραματικά έτη ήταν σαφής, αλλά και με στατιστικά σημαντικές διαφορές η διαφοροποίηση των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού από τις εμπορικές ποικιλίες, όσον αφορά το δείκτη WPI. Σε όλα τα στάδια ανάπτυξης που έγινε ο υπολογισμός του WPI, οι εμπορικές ποικιλίες κατέγραψαν υψηλότερες τιμές από τους εγχώριους πληθυσμούς. Η μόνη ποικιλία που διαφοροποιήθηκε, ειδικά στη μεταχείριση W4, από τις υπόλοιπες ήταν η ιταλική ποικιλία «Simeto». Η διαφοροποίηση αυτή αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό τη γενετική παραλλακτικότητα του πειραματικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διατριβή. Μερικά από τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν τις τιμές του υδατικού δυναμικού και ως εκ τούτου και του δείκτη WPI είναι η στοματική αγωγιμότητα, η ικανότητα απορρόφησης νερού από τις ρίζες (Sibounheuang *et al.*, 2006), καθώς και η ωσμωρύθμιση (Karamanos, 1984).

Σημαντικό ρόλο ως προς τις χαμηλότερες τιμές του WPI των εγχώριων πληθυσμών σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες, πρέπει να διαδραμάτισε και το μεγαλύτερο μέγεθός τους. Σε πείραμα αγρού στο Ινστιτούτο Σιτηρών της Θεσσαλονίκης το ύψος του εγχώριου

πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» προσέγγισε τα 143 εκ., ενώ οι ποικιλίες «Simeto», «Σέλας», «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» δε ξεπέρασαν τα 93 εκ. (Βαχαμίδης *et al.*, 2010). Χαμηλότερες τιμές του υδατικού δυναμικού των φύλλων παρατήρησε και ο Quarrie (1980), στα μεγαλύτερα από πλευράς μεγέθους φυτά. Οι Boonjung και Fukai (1996), παρατήρησαν ότι οι γονότυποι με μεγάλη επιφάνεια φυλλώματος είχαν μικρότερη ικανότητα να διατηρούν νερό, λόγω αυξημένων απαιτήσεων σε διαπνοή. Οι Angus και Moncur (1977), υπέθεσαν ότι τα πιο εύρωστα φυτά εξαντλούν γρηγορότερα τα υδατικά αποθέματα του εδάφους, με αποτέλεσμα να εισέρχονται ταχύτερα σε κατάσταση υδατικής καταπόνησης σε σχέση με τα υπόλοιπα φυτά. Επίσης ο Pantuwan (2000), διαπίστωσε ότι οι υψηλόσωμες ποικιλίες ρυζιού ήταν πιο επιρρεπείς στην έλλειψη του νερού.

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι παρά τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού που είχε προστεθεί το δεύτερο πειραματικό έτος μέχρι και λίγο πριν την έναρξη των πειραματικών αρδεύσεων (περίπου στις 43 ημέρες από τη σπορά και για τις δύο πειραματικές περιόδους), οι τιμές του δείκτη WPI από τα μέσα αδελφώματος έως και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (η εμφάνισή του τοποθετείται περίπου από το τέλος του αδελφώματος έως και την έναρξη του καλαμώματος) ήταν σαφώς χαμηλότερες σε σχέση με το πρώτο έτος. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 4.2.1 το δεύτερο πειραματικό έτος παρατηρήθηκαν υψηλότερες θερμοκρασίες, χαμηλότερη σχετική υγρασία, αλλά και υψηλότερη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με το πρώτο, για τη συγκεκριμένη περίοδο. Επομένως φαίνεται ότι οι απαιτήσεις σε εξάτμιση επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την υδατική κατάσταση των φυτών, απ' ότι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό (Denmead and Shaw 1962). Σε ανάλογα αποτελέσματα κατέληξαν ο Παπασταύρου (2009) οι Machado και Paulsen (2001) στο σιτάρι, καθώς και οι Olufayo *et al.* (1993), στο σόργο.

### **4.3 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην ανάπτυξη της ταξιανθίας**

Η χρονική πορεία της αύξησης του μήκους των εμβρυακών στάξεων ήταν σε όλες τις περιπτώσεις ασύμμετρη σιγμοειδής. Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξαν στο σιτάρι και αρκετές ακόμα πειραματικές μελέτες (Fischer and Stockman, 1980; Brooking and Kirby 1981; Kirby, 1988; Itoh *et al.*, 1998; Fischer, 2011). Οι Li *et al.* (1999), βρήκαν ότι η αύξηση του μήκους των στάξεων ταίριαζε ικανοποιητικά σε συναρτήσεις εκθετικής μορφής. Το συγκεκριμένο εύρημα δικαιολογείται απ' το γεγονός ότι εξέτασαν την πορεία της αύξησης μόνο για τα αρχικά στάδια της ανάπτυξης των εμβρυακών στάξεων και η οποία αντιστοιχεί ουσιαστικά στην εκθετική φάση μιας σιγμοειδούς συνάρτησης.

Η αύξηση του μήκους των στάχων στο σιτάρι χαρακτηρίζεται από μία πρώτη φάση υστέρησης όπου η αύξηση συντελείται με πολύ αργό ρυθμό (MacDowell, 1973). Από το σημείο όμως αυτό και μετά και ειδικά μετά το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Kirby, 1985), ο ρυθμός αύξησης λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες τιμές (η καμπύλη της αύξησης γίνεται εκθετική), οι οποίες προσεγγίζουν μία μέγιστη τιμή στο σημείο αντιστάθμισης (inflexion point). Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης μειώνεται και η ανάπτυξη διακόπτεται κατά το τέλος του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. Οι Krumm *et al.* (1990), αναφέρουν ότι η αύξηση του στάχου είναι αρκετά αργή στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης και η ταχεία φάση της ξεκινά από το στάδιο που είναι εμφανής πλέον η γλωσσίδα του φύλλου σημαίας. Σύμφωνα με τους McMaster *et al.* (1992), δεν είναι σαφές το χρονικό σημείο που σταματά η επιμήκυνση της ράχης του στάχου, ωστόσο είναι σίγουρο ότι πραγματοποιείται πριν από την άνθηση. Στο διάγραμμα 4.3.1 παρουσιάζονται μερικές από τις μεταβλητές που έχουν βιολογικό νόημα κατά τη διαδικασία επιμήκυνσης των στάχων στο σιτάρι. Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο διάγραμμα δεν απεικονίζεται ο ρυθμός επιμήκυνσης (μέσος και μέγιστος) ο οποίος επίσης έχει βιολογικό ενδιαφέρον.

Οι επιδράσεις της αύξησης των υδατικών ελλειμμάτων σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής μπορούν να διαχωριστούν ως εξής:

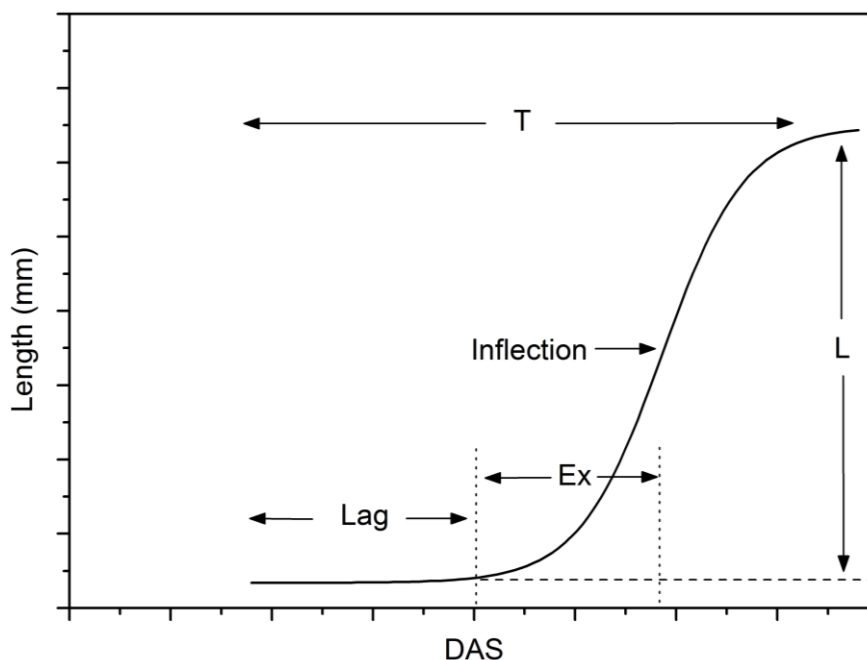
- Η διάρκεια της πρώτης φάσης (φάση υστέρησης) μικραίνει καθώς αυξάνει η ένταση της υδατικής καταπόνησης.
- Η εκθετική φάση της επιμήκυνσης των στάχων περιορίζεται.
- Ο χρόνος που απαιτείται από τη σπορά μέχρι και το σημείο αντιστάθμισης της σιγμοειδούς καμπύλης αύξησης του μήκους των στάχων μειώνεται.
- Γίνεται πρόωρη παύση της επιμήκυνσης.
- Το τελικό μήκος των στάχων περιορίζεται σημαντικά.

Ειδικότερα, το τελικό μήκος των στάχων όχι μόνο επηρεάστηκε από την ποσότητα της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (Oosterhuis and Cartwright, 1983; Duggan and Fowler, 2006; Elhani *et al.*, 2007; Mirbahar *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2012), αλλά επιπλέον παρουσίασε και σημαντική γραμμική σχέση με τη συνολική υδατική καταπόνηση που βίωσαν οι γονότυποι μέχρι και το στάδιο της άνθησης (διάγραμμα 4.3.2). Ο μόνος γονότυπος που δεν παρουσίασε γραμμική σχέση ήταν ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» το δεύτερο πειραματικό έτος. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος γονότυπος παρουσίασε με στατιστικά σημαντικές διαφορές από τους υπόλοιπους γονότυπους, το μεγαλύτερο μήκος στάχου σε όλες τις μεταχειρίσεις νερού και στις δύο πειραματικές χρονιές. Στον πίνακα 4.3.1 παρουσιάζεται μία σύγκριση των παραμέτρων της

γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του τελικού μήκους των στάχων και του δείκτη WPI. Κατά μέσο όρο για όλους τους γονότυπους η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε μία μείωση του τελικού μήκους των στάχων μεταξύ των ακραίων μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) κατά 25,7% το πρώτο πειραματικό έτος και κατά 23,3% το δεύτερο πειραματικό έτος.

Σύμφωνα με αρκετές αναφορές η κυτταρική διαίρεση εμφανίζεται λιγότερο ευαίσθητη στα υδατικά ελλείμματα απ' ό τι η μεγέθυνση (διάταση) των κυττάρων (Vaadia *et al.*, 1961; Gates, 1964; Clements, 1964; Salter and Goode, 1967; Slatyer, 1967; Hsiao, 1973). Αυτή η διαπίστωση επιβεβαιώθηκε ως ένα βαθμό από τους Brouwer (1963) και Petinon (1965), οι οποίοι παρατήρησαν ότι ο αριθμός των κυττάρων ήταν ίσος σε φυτά που είχαν υποστεί υδατική καταπόνηση σε σχέση με τους μάρτυρες και παράλληλα το μέγεθος των κυττάρων στους μάρτυρες ήταν μεγαλύτερο. Αυτό που τελικά διαπιστώνεται στην παρούσα μελέτη είναι ότι η μείωση του τελικού μήκους των στάχων λόγω της αύξησης του βαθμού της υδατικής καταπόνησης, εκτός από τη διάταση των κυττάρων πιστώνεται πολύ πιθανώς και στην πρόωρη διακοπή των κυτταρικών διαιρέσεων. Αυτό προκύπτει και από το σχηματισμό λιγότερων σταχυδίων ανά στάχυ, δηλαδή κυτταρικών δομών, στις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα σε διαθέσιμη εδαφική υγρασία (διάγραμμα 3.6.1). Μία αρκετά καλή περιγραφή της ιστογένεσης του ακραίου μεριστώματος στο σιτάρι έχει δημοσιευτεί από τον Barnard (1954).

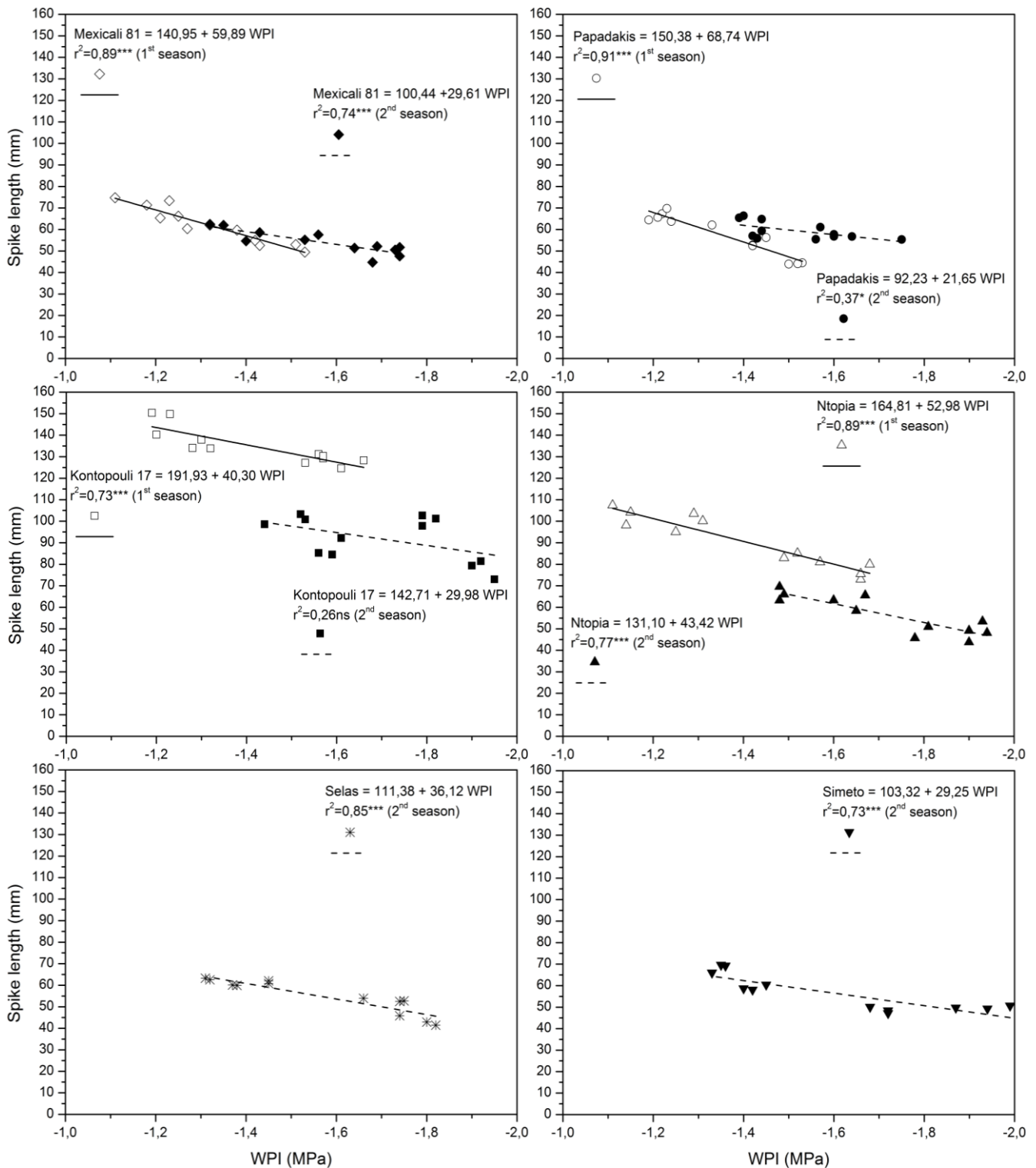
Η μορφογένεση του ακραίου μεριστώματος στα σιτηρά θεωρείται αρκετά ευαίσθητη ως διαδικασία στην έλλειψη του νερού (Skazkin and Fontalina, 1951; Nicholls and May, 1963; Husain and Aspinall, 1970). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η εμφάνιση υδατικών ελλειμμάτων κατά τη διάρκεια ανάπτυξης της ταξιανθίας στα σιτηρά προκαλεί επιβράδυνση στο ρυθμό της ανάπτυξης, οδηγώντας ουσιαστικά στην καθυστέρηση της άνθησης ή και ακόμα στην πλήρη παρεμπόδισή της (Angus and Moncur, 1977; Mahalakshmi and Bidinger, 1985a,b; Mahalakshmi *et al.*, 1987; Craufurd *et al.*, 1993; Wopereis *et al.*, 1996; Winkel *et al.*, 1997; Derouw and Winkel, 1998). Στην παρούσα διατριβή το ποσοστό του διαθέσιμου εδαφικού νερού άσκησε σημαντική επίδραση στη διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης του εμβρυακού στάχυ, όχι όμως σε όλη τη διάρκεια της εξέλιξης και όχι στον ίδιο βαθμό για τις εμπορικές ποικιλίες και τους φυσικούς πληθυσμούς του σκληρού σιταριού (διαγράμματα 3.5.2 α και β; πίνακες 19-24 παράρτημα).



**Διάγραμμα 4.3.1.** Μεταβλητές που παρουσιάζουν βιολογικό νόημα κατά τη μελέτη της σιγμοειδούς αύξησης του μήκους των στάχων στο σιτάρι. Length: μήκος στάχου, DAS: ημέρες από τη σπορά, Lag: φάση υστέρησης, Ex: φάση εκθετικής αύξησης του μήκους, Inflection: σημείο αντιστάθμισης (το σημείο μέχρι το οποίο ο ρυθμός επιμήκυνσης αυξάνει και μετά το οποίο αρχίζει πλέον και μειώνεται), L: το τελικό μήκος του στάχου και T: ο χρόνος που απαιτείται για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης.

Η γενική αντίδραση του πειραματικού υλικού ήταν ότι με την αύξηση της έντασης της υδατικής καταπόνησης μειωνόταν όλο και περισσότερο η διάρκεια των σταδίων της μορφογένεσης των εμβρυακών στάχων (πίνακας 3.5.1 και διαγράμματα 3.5.2α και 3.5.2β). Εκτός όμως από τη διάρκεια των σταδίων μορφογένεσης, η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε και σε μείωση της χρονικής διάρκειας αύξησης των στάχων και μάλιστα με στατιστικά σημαντικό τρόπο (πίνακας 3.4.3). Διεθνώς έχουν δημοσιευτεί πολλές μελέτες που έχουν δείξει ότι η διαθεσιμότητα του νερού επηρεάζει με σημαντικό τρόπο τη φαινολογία και ανάπτυξη του σιταριού (Nuttonson, 1955; Angus and Moncur, 1977; Sionit *et al.*, 1980; Singh *et al.*, 1984; Bauer *et al.*, 1985; Baker *et al.*, 1986; Frank *et al.*, 1987; McMaster and Smika, 1988; Davidson and Chevalier, 1992). Οι Blum *et al.* (1989), διαπίστωσαν σημαντική μείωση του διαστήματος από τη σπορά και μέχρι το ξεστάχασμα σε φυσικούς πληθυσμούς σιταριού από το Ισραήλ, που είχαν αναπτυχθεί σε συνθήκες υδατικής ανεπάρκειας. Ο Fischer (2011), υποστηρίζει ότι μόνο η φωτοπερίοδος και η θερμοκρασία ελέγχουν με άμεσο τρόπο τη διάρκεια της ανάπτυξης των στάχων, αφού φαίνεται ότι επηρεάζουν τη διάρκεια της περιόδου από το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου μέχρι και την άνθηση (Fischer 1985; Slafer and Rawson 1994),

καθώς και το τελευταίο τμήμα αυτής της περιόδου που περιλαμβάνει το διάστημα από την εμφάνιση του φύλλου σημαίας μέχρι και την άνθηση (Whitechurch and Slafer 2002).



**Διάγραμμα 4.3.2.** Η γραμμική παλινδρόμηση του τελικού μήκους των στάχων με το δείκτη  $\text{WPI}_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Anthesis}}$ , για τα δύο πειραματικά έτη. Κάθε σημείο αποτελεί το μέσο όρο τριών επαναλήψεων. Spike length: μήκος στάχων, 1<sup>st</sup> Season, 2<sup>nd</sup> Season: πρώτο και αντίστοιχα δεύτερο πειραματικό έτος.



**Πίνακας 4.3.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του μήκους των στάχων ανά φυτό και του WPI για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	191.93	40.30	0.73***	
Ντόπια Ηρακλείου 184	164.81	52.98	0.89***	
Μεξικάλι 81	140.95	59.89	0.89***	
Παπαδάκης	150.38	68.74	0.91***	
$F_a, F_b, r^2$	1117.15***	2.73ns	0,98***	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	142.71	29.98	0.26ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	131.10	43.42	0.77***	
Μεξικάλι 81	100.44	29.61	0.74***	
Παπαδάκης	92.23	21.65	0.37*	
Σέλας	111.38	36.12	0.85***	
Simeto	103.32	29.25	0.73***	
$F_a, F_b, r^2$	109.16***	0.58ns	0.90***	

Οι τιμές του WPI αναφέρονται για την περίοδο από τα μέσα αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της άνθησης. Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Γενικά, τα φυτά αντιμετωπίζουν τη ξηρασία με τρεις διαφορετικούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς: τη διαφυγή, την αποφυγή (αντοχή στην υδατική καταπόνηση με υψηλό υδατικό δυναμικό) αλλά και την ανθεκτικότητα (αντοχή στην υδατική καταπόνηση με χαμηλό υδατικό δυναμικό) (Levitt, 1972; Simpson, 1981; Turner, 1986; Boyer, 1996). Η αντίδραση του πειραματικού υλικού της παρούσας διατριβής και όσον αφορά τις μεταβολές της διάρκειας των μορφογενετικών σταδίων του ακραίου μεριστώματος, αντιστοιχεί σε μεγάλο βαθμό στο μηχανισμό της διαφυγής. Τα φυτά που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο μηχανισμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας, επιδεικνύουν ένα υψηλό βαθμό αναπτυξιακής πλαστικότητας που τους δίνει τη δυνατότητα να ολοκληρώσουν το βιολογικό τους κύκλο πριν από την εμφάνιση των υδατικών ελλειμμάτων (Chaves *et al.*, 2003). Τονίζεται όμως ότι τα φυτά έχουν τη δυνατότητα να συνδυάζουν αρκετούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς, οι οποίοι δεν ανήκουν κάθε φορά σε μία και μόνο από τις στρατηγικές αντιμετώπισης της ξηρασίας (Ludlow, 1989; Karamanos *et al.*, 2008).

Οι εγχώριοι πληθυσμοί του σκληρού σιταριού διαφοροποιήθηκαν από τις ελληνικές εμπορικές ποικιλίες, όχι όμως και από την ιταλική ποικιλία «Simeto», όσον αφορά τη διάρκεια των σταδίων μορφογένεσης του εμβρυακού στάχου (πίνακας 3.5.1 και διαγράμματα 3.5.2α και 3.5.2β), αλλά και όσον αφορά το χρόνο που απαιτήθηκε για να συντελεστεί το μεγαλύτερο ποσοστό επιμήκυνσης των στάχων (πίνακας 3.4.3). Σχεδόν στο σύνολο των

μεταχειρίσεων του νερού οι εγχώριοι πληθυσμοί χρειάστηκαν περισσότερο χρόνο για την ολοκλήρωση κάθε σταδίου της μορφογένεσης των ταξιανθιών. Οι Isidro *et al.* (2011), σύγκριναν παλιές και σύγχρονες ιταλικές και ισπανικές ποικιλίες σκληρού σιταριού για να διαπιστώσουν τις μεταβολές που προήλθαν από τη γενετική βελτίωση κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα. Για το λόγο αυτό κατέταξαν το πειραματικό τους υλικό σε τρεις κατηγορίες: στις παλιές ποικιλίες (χρησιμοποιούνταν πριν το 1945), τις ενδιάμεσες (χρησιμοποιούνταν από το 1950 έως το 1985) και τις σύγχρονες (ήταν εμπορικά διαθέσιμες ανάμεσα στο 1988 και 2000). Παρατήρησαν ότι από τη σπορά και μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου οι παλιές ποικιλίες ήταν πιο όψιμες κατά 13,1% σε σχέση με τις σύγχρονες ποικιλίες και κατά 10,6% σε σχέση με τις ενδιάμεσες. Από το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου και μέχρι το στάδιο της διόγκωσης του κολεού οι παλαιότερες ποικιλίες εξακολουθούσαν να είναι όψιμες κατά 10,2 και 2,1% αντίστοιχα σε σχέση με τις σύγχρονες και τις ενδιάμεσες ποικιλίες.

Αρκετά ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η βελτίωση οδήγησε στην αύξηση της διάρκειας των σταδίων από τη διόγκωση του κολεού μέχρι την άνθηση και αντίστοιχα του σταδίου από την άνθηση και μέχρι την ωρίμανση. Συνολικά όμως οι παλαιότερες ποικιλίες ήταν οψιμότερες σε σχέση με τις ενδιάμεσες και τις σύγχρονες ποικιλίες, τόσο από τη σπορά έως και την άνθηση, όσο και από τη σπορά και μέχρι την ωρίμανση. Σε ανάλογα αποτελέσματα είχαν καταλήξει και οι Kirby *et al.* (1989), κατά τη σύγκριση παλαιών και νέων ποικιλιών σιταριού από την Αυστραλία.

Εκτός από τις μεταχειρίσεις του νερού φαίνεται και ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες είχαν επίδραση στην αναπτυξιακή διαδικασία των στάχων. Στον πίνακα 4.3.2 παρουσιάζονται οι μετεωρολογικές μεταβλητές που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της μορφογένεσης των στάχων, δηλαδή από το στάδιο 1 έως και το στάδιο 20 της νέας κλίμακας που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.2.

Σύμφωνα με τους Porter και Gawith (1999), η ευαισθησία του σιταριού στη θερμοκρασία δε διαφοροποιείται μόνο μεταξύ των φυτικών οργάνων, αλλά μεταβάλλεται και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Η διάρκεια των μορφογενετικών σταδίων μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες (π.χ. νερό, διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, φωτοπερίοδος, αλατότητα, CO<sub>2</sub>) (Kirby *et al.*, 1999), εντούτοις, η θερμοκρασία θεωρείται πιθανότατα ως ο πιο βασικός παράγοντας (Aitken, 1974; Slafer and Rawson, 1994; McMaster and Wilhelm 1997; McMaster 2005).

**Πίνακας 4.3.2.** Τα χρονικά ολοκληρώματα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας ( $\int T$ ), της σχετικής υγρασίας ( $\int RH$ ) και της ηλιακής ακτινοβολίας ( $\int SR$ ) για την περίοδο της μορφογένεσης των εμβρυακών στάσεων

	Χρονική περίοδος (ημέρες από τη σπορά)											
	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100	100-105	105-110
Πειραματικό έτος 2008												
$\int T$	12,04	9,48	9,56	12,43	8,64	5,71	8,89	14,10	16,14	14,97	15,12	16,51
$\int RH$	70,00	57,89	70,96	72,15	67,99	67,88	68,73	65,25	66,13	65,23	62,39	66,70
$\int SR$	8,64	7,81	10,96	10,96	5,39	10,96	14,77	15,42	14,39	14,25	17,07	18,27
Πειραματικό έτος 2009												
$\int T$	12,12	9,24	8,47	9,44	14,62	13,97	12,84	11,96	12,39	14,65	18,49	16,33
$\int RH$	64,09	59,48	57,09	53,87	66,54	61,09	54,89	60,47	62,76	62,00	49,40	52,08
$\int SR$	11,57	12,34	12,09	14,03	14,35	15,28	16,70	14,58	15,85	16,52	16,20	16,25
Διαφορά (2008-2009)												
$\int T$	-0,08	0,24	1,09	2,99	-5,98	-8,26	-3,94	2,14	3,75	0,32	-3,37	0,18
$\int RH$	5,91	-1,59	13,87	18,28	1,45	6,79	13,83	4,79	3,37	3,23	13,00	14,63
$\int SR$	-2,93	-4,53	-1,13	-3,07	-8,95	-4,31	-1,93	0,85	-1,45	-2,26	0,87	2,02

Γενικά αναγνωρίζεται ότι η ανάπτυξη επιταχύνεται καθώς αυξάνει η θερμοκρασία και επίσης με εξαίρεση από το φύτρωμα μέχρι και το στάδιο της διπλής πλευράς, ο ρυθμός ανάπτυξης για τα υπόλοιπα μορφογενετικά στάδια του σιταριού παρουσιάζει γραμμική σχέση με τη θερμοκρασία (Porter *et al.*, 1987). Σύμφωνα με τους Slafer και Rawson, (1994), όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο επιταχύνεται και ο ρυθμός ανάπτυξης και ως εκ τούτου μειώνεται και ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση ενός συγκεκριμένου σταδίου ανάπτυξης. Στην περίπτωση της πορείας των μορφογενετικών σταδίων η θερμοκρασία είναι πιθανό να διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη διαφορετική γραφική απεικόνιση που παρουσίασαν οι γονότυποι μεταξύ των δύο πειραματικών ετών (διαγράμματα 3.5.2α και 3.5.2β). Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία το πρώτο πειραματικό έτος μέχρι περίπου και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (από τις 60 έως 85 ημέρες από τη σπορά) ήταν 9,04 °C και το δεύτερο πειραματικό έτος (από τις 50 έως 60 ημέρες από τη σπορά) ήταν 10,68 °C. Σημειώνεται επίσης ότι για την ίδια περίοδο η τιμή του δείκτη WPI κατά μέσο όρο για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού και για όλους τους γονότυπους ήταν 1,19 MPa το πρώτο πειραματικό έτος και 1,40 MPa το δεύτερο πειραματικό έτος.

**Πίνακας 4.3.3.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου σταθμισμένου (WMGR) και του μέγιστου απόλυτου (AGR) ρυθμού αύξησης της ταξιανθίας. Η ανάλυση δεν περιλαμβάνει τις ποικιλίες «Simeto» και «Σέλας». CV: συντελεστής παραλλακτικότητας.

Πηγή παραλλακτικότητας	Βαθμοί ελευθερίας	Μέσα τετράγωνα	
		WMGR	AGR
Επίπεδα άρδευσης (A)	3	2.69664ns	14.4846ns
Γονότυπος (B)	3	158.311***	113.777***
Πειραματικό Έτος (C)	1	691.984***	1089.76***
A x B	9	3.28928ns	6.58036ns
A x C	3	4.29696ns	27.33**
B x C	3	116.985***	68.4145***
A x B x C	9	2.83376ns	8.77626ns
Υπόλοιπο	64	4.85512	5.95408
Σύνολο	95		
CV		14.5	20.3

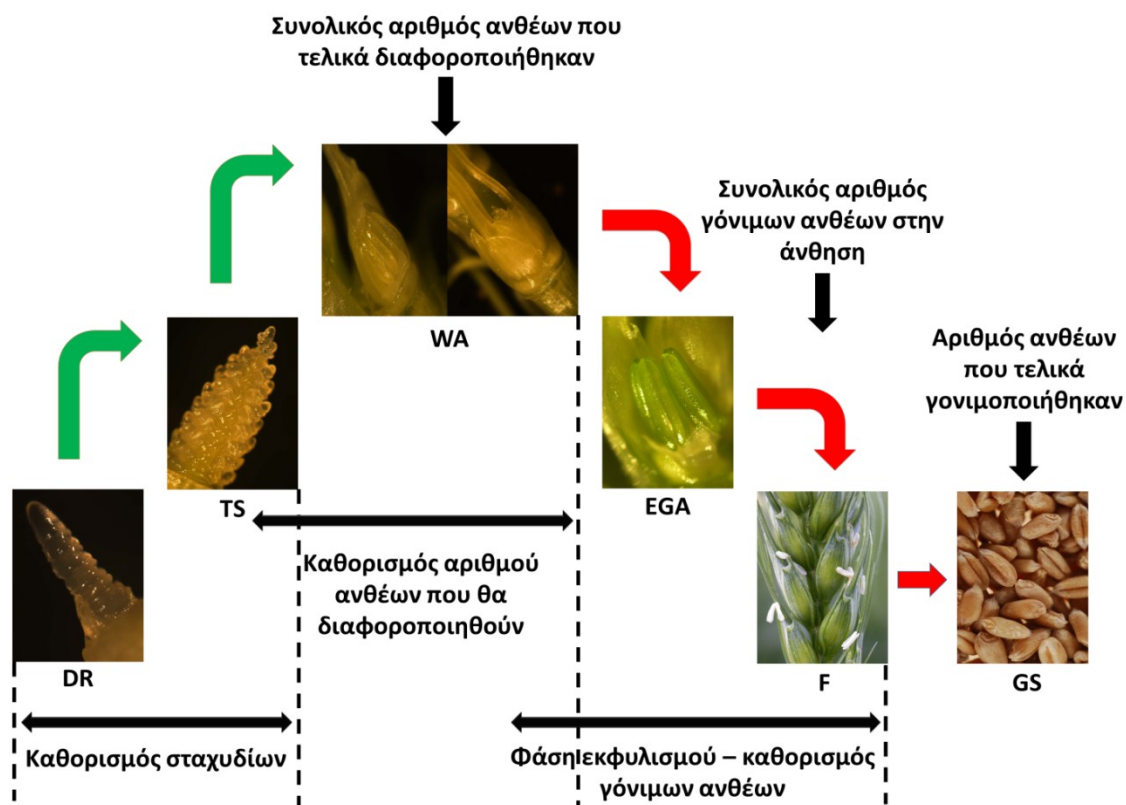
\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

Τόσο ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός (WMGR), όσο και ο μέγιστος απόλυτος ρυθμός αύξησης (AGR), δεν επηρεάστηκαν από τα διαφορετικά επίπεδα της εδαφικής υγρασίας, σύμφωνα με την ανάλυση της διασποράς (πίνακες 11 έως 14, παράρτημα). Αντιθέτως, οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικράτησαν μεταξύ των δύο πειραματικών ετών, είχαν

σημαντική επίδραση στο μέσο και μέγιστο ρυθμό αύξησης των ταξιανθιών (πίνακες 4.3.2 και 4.3.3). Το πρώτο πειραματικό έτος ο μέσος και ο μέγιστος ρυθμός αύξησης παρουσίασαν πολύ μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το δεύτερο έτος (πίνακας 3.4.2). Πιο συγκεκριμένα και όσον αφορά τις εμπορικές ποικιλίες, η μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου ποσοστού της επιμήκυνσης (80-95 ημέρες από τη σπορά) ήταν 13,04 °C το πρώτο πειραματικό έτος, ενώ το δεύτερο (65-90 ημέρες από τη σπορά) 12,56 °C. Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των πειραματικών ετών παρουσιάστηκε κυρίως στους εγχώριους πληθυσμούς. Η μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου ποσοστού της επιμήκυνσής τους (95-110 ημέρες από τη σπορά) ήταν 15,53 °C το πρώτο πειραματικό έτος, ενώ το δεύτερο (65-95 ημέρες από τη σπορά) 12,53 °C. Οι φυσικοί πληθυσμοί και ειδικά ο «Κοντοπούλι 17» την πρώτη χρονιά, είχαν την τάση να παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις ποικιλίες, όσον αφορά το μέσο και το μέγιστο απόλυτο ρυθμό αύξησης. Το δεύτερο πειραματικό έτος η τάση αυτή παρουσιάστηκε στις ποικιλίες «Σέλας» και «Simeto». Σύμφωνα με τους Slafer και Rawson (1994), ο ρυθμός ανάπτυξης δεν είναι μόνο ένα γονοτυπικό χαρακτηριστικό, αλλά είναι στην ουσία το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο γονότυπο και στο θερμικό περιβάλλον.

#### 4.4 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στα άνθη

Με βάση την πορεία της εξέλιξης του κορυφαίου μεριστώματος, η ανάπτυξη του σιταριού μπορεί να διαχωριστεί σε φάσεις, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο κάθε φορά πειραματικό στόχο (Kirby, 1988; Slafer *et al.*, 1996). Σύμφωνα λοιπόν με τις παρατηρήσεις που έγιναν επί τρία πειραματικά έτη (δύο πειραματικά έτη + 1 προκαταρκτικό πειραματικό έτος) μαζί με ένα επιπλέον έτος το 2006 (Βαχαμίδης, 2006), η αναπαραγωγική ανάπτυξη του σιταριού διαχωρίστηκε σε 4 φάσεις όπως περιγράφεται στο διάγραμμα 4.4.1. Όπως γίνεται αντιληπτό, η συγκεκριμένη προσέγγιση έχει ως βασικό στόχο τη διερεύνηση των γεγονότων που προηγούνται του τελικού καθορισμού, του αριθμού των καρπών στο σιτάρι. Εξάλλου, η σημασία του αριθμού των καρπών στην απόδοση του σιταριού έχει τεκμηριωθεί σε μεγάλο βαθμό κατά το παρελθόν (Fischer, 1985; Slafer and Andrade, 1989; Savin and Slafer, 1991; Fischer, 1993; Magrin *et al.*, 1993; Canevara *et al.*, 1994; Sayre *et al.*, 1997; Calderini *et al.*, 1999; Brancourt-Hulmel *et al.*, 2003; Shearman *et al.*, 2005; Peltonen-Sainio *et al.*, 2007; Fischer, 2008).



**Διάγραμμα 4.4.1.** Διαγραμματική επεικόνιση της αναπαραγωγικής ανάπτυξης του σιταριού σύμφωνα με τις παρατηρήσεις που έγιναν κατά τη διάρκεια της παρούσας διατριβής. DR: στάδιο διπλής πλευράς, TS: στάδιο σχηματισμού τελευταίου σταχυδίου, WA: στάδιο λευκών ανθήρων (στάδιο 18 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2), EGA: πρώιμο στάδιο πράσινων ανθήρων (στάδιο 19 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2), F: άνθηση, GS: γονιμοποίηση ανθέων. Τα βέλη πράσινου χρώματος εκτός από τη μετάβαση σε ανώτερα μορφογενετικά στάδια ανάπτυξης υποδεικνύουν και την αύξηση του αριθμού των ανθέων. Αντιθέτως τα υπόλοιπα τρία κόκκινα βέλη υποδεικνύουν τη μείωση.

Σύμφωνα με τους Slafer και Rawson (1994), ο αριθμός των καρπών στο σιτάρι καθορίζεται από την περίοδο που προηγείται της άνθησης, ως αποτέλεσμα μιας μάλλον σύνθετης διαδικασίας, κατά την οποία σχηματίζονται συγκεκριμένες δομές οι οποίες αργότερα, είτε ως ένα ποσοστό εκφυλίζονται, είτε συμπληρώνουν την ανάπτυξή τους και φέρουν στη συνέχεια τους καρπούς. Οι Li *et al.* (2001), διαχώρισαν την αναπαραγωγική ανάπτυξη, με σημείο αναφοράς το στάχυ, σε τρία διακριτά στάδια. Το στάδιο σχηματισμού των ανθέων, το οποίο περιλαμβάνει τα στάδια 3.25 έως και 8.5 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), ή αντίστοιχα τα στάδια 6 έως 20 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2, το στάδιο εκφυλισμού των ανθέων που περιλαμβάνει τα στάδια 8.5 έως και 9.0 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), και τέλος στάδιο της αποβολής των ανθέων, το οποίο εντοπίζεται κατά την περίοδο της ωρίμανσης των γυρεόκοκκων και μέχρι την

ολοκλήρωση της γονιμοποίησης. Όσον όμως αφορά το στάδιο εκφυλισμού των ανθέων, σύγχρονες μελέτες υποστηρίζουν ότι μπορεί να εμφανιστεί νωρίτερα και συγκεκριμένα από τα στάδια 6 και 7 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), ή αντίστοιχα τα στάδια 16 έως 17 της νέας κλίμακας του κεφ. 3.2 (Ferrante *et al.*, 2010; González *et al.*, 2011).

Η παρούσα μελέτη διέκρινε την αναπαραγωγική ανάπτυξη, με σημείο αναφοράς το στάχυ: α) καταρχήν στην περίοδο που γίνεται ο καθορισμός του αριθμού των σταχυδίων, β) στην περίοδο που διαφοροποιούνται και σχηματίζονται καινούργια άνθη μέσα στα σταχύδια, μέχρι και το σημείο που επιτυγχάνεται ο ανώτατος αριθμός διαφοροποιημένων ανθέων, δεδομένων των συνθηκών, γ) στην περίοδο που καθορίζεται το ποσοστό των διαφοροποιημένων ανθέων που θα έχουν την ικανότητα, από την πλευρά της επαρκούς ανάπτυξης των ανθικών οργάνων τους, να σχηματίσουν καρπό στη συνέχεια, καθώς και δ) στον αριθμό των ανθέων που τελικά καταφέρνουν και σχηματίζουν καρπό.

#### **4.4.1 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον αριθμό των σταχυδίων**

Η μορφογενετική εξέλιξη στο σιτάρι περιλαμβάνει καταρχήν τον καθορισμό του αριθμού των σταχυδίων που πρόκειται να φέρει ο εμβρυακός στάχυς. Η σημασία τους ως ιστολογική δομή έγκειται στο γεγονός ότι φέρουν τα ανθίδια και επομένως, μεγαλύτερος αριθμός σταχυδίων συνεπάγεται ταυτόχρονα και μεγαλύτερο αριθμό ανθέων, άρα περισσότερα διαθέσιμα σημεία για την παραγωγή καρπών.

Η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων σε κάθε περίπτωση οδήγησε στη σημαντική μείωση του αριθμού των σταχυδίων που κατάφεραν να σχηματίσουν όλοι ανεξαιρέτως οι γονότυποι του σκληρού σιταριού που μελετήθηκαν. Σε ανάλογες παρατηρήσεις έχουν καταλήξει στο παρελθόν αρκετές ακόμα πειραματικές εργασίες (Oosterhuis and Cartwright, 1983; Frank *et al.*, 1987; McMaster *et al.*, 1994; Denčić *et al.*, 2000; Elhani *et al.*, 2007; Rassaa *et al.*, 2008). Από την άλλη πλευρά οι Duggan και Fowler (2006), δε διαπίστωσαν διαφορές στο αριθμό των σταχυδίων μεταξύ διαφορετικών μεταχειρίσεων νερού. Ωστόσο, στην εργασία τους δε διευκρινίζουν την ποσότητα της αποθηκευμένης εδαφικής υγρασίας που υπήρχε στον πειραματικό τους αγρό λίγο πριν τη σπορά, καθώς και την ποσότητα του νερού που χορήγησαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις μέχρι και την έναρξη του καλαμώματος. Οι Oosterhuis και Cartwright (1983), διαπίστωσαν ότι η έλλειψη του νερού έχει επίδραση στον αριθμό των σταχυδίων, μόνο όταν συμβαίνει μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου. Επίσης, ακόμη και οι πολύ πρόωρες ελλείψεις σε νερό, δηλαδή μέχρι και το στάδιο της διπλής πλευράς οδήγησαν και πάλι σύμφωνα με τους

παραπάνω ερευνητές σε μείωση του αριθμού των σταχυδίων. Σύμφωνα και με τις παρατηρήσεις της παρούσας διατριβής, οι διαπιστώσεις των Oosterhuis και Cartwright (1983), επαληθεύονται μιας και ο σχηματισμός νέων σταχυδίων σταματά στο «στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS)» το οποίο τοποθετείται χρονικά προς το τέλος του αδελφώματος μέχρι και την έναρξη του καλαμώματος. Όπως είναι λογικό, από το σημείο αυτό και μετά δε μπορεί πλέον να επηρεαστεί ο αριθμός των σταχυδίων γιατί έχουν ήδη σχηματιστεί και καθορισθεί (Βαχαμίδης *et al.*, 2012).

**Πίνακας 4.4.1.** Οι τιμές των παραμέτρων της γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ και της διάρκειας από τη σπορά μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου για την πρώτη και τη δεύτερη πειραματική περίοδο.

Γονότυποι	a	b		r <sup>2</sup>
		1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)		
Κοντοπούλι 17	11.01	0.09	0.05ns	
Ντόπια Ηρακλείου 184	3.31	0.18	0.30ns	
Μεξικάλι 81	-20.45	0.49	0.38*	
Παπαδάκης	-36.11	0.69	0.40*	
		2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)		
Κοντοπούλι 17	-18.71	0.61	0.62**	
Ντόπια Ηρακλείου 184	-12.20	0.49	0.49*	
Μεξικάλι 81	51.04	-0.72	0.10ns	
Παπαδάκης	-32.73	0.93	0.49*	
Σέλας	11.41	0.04	0.00ns	
Simeto	-4.62	0.35	0.23ns	

Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, a: τιμή αποκοπής, b: συντελεστής παλινδρόμησης και r<sup>2</sup>: συντελεστής προσδιορισμού.

Οι φυσικοί πληθυσμοί διαφοροποιήθηκαν από τις εμπορικές ποικιλίες, καθώς και τα δύο πειραματικά έτη εμφάνισαν μεγαλύτερο αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ και μάλιστα με στατιστικά σημαντικές διαφορές (διάγραμμα 3.6.1). Αντίθετα αποτελέσματα βρήκαν οι Denčić *et al.* (2000), μετά από τη σύγκριση εμπορικών ποικιλιών που κατάγονταν από την ανατολική Ευρώπη, τη βόρεια, κεντρική και λατινική Αμερική και τη νότια Αφρική, με φυσικούς πληθυσμούς από τη Βοσνία Ερζεγοβίνη και το Μαυροβούνιο. Οι Álvaro *et al.* (2008), διαπίστωσαν ότι ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ αυξήθηκε κατά 7,5% λόγω της βελτίωσης στη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα στην Ιταλία, ενώ δεν παρατηρήθηκε κάτι αντίστοιχο και για τις ισπανικές ποικιλίες.

Παρά το γεγονός ότι ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ επηρεάστηκε σημαντικά από την ποσότητα του νερού που ήταν διαθέσιμη για τα φυτά, η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της συνολικής υδατικής καταπόνησης που βίωσαν οι γονότυποι μέχρι και το στάδιο



σηματισμού του τελευταίου σταχυδίου και του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ δεν ήταν σημαντική στις περισσότερες περιπτώσεις (πίνακας 3.6.1). Επίσης, ούτε και η διάρκεια της περιόδου σχηματισμού των σταχυδίων φάνηκε να παρουσιάζει στενή σχέση με τον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ στις περισσότερες περιπτώσεις (πίνακας 4.4.1).

#### 4.4.2 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στη διαφοροποίηση των ανθέων

Η έναρξη της διαφοροποίησης των ανθέων ουσιαστικά τοποθετείται λίγο πριν από το σχηματισμό του τελευταίου σταχυδίου. Στην ίδια διαπίστωση κατέληξε και ο McMaster (1997), μετά από λεπτομερή βιβλιογραφική ανασκόπηση. Ο Kirby (1974; 1985), διέκρινε περίπου δύο με τρία ανθίδια στα σταχύδια που εδράζονταν στα μεσαία και στα ελαφρώς κατώτερα τμήματα της ράχης των εμβρυακών στάχων, κατά το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου. Η διαφοροποίηση νέων ανθέων σύμφωνα με προγενέστερες πειραματικές μελέτες σταματά με την εμφάνιση του φύλλου σημαίας (Baker and Gallagher, 1983a; Kirby, 1988; Li *et al.*, 2001). Την ίδια χρονική περίοδο περίπου επιτεύχθηκε και στην παρούσα διατριβή ο μέγιστος αριθμός διαφοροποιημένων ανθέων (διαγράμματα 3.7.1α και 3.7.1β). Ωστόσο, φάνηκε ότι η επάρκεια του νερού οδήγησε σε επιμήκυνση της φάσης διαφοροποίησης νέων ανθέων ή διαφορετικά η ανεπάρκεια σε εδαφική υγρασία προκάλεσε μείωση στη διάρκεια της συγκεκριμένης φάσης. Το γεγονός ότι η μορφογένεση του ακραίου μεριστώματος των σιτηρών είναι ευαίσθητη ως διαδικασία, τόσο κατά τη βλαστική, όσο και κατά τη φάση ανάπτυξης των ανθέων έχει διαπιστωθεί και στο παρελθόν (Skazkin and Fontalina, 1951; Nicholls and May, 1963; Husain and Aspinall, 1970). Γενικά, η φάση της διαφοροποίησης νέων ανθέων διήρκησε περισσότερο στους εγγώριους πληθυσμούς και στην ιταλική ποικιλία «Simeto» απ' ότι στις ποικιλίες «Παπαδάκης», «Μεξικάλι 81» και ειδικά από την ποικιλία «Σέλας».

Ο αριθμός των ανθέων που τελικά διαφοροποιείται φαίνεται ότι σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από τη θέση των σταχυδίων πάνω στη ράχη των στάχων. Τα μεσαία σταχύδια κατάφεραν και διαφοροποίησαν περίπου 8 άνθη, χωρίς αυτός ο αριθμός να μεταβάλλεται από τις επεμβάσεις του νερού, μεταξύ των γονότυπων, αλλά ούτε και μεταξύ των πειραματικών ετών (διαγράμματα 3.8.1 και 3.8.2). Ούτε όμως και οι Ferrante *et al.* (2010), εντόπισαν διαφορές μεταξύ δύο διαφορετικών επεμβάσεων νερού, στον αριθμό των ανθέων που διαφοροποιήθηκαν στα μεσαία σταχύδια της ποικιλίας σκληρού σιταριού «Claudio». Ο McMaster (1997), αναφέρει ότι ο αριθμός των ανθέων που μπορούν να διαφοροποιηθούν στα μεσαία σταχύδια του σιταριού μπορεί να φτάσει και τα 12. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι το

συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ελέγχεται κυρίως γενετικά και επηρεάζεται ελάχιστα από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Δε συνέβη το ίδιο όμως και για τα ακραία σταχύδια, τόσο της βάσης, όσο και της κορυφής. Σε αντίθεση με το μεσαίο τμήμα των στάχων, ο αριθμός των ανθέων που ξεκίνησε να διαφοροποιείται στα σταχύδια, τόσο της βάσης, όσο και της κορυφής, επηρεάστηκε σημαντικά από τις μεταχειρίσεις του νερού (πίνακες 31 έως 36, παράρτημα). Κατά μέσο όρο η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων οδήγησε στη μείωση του αριθμού των ανθέων που διαφοροποιήθηκαν και επιπλέον με ελάχιστες εξαιρέσεις οι εμπορικές ποικιλίες υπερείχαν των εγχώριων πληθυσμών. Αντιθέτως, οι Ferrante *et al.* (2010), δεν εντόπισαν διαφορές στον αριθμό των διαφοροποιημένων ανθέων που βρίσκονταν σε σταχύδια της κορυφής και της βάσης των στάχων, σε συνθήκες με επάρκεια και ανεπάρκεια σε εδαφική υγρασία. Σύμφωνα με τον McMaster (1997), ο αριθμός των ανθέων στα ακραία σταχύδια των στάχων κυμαίνεται από 6 έως 8, ωστόσο και τα δύο πειραματικά έτη της παρούσας διατριβής καταγράφηκαν και χαμηλότερες τιμές.

Ο Kirby (1974), βρήκε ότι η διαφορά στον αριθμό των ανθέων μεταξύ των σταχυδίων δεν οφείλεται σε διαφορετικούς ρυθμούς διαφοροποίησης, αλλά κυρίως επειδή η φάση της διαφοροποίησης διαρκεί λιγότερο στα ακραία απ' ότι στα μεσαία σταχύδια. Οι Kirby και Appleyard (1987), πρότειναν ότι ο ρυθμός διαφοροποίησης των ανθέων είναι ουσιαστικά παρόμοιος για όλα τα σταχύδια. Επίσης, ο εκτιμώμενος ρυθμός διαφοροποίησης νέων ανθέων με βάση τις θερμικές μονάδες κυμαίνεται από 0.02 έως 0.04 άνθη  $^{\circ}\text{C}^{-1} \text{ day}^{-1}$  ( Kirby and Appleyard, 1987; Whingwiri and Stem, 1982) η περίπου 25 βαθμοημέρες (GDD) μεταξύ της εμφάνισης διαδοχικών ανθέων (Williams, 1966b). Κατά μέσο όρο για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού και για όλους τους γονότυπους ο ρυθμός σχηματισμού νέων ανθέων κυμάνθηκε το πρώτο πειραματικό έτος από 0.23 έως 0.25 άνθη/ημέρα και το δεύτερο από 0.17 έως 0.28 άνθη/ημέρα (πίνακας 3.7.1). Σε γενετικά ανοιξιότατα σιτάρια έχουν καταγραφεί και τιμές που φτάνουν τα 0.4 άνθη/ημέρα (Kirby, 1974).

Η επίδραση των μεταχειρίσεων του νερού στο μέσο ρυθμό σχηματισμού νέων ανθέων / σταχύδιο των κεντρικών σταχυδίων στους στάχους των κύριων στελεχών, εμφάνισε αντιφατικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο πειραματικών ετών. Το πρώτο πειραματικό έτος η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων προκάλεσε σημαντική μείωση στο μέσο ρυθμό σχηματισμού νέων ανθέων (πίνακας 27, παράρτημα), ωστόσο δεν έγινε το ίδιο και στο δεύτερο πειραματικό έτος. Αρκετές αναφορές συνηγορούν στο γεγονός ότι ο ρυθμός ανάπτυξης των ταξιανθιών επιβραδύνεται από την επίδραση της υδατικής καταπόνησης (Saini and Westgate, 2000). Οι ελληνικές εμπορικές ποικιλίες το δεύτερο έτος, σε αντίθεση

με το πρώτο, είχαν την τάση να εμφανίζουν υψηλότερο ρυθμό διαφοροποίησης νέων ανθέων στις μεταχειρίσεις που υπήρχε ανεπάρκεια σε εδαφική υγρασία. Οι εγχώριοι πληθυσμοί από την άλλη πλευρά παρουσίασαν σταθερότητα ως προς τη συμπεριφορά τους μεταξύ των πειραματικών ετών και πιο συγκεκριμένα είχαν την τάση να μειώνουν το ρυθμό διαφοροποίησης νέων ανθέων με την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης.

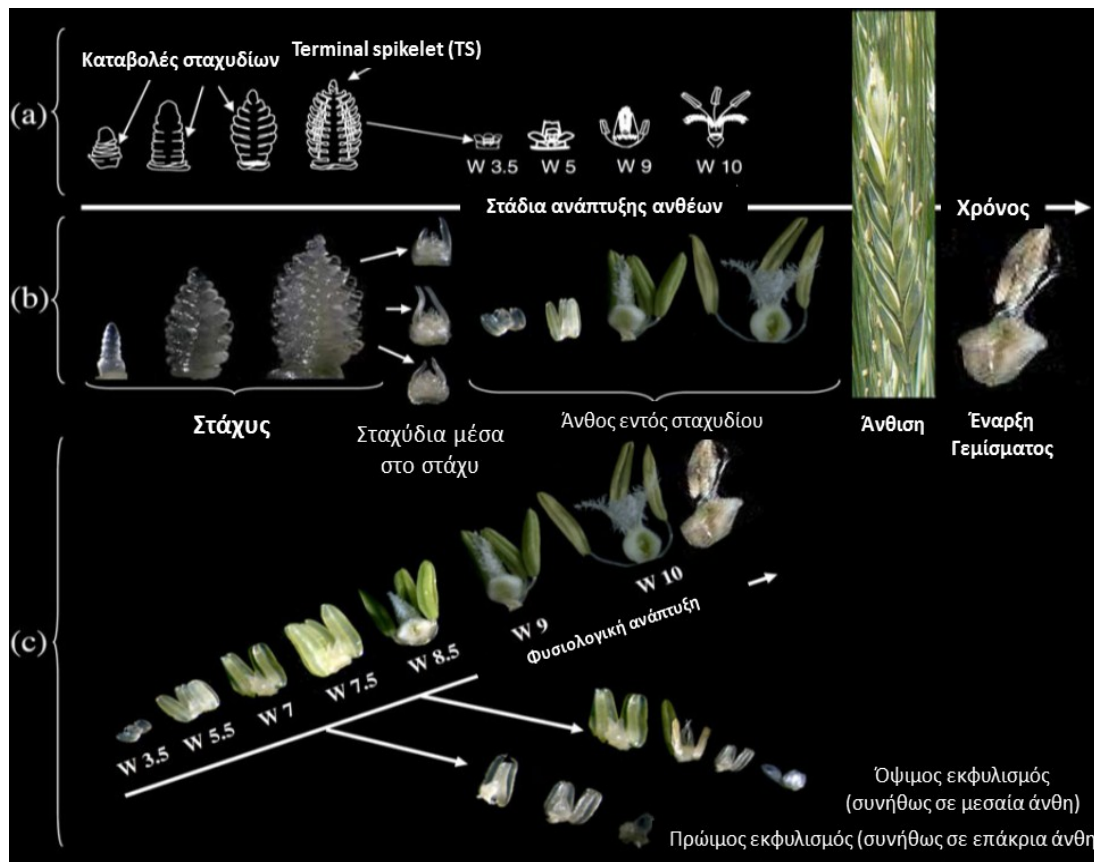
Σύμφωνα με αναφορές, η θερμοκρασία και πιθανώς ο φωτισμός είναι οι κύριοι παράγοντες που ελέγχουν το ρυθμό ανάπτυξης των σταχυδίων (Friend *et al.*, 1963; Masle *et al.*, 1989; Hay and Kirby, 1991;) και των ανθέων (Mohapatra, 1983). Το δεύτερο πειραματικό έτος καταγράφηκαν χαμηλότεροι ρυθμοί διαφοροποίησης νέων ανθέων, με εξαίρεση όμως τις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα σε εδαφική υγρασία για τις εμπορικές ποικιλίες. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 4.3.2 και τα διαγράμματα 3.7.1α και 3.7.1β, η μέση θερμοκρασία κατά τη φάση διαφοροποίησης των ανθέων στις εμπορικές ποικιλίες (75-90 ημέρες από τη σπορά) ήταν 13,04 °C πρώτο έτος και 11,31 °C το δεύτερο έτος. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες για τους εγχώριους πληθυσμούς ήταν 15,37 °C (85-110 ημέρες από τη σπορά) και 11,87 °C (60-85 ημέρες από τη σπορά). Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το δεύτερο πειραματικό έτος, τόσο οι εγχώριοι πληθυσμοί, όσο και οι εμπορικές ποικιλίες σημείωσαν χαμηλότερες τιμές του δείκτη WPI για την περίοδο από τις αρχές αδελφώματος μέχρι και το στάδιο της διόγκωσης του κολεού (πίνακας 3.3.2).

#### **4.4.3 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον εκφυλισμό και την νέκρωση των ανθέων**

Ο εμβρυακός στάχυς έχει τη δυνατότητα να διαφοροποιεί καταβολές ανθέων με αποτέλεσμα, κάθε σταχυδίο ανάλογα με τη θέση του πάνω στη ράχη του στάχου να περιέχει από 6 έως 11 άνθη. Ωστόσο, ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των ανθέων δεν καταφέρνει ποτέ να ολοκληρώσει την ανάπτυξή του και νεκρώνεται πριν από την άνθηση (Kirby, 1974, 1988; Fischer, 1984).

Ο εκφυλισμός των ανθέων και η νέκρωσή τους συμπίπτει με την περίοδο όπου το στέλεχος και ο εμβρυακός στάχυς αυξάνονται με το μέγιστο ρυθμό (Langer and Hanif, 1973; Fischer and Stockman, 1980; Kirby, 1988; Siddique *et al.*, 1989; Youssefian *et al.*, 1992a; Miralles *et al.*, 1998; González *et al.*, 2011). Οι Demotes-Mainard *et al.* (1996), αναφέρουν ότι άνθη τα οποία μερικώς έχουν εκφυλιστεί, μπορούν να σχηματίσουν καρπό εφόσον γονιμοποιηθούν από εξωγενή γύρη. Εντούτοις, τα περισσότερα από τα εκφυλισμένα άνθη συνήθως συνεχίζουν να νεκρώνονται και εξαφανίζονται πριν από την

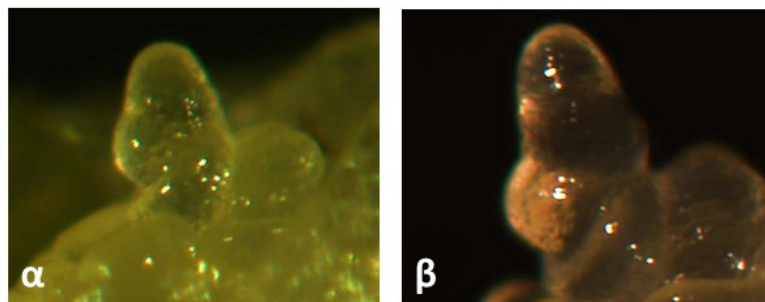
άνθηση. Στο διάγραμμα 4.4.2 παρουσιάζεται μια διαγραμματική απεικόνιση της ανάπτυξης και του εκφυλισμού των ανθέων.



**Διάγραμμα 4.4.2.** Διαγραμματική απεικόνιση της ανάπτυξης των ανθέων (a) σχηματικά και με πραγματικές φωτογραφίες (b) που δείχνουν συγκεκριμένα μορφογενετικά στάδια ανάπτυξης, από το στάδιο της διπλής πλευράς, το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (Terminal spikelet), μέχρι και την άνθιση και την έναρξη του γεμίματος. Παρουσιάζεται επίσης η φυσιολογική ανάπτυξη των ανθέων μέχρι την άνθιση, καθώς και ο εκφυλισμός τους (c) (Ferrante *et al.*, 2010)

Στην παρούσα διατριβή η έναρξη του εκφυλισμού των ανθέων εντοπίστηκε κατά τη διάρκεια του σταδίου της διόγκωσης του κολεού. Στην ίδια παρατήρηση κατέληξαν και προηγούμενες μελέτες (Li *et al.*, 2001; Bancal, 2008). Σημειώνεται ότι, τόσο το πρώτο πειραματικό έτος, όσο και το δεύτερο η μελέτη του εκφυλισμού των ανθέων επικεντρώθηκε στην παρατήρηση των μεσαίων σταχυδίων. Σε καμία από τις μεταχειρίσεις του νερού καθώς και σε κανέναν από τους γονότυπους που μελετήθηκαν δεν παρουσιάστηκαν σημάδια εκφυλισμού των ανθέων μέχρι και το στάδιο των πράσινων ανθίρων (19 και 20 της νέας κλίμακας) ή αντίστοιχα μέχρι το στάδιο 8 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983). Οι Craufurd και Cartwright (1989), παρατήρησαν ότι η νέκρωση των ανθέων ξεκίνησε όταν το βασικό άνθος F1, σύμφωνα με την ταξινόμηση των Moragues και

McMaster (2012), των μεσαίων σταχυδίων έφτανε το στάδιο 8 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983). Ο Bancal (2009), διαπίστωσε ότι η νέκρωση των ανθέων ξεκίνησε μεταξύ των σταδίων 7 και 8 της κλίμακας των Waddington *et al.* (1983), ενώ οι González *et al.* (2011), μεταξύ των σταδίων 8 και 9 της ίδιας κλίμακας. Στην εικόνα 4.4.1 παρουσιάζεται η διαφοροποίηση μεταξύ ενός ενεργού και ενός ακραίου μεριστώματος το οποίο έχει αρχίσει να εκφυλίζεται.



**Εικόνα 4.4.1.** Μεριστωματική κορυφή (α) που έχει αρχίσει να εκφυλίζεται στο στάδιο της διόγκωσης του κολεού και (β) ενεργή μεριστωματική κορυφή στο στάδιο του καλαμώματος. Διακρίνεται η αφυδάτωση που έχει αρχίσει να συμβαίνει στη μεριστωματική κορυφή (α).

Παρατηρήθηκε ότι τα φυτά που βρίσκονταν στις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα σε διαθέσιμη εδαφική υγρασία είχαν την τάση να εκφυλίζουν τα άνθη τους πιο νωρίς σε σχέση με εκείνα που αναπτύσσονταν σε επάρκεια νερού (διαγράμματα 3.7.2α και 3.7.2β). Αυτό μάλλον πρέπει να οφείλεται στο γεγονός ότι τα φυτά που βίωναν υδατική καταπόνηση επιτάχυναν το βιολογικό τους κύκλο (πίνακας 3.5.1) με αποτέλεσμα να εισέρχονται πιο γρήγορα στο αναπτυξιακό στάδιο στο οποίο ενεργοποιείται ο εκφυλισμός των ανθέων (Bancal, 2009).

Ο μέγιστος αριθμός ανθέων που διαφοροποιήθηκε δε φάνηκε να σχετίζεται με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων κατά την άνθηση (πίνακας 4.4.3), ωστόσο υπάρχουν ορισμένες αναφορές που δείχνουν ότι υπάρχει μια μικρή επίδραση (Siddique *et al.*, 1989; Bancal, 2008). Επίσης, ούτε και οι González *et al.* (2011), διαπίστωσαν συσχέτιση του μέγιστου αριθμού διαφοροποιημένων ανθέων με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων κατά την άνθηση. Σύμφωνα με τα διαγράμματα 4.4.3 και 4.4.4, ο αριθμός των γόνιμων ανθέων που υπάρχει στο στάδιο της άνθησης φαίνεται να εξαρτάται στην ουσία από το ποσοστό των ανθέων που καταφέρνουν τελικά και επιβιώνουν μέχρι το στάδιο της άνθησης. Στην ίδια παρατήρηση καταλήγουν αρκετές ακόμη μελέτες (Langer and Hanif, 1973; Fischer and Stockman, 1980; Whingwiri and Stern, 1982; Sibony and Pinthus, 1988; Craufurd and

Cartwright, 1989; Miralles *et al.*, 1998; González *et al.*, 2003a; González *et al.*, 2005a; Ferrante *et al.*, 2010; González *et al.* 2011). Οι Ferrante *et al.* (2010), συμπληρώνουν ότι αυτή η συγκεκριμένη αναπτυξιακή συμπεριφορά αντανακλά στο γεγονός ότι το ενεργειακό κόστος της διαφοροποίησης των ανθικών καταβολών είναι σημαντικά χαμηλότερο από αυτό που απαιτείται για να επιτραπεί η ολοκλήρωση της ανάπτυξης των ανθέων. Εναλλακτικά, μπορεί να ειπωθεί ότι η ανάγκη των ανταγωνιζόμενων φυτικών οργάνων σε φωτοσυνθετικά προϊόντα κατά τη διάρκεια της διαφοροποίησης νέων ανθέων είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή που υφίσταται κατά τη διάρκεια της φάσης του εκφυλισμού ή της φάσης επιβίωσης των ανθέων.

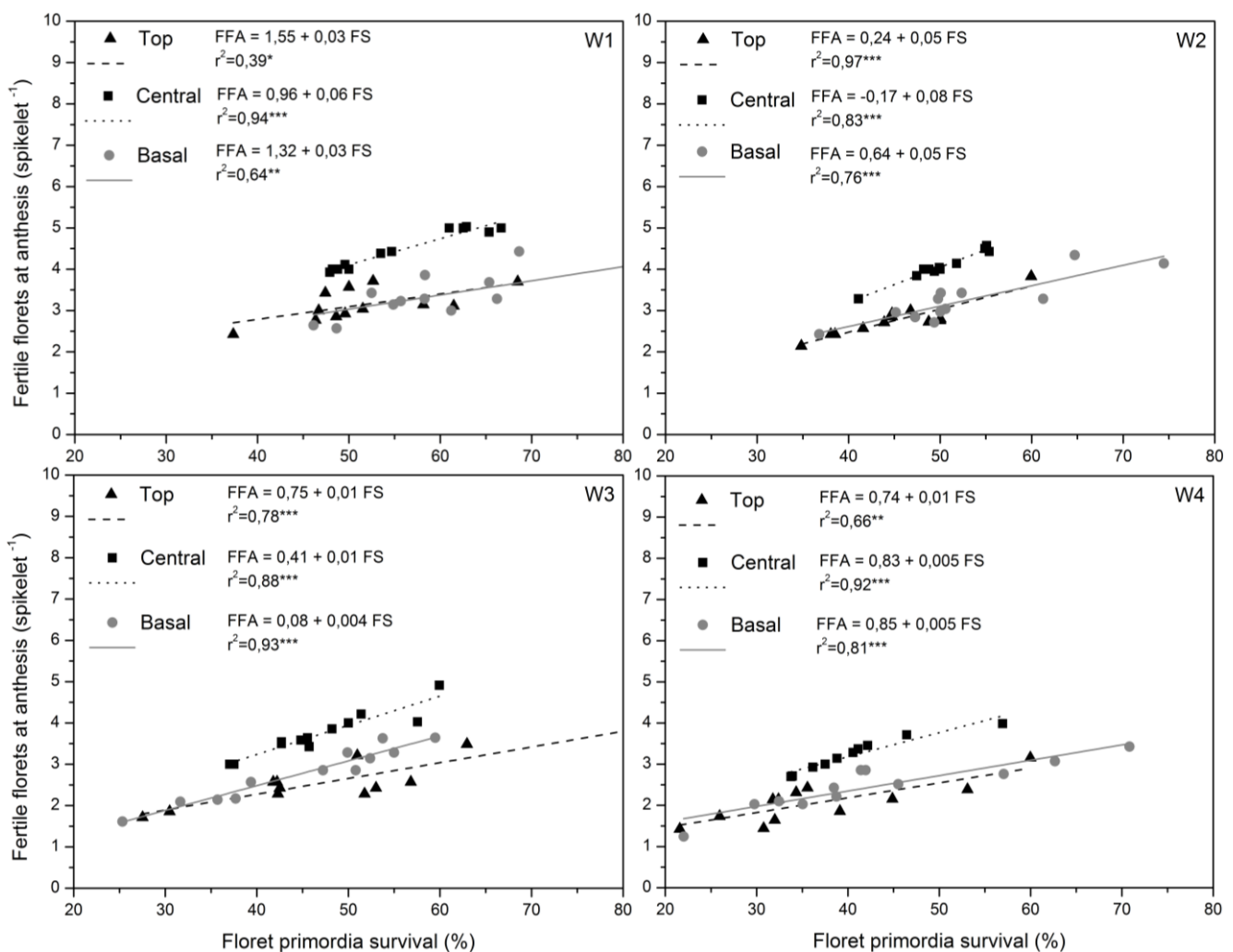
**Πίνακας 4.4.3.** Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του μέγιστου αριθμού των διαφοροποιημένων ανθικών καταβολών και των γόνιμων ανθέων κατά το στάδιο της άνθισης.

Μεταχειρίσεις νερού	Θέση σταχυδίων		
	Κορυφή	Μέση	Βάση
Εγχώριοι πληθυσμοί			
W1	0.25ns	0.59*	0.11ns
W2	0.16ns	0.41ns	0.09ns
W3	0.20ns	0.00ns	0.07ns
W4	0.00ns	0.54ns	0.15ns
Εμπορικές ποικιλίες			
W1	0.59*	0.07ns	0.34ns
W2	0.00ns	0.25ns	0.27ns
W3	0.01ns	0.29ns	0.63**
W4	0.13ns	0.11ns	0.37ns

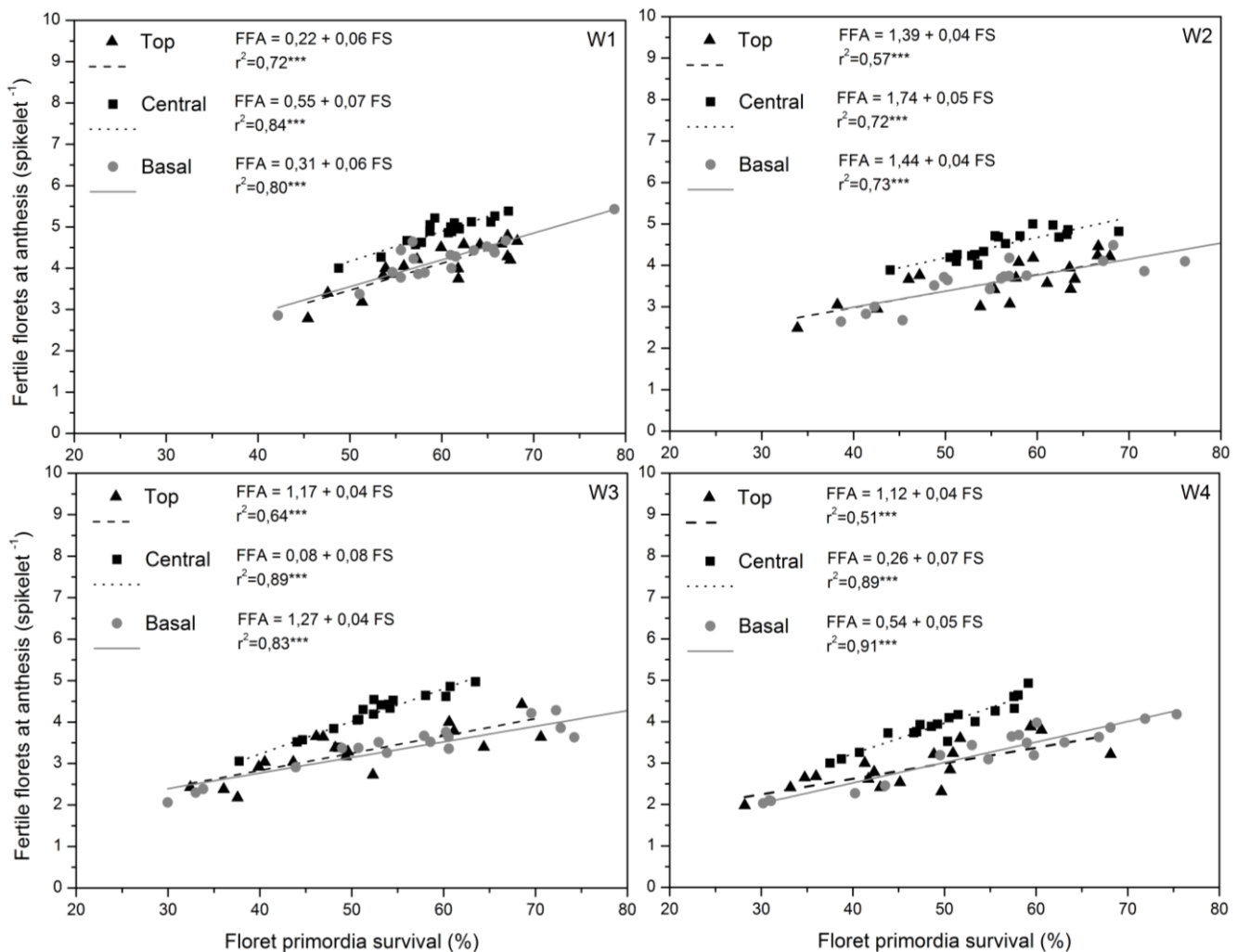
Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό, W1, W2, W3 και W4, μεταχειρίσεις του νερού.

Η επιβίωση των ανθέων μέχρι και το στάδιο της άνθησης μπορεί να διαχωριστεί σε δύο συνιστώσες: α) το ρυθμό με τον οποίο εκφυλίζονται τα άνθη, καθώς και β) από τη διάρκεια της φάσης που πραγματοποιείται ο εκφυλισμός των ανθέων (González *et al.*, 2011). Όσον αφορά την πρώτη συνιστώσα, το πρώτο πειραματικό έτος ο ρυθμός εκφυλισμού των ανθέων μπόρεσε να εξηγήσει το 61% της παραλλακτικότητας του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων και το δεύτερο πειραματικό έτος το 57% (διάγραμμα 4.4.5). Η μείωση της

διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του μέσου ρυθμού εκφυλισμού των ανθέων τόσο πρώτο, όσο και το δεύτερο πειραματικό έτος (πίνακας 3.7.1 και πίνακες 28 και 30 παράρτημα). Οι εγχώριοι πληθυσμοί είχαν την τάση να καταγράφουν υψηλότερους ρυθμούς εκφυλισμού των ανθέων τους σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες, κυρίως στις μεταχειρίσεις που άρχιζαν να παρουσιάζονται τα πρώτα υδατικά ελλείμματα (W2, W3 και W4). Εξαιρεση αποτέλεσε η ποικιλία «Μεξικάλι 81» το πρώτο πειραματικό έτος.



**Διάγραμμα 4.4.3.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης (FFA) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τους εγχώριους πληθυσμούς. Οι επιμέρους παλινδρομήσεις αναφέρονται στα σταχύδια της κορυφής (Top), της μέσης (Central) και της βάσης (Basal) των στάχων. Fertile florets at anthesis (spikelet<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης, Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων, W1-W4: μεταχειρίσεις του νερού. Οι παλινδρομήσεις έχουν προκύψει και από τα δύο πειραματικά έτη.

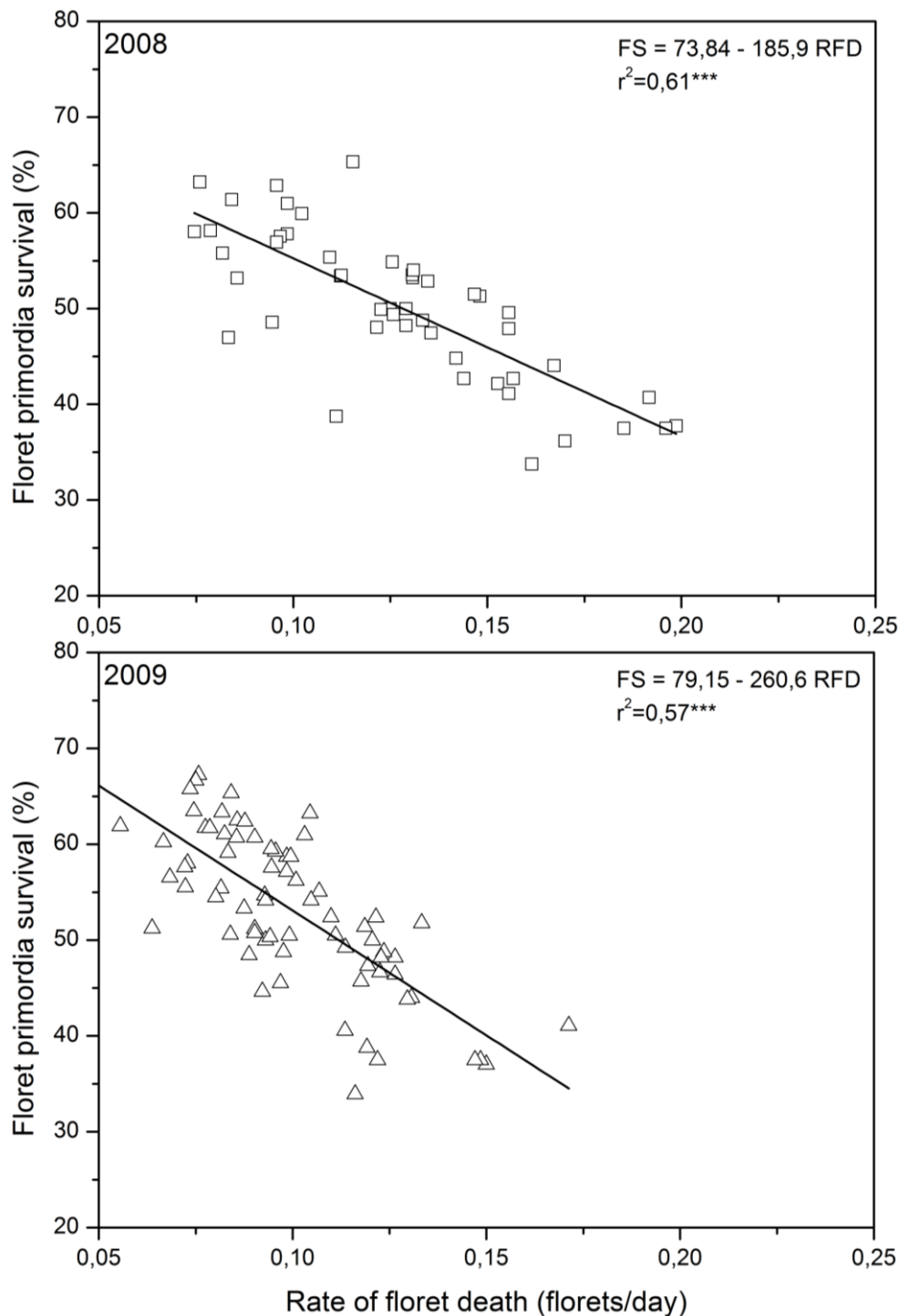


**Διάγραμμα 4.4.4.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης (FFA) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τις εμπορικές ποικιλίες. Οι επιμέρους παλινδρομήσεις αναφέρονται στα σταχύδια της κορυφής (Top), της μέσης (Central) και της βάσης (Basal) των στάχων. Fertile florets at anthesis (spikelet<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης, Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων, W1-W4: μεταχειρίσεις του νερού. Οι παλινδρομήσεις έχουν προκύψει και από τα δύο πειραματικά έτη.

Όσον αφορά τη δεύτερη συνιστώσα, οι Isidro *et al.* (2011), βρήκαν σχετικά υψηλή συσχέτιση ( $r = -0.74^{***}$ ) μεταξύ του ποσοστού αποβολής των ανθέων και της διάρκειας σε ημέρες από το στάδιο της διόγκωσης του κολεού μέχρι και την άνθηση. Στην παρούσα διατριβή η διάρκεια από το στάδιο διόγκωσης του κολεού μέχρι και την άνθηση δε μπόρεσε να εξηγήσει ούτε το 1% της παραλλακτικότητας που οφειλόταν στο ποσοστό επιβίωσης των ανθέων. Οι González *et al.* (2011), συσχέτισαν το ρυθμό εκφυλισμού των ανθέων με τη διάρκεια της περιόδου εκφυλισμού και έτσι μπόρεσαν και εξήγησαν το 44 % της παραλλακτικότητάς του. Παρατήρησαν επίσης ότι όσο αύξανε η διάρκεια αυτής της



περιόδου μειωνόταν ο ρυθμός εκφυλισμού και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων. Στην παρούσα μελέτη δεν έγινε εφικτός ο ακριβής καθορισμός των άκρων αυτής της περιόδου, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να αναδειχθεί η



**Διάγραμμα 4.4.5.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ρυθμού εκφυλισμού των ανθέων (RFD) και του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) για τα δύο πειραματικά έτη. Rate of floret death: ρυθμός εκφυλισμού ανθέων (άνθη/ημέρα), Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού.

**Πίνακας 4.4.4.** Η επίδραση των διαφορετικών μεταχειρίσεων του νερού (W1-W4) στο ποσοστό επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της κορυφής, της μέσης και της βάσης των στάξεων.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	Κορυφή			
(%)				
1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)				
Κοντοπούλι 17	57.4±4.8	54.1±5.7	47.1±4.8	38.8±3.8
Ντόπια Ηρακλείου 184	52.2±3.0	49.3±1.0	32.1±4.1	31.9±5.1
Παπαδάκης	58.0±1.6	53.5±4.1	48.6±2.6	46.2±4.4
Μεξικάλι 81	50.4±4.6	40.7±1.1	32.3±1.2	30.7±0.3
2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)				
Κοντοπούλι 17	59.8±4.7Aa	61.2±7.2Aa	53.9±3.6Aac	63.5±3.9Aab
Ντόπια Ηρακλείου 184	76.4±12.8Ab	45.5±4.4Bc	46.3±5.3Bc	37.7±3.9Bc
Παπαδάκης	64.1±1.6Aab	57.3±5.8Aac	65.2±5.7Aab	55.6±3.1Aa
Μεξικάλι 81	64.5±1.6Aab	76.7±3.1ABb	77.1±3.6Bb	68.9±1.5ABb
Σέλας	56.4±0.4Aa	54.3±2.2Aac	59.8±0.6Aa	56.9±2.0Aab
Simeto	65.6±7.0Aab	58.1±4.9Aac	56.4±2.9Aac	65.8±4.9Aab
Μέση				
(%)				
1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)				
Κοντοπούλι 17	59.4±4.7	53.4±1.7	52.2±3.6	45.5±5.9
Ντόπια Ηρακλείου 184	50.3±1.6	48.9±0.7	43.4±0.7	37.0±2.2
Παπαδάκης	60.0±1.1	55.8±1.3	53.01±2.9	44.8±3.0
Μεξικάλι 81	55.1±4.3	52.4±0.6	45.3±4.7	43.2±4.2
2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)				
Κοντοπούλι 17	55.3±3.9	51.3±1.9	44.6±4.2	40.3±3.6
Ντόπια Ηρακλείου 184	58.6±5.4	47.0±3.1	44.4±3.7	37.9±0.4
Παπαδάκης	60.4±2.5	56.3±6.2	58.8±3.3	55.7±2.7
Μεξικάλι 81	63.3±2.0	53.9±1.5	54.5±2.9	53.4±3.4
Σέλας	59.7±0.7	60.3±2.4	49.9±2.9	47.2±1.9
Simeto	61.2±2.8	59.6±5.3	51.3±1.6	53.4±2.4

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) στα πειραματικά έτη, όπου οι τιμές των μέσων δε συνοδεύονται από γράμματα.

σημασία της ως προς το ποσοστό των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης.

Στον πίνακα 4.4.4 παρουσιάζεται η επίδραση των μεταχειρίσεων του νερού στο ποσοστό επιβίωσης των ανθέων. Με εξαίρεση τα σταχύδια της κορυφής το δεύτερο πειραματικό έτος, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης που βίωσαν τα φυτά οδήγησε σε σημαντική μείωση του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (πίνακες 77-82 παράρτημα). Οι Isidro *et al.* (2011), παρατήρησαν ότι στις σύγχρονες ιταλικές και ισπανικές ποικιλίες το ποσοστό των ανθέων που νεκρώθηκαν ήταν μειωμένο κατά 24% σε σχέση με τις παλιές ποικιλίες. Η ανάλυσή τους οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η βελτίωση

αυτή οφειλόταν σε μεγάλο βαθμό στη μεγαλύτερη διάρκεια της περιόδου από τη διόγκωση του κολεού μέχρι και την άνθηση, στις σύγχρονες ποικιλίες. Στην παρούσα διατριβή η σύγκριση των εγχώριων πληθυσμών με τις σύγχρονες ποικιλίες δε φανέρωσε κάποια συστηματική υπεροχή των σύγχρονων ποικιλιών έναντι των εγχώριων πληθυσμών.

**Πίνακας 4.4.4.** Συνέχεια.

Γονότυποι	Επεμβάσεις νερού			
	W1	W2	W3	W4
	Βάση (%)			
	1 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (07-08)			
Κοντοπούλι 17	62.7±3.0	49.8±5.1	62.0±11.2	48.3±8.4
Ντόπια Ηρακλείου 184	49.1±1.5	49.6±0.4	53.9±1.5	38.2±4.1
Παπαδάκης	65.5±1.8	59.0±2.6	56.9±3.8	46.2±2.3
Μεξικάλι 81	52.8±4.8	58.1±2.9	62.4±5.4	55.8±6.1
	2 <sup>ο</sup> Πειραματικό έτος (08-09)			
Κοντοπούλι 17	50.1±1.5Acd	37.1±1.1Ba	40.1±6.8ABa	26.6±3.1Cb
Ντόπια Ηρακλείου 184	44.2±3.5Ad	44.1±1.5Aa	38.4±3.9ABa	33.9±1.1Bab
Παπαδάκης	59.5±3.5Aabc	55.7±10.1Ab	55.1±9.7Ab	56.9±3.0Ac
Μεξικάλι 81	61.6±4.1Aab	43.8±2.8Ba	44.7±2.5Ba	42.0±5.4Ba
Σέλας	63.5±2.4Aa	63.1±2.8Ab	39.9±4.2Ba	37.5±2.1Ba
Simeto	52.4±2.5ABbcd	54.4±5.9Ab	43.6±3.5BCa	39.8±6.1Ca

Τιμές στη γραμμή με το ίδιο κεφαλαίο γράμμα και αντίστοιχα τιμές στη στήλη με το ίδιο πεζό γράμμα δε διαφέρουν σημαντικά για  $\alpha=0,05$  (δοκιμασία ΕΣΔ). Οι τιμές είναι οι μέσοι τριών επαναλήψεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα. Η αλληλεπίδραση των παραγόντων (γονότυποι X επεμβάσεις νερού) δεν ήταν σημαντική σύμφωνα με την ανάλυση διασποράς (ANOVA) στα πειραματικά έτη, όπου οι τιμές των μέσων δε συνοδεύονται από γράμματα.

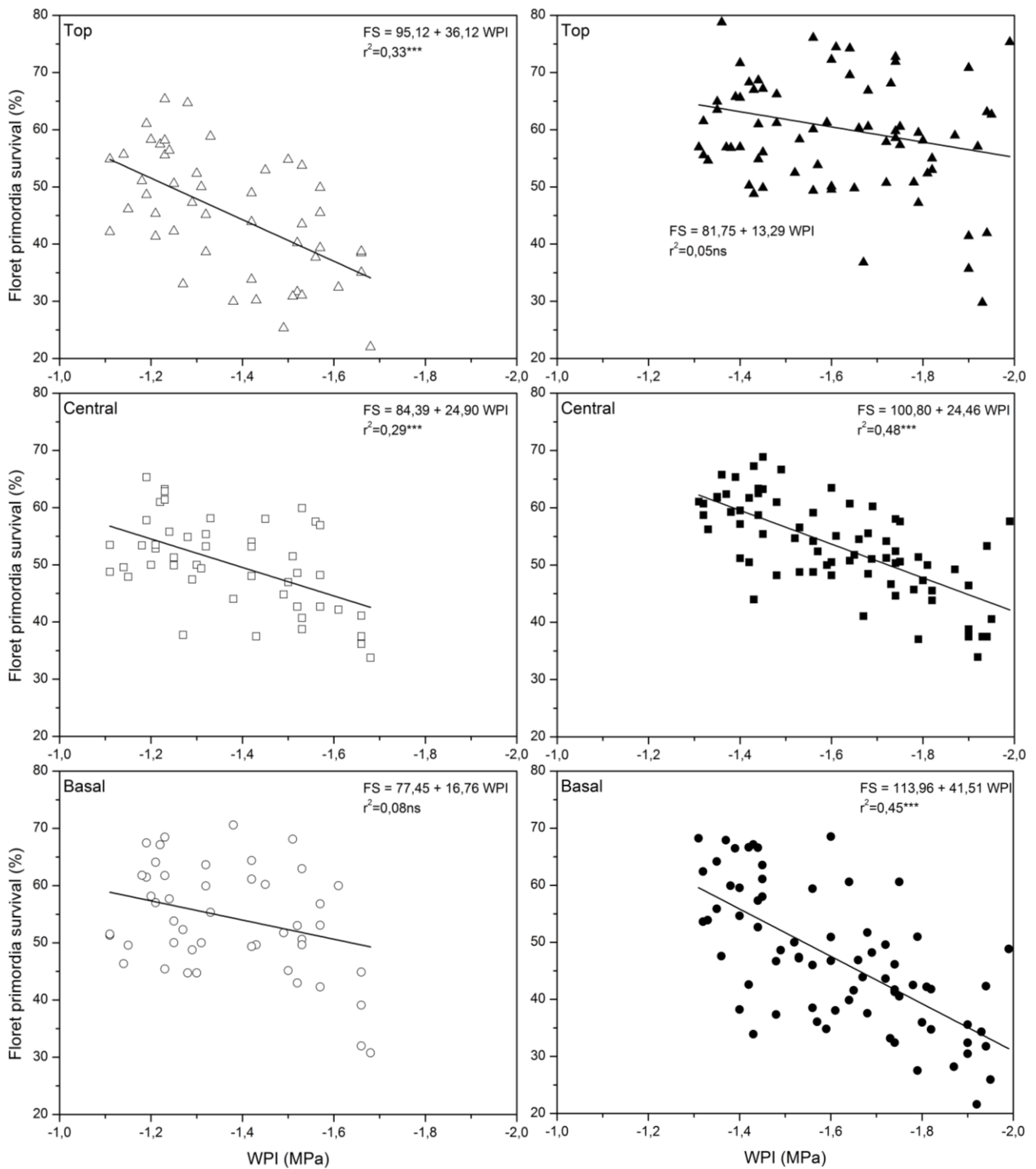
Η συνολική υδατική καταπόνηση που βίωσαν τα φυτά από το τέλος του αδελφώματος μέχρι και την άνθηση εκφρασμένη μέσω του δείκτη WPI εξήγησε το πρώτο έτος το 33% και 29% της παραλλακτικότητας που αφορούσε την επιβίωση των ανθέων στα σταχύδια της κορυφής και της μέσης των στάχων αντίστοιχα, αλλά δε σχετίστηκε σημαντικά με τα σταχύδια της βάσης. Το δεύτερο πειραματικό έτος ο δείκτης WPI κατάφερε να εξηγήσει μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας του ποσοστού επιβίωσης, αλλά αυτή τη φορά δε σχετίστηκε σημαντικά με τα σταχύδια της κορυφής (διάγραμμα 4.4.6).

Όσον αφορά το λόγο που προκαλείται ο εκφυλισμός και η νέκρωση των ανθέων, υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις διεθνώς. Ο Kirby (1988), υπέθεσε ότι η νέκρωση των ανθέων πρέπει να οφείλεται στο μερικό ανταγωνισμό μεταξύ του στελέχους και του στάχου. Τη συγκεκριμένη περίοδο που ξεκινά η νέκρωση των ανθέων, τόσο ο στάχους, όσο και το στέλεχος αναπτύσσονται με το μεγαλύτερο ρυθμό, ενώ ταυτόχρονα ο εφοδιασμός τους με

φωτοσυνθετικά προϊόντα δεν αυξάνεται (η επιφάνεια του φυλλώματος μειώνεται τη συγκεκριμένη περίοδο). Πιο συγκεκριμένα, υποστηρίζεται ότι η διαθεσιμότητα των προϊόντων της φωτοσύνθεσης για την ανάπτυξη του στάχου διαμορφώνει ως ένα βαθμό το ποσοστό των ανθέων που συνεχίζουν κανονικά την ανάπτυξή τους και φτάνουν με ανεπηρέαστη τη γονιμότητά τους μέχρι το στάδιο της άνθησης (Brooking and Kirby, 1981; Fischer, 1985; Thorne and Wood, 1987; Savin and Slafer, 1991; Miralles *et al.*, 1998; Ghiglione *et al.*, 2008; Serrago *et al.*, 2008; González *et al.*, 2011).

Από την άλλη πλευρά, ορισμένες πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ του στελέχους και του στάχου για φωτοσυνθετικά προϊόντα δεν καθορίζει τον αριθμό των καρπών ή των γόνιμων ανθέων (Bancal, 2008; Ugarte *et al.*, 2010) και επιπλέον η έναρξη του εκφυλισμού και της νέκρωσης των ανθέων είναι απλά μία αναπτυξιακή διαδικασία που δε σχετίζεται με την ανάπτυξη του στάχου (Bancal, 2009). Ο Bancal (2008), παρουσίασε ότι ο αριθμός των καρπών ανά στάχου συσχετιζόταν θετικά με τη ξηρά μάζα του στελέχους κατά την έναρξη της νέκρωσης των ανθέων. Σύμφωνα με τον ίδιο, αν η νέκρωση των ανθέων ήταν το αποτέλεσμα της έλλειψης άνθρακα, λόγω ανταγωνισμού μεταξύ του στελέχους και του αναπτυσσόμενου στάχου, θα περίμενε κανείς αυτή η συσχέτιση να ήταν αρνητική. Επιπλέον, όλοι οι ρυθμοί της ροής του άνθρακα (συσσώρευση ξηρής ουσίας και υδατανθράκων, καθώς και η αναπνοή) συνέχιζαν να αυξάνουν στους αναπτυσσόμενους στάχους για αρκετές ημέρες μετά την έναρξη της νέκρωσης των ανθέων. Οι Serrago *et al.* (2008), διαπίστωσαν ότι η αφαίρεση σταχυδίων δεν είχε επίδραση στον αριθμό των γόνιμων ανθέων στα εναπομείναντα σταχύδια. Ήδη, πριν από το έτος 2000 ο McMaster (1997), είχε εκδηλώσει τον προβληματισμό του για τη θεωρία περί ανταγωνισμού μεταξύ του στελέχους και του στάχου για υδατάνθρακες, καθώς τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο η παραγωγή υδατανθράκων από το σιτάρι είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Μια τρίτη εκδοχή η οποία ωστόσο δεν υποστηρίχθηκε ιδιαίτερα από μεταγενέστερες μελέτες προτάθηκε από τους Cotterell *et al.* (1981). Σύμφωνα με αυτή την εκδοχή η νέκρωση των ανθέων μπορεί να οφείλεται σε ορμονικές επιδράσεις. Οι Rajala *et al.* (2009), υπέθεσαν ότι η νέκρωση των ανθέων δεν πρέπει να οφείλεται αποκλειστικά στη διαθεσιμότητα των φωτοσυνθετικών προϊόντων, καθώς είναι πολύ πιθανό η υδατική καταπόνηση να προκαλεί και μεταβολές στα επίπεδα των φυτικών ορμονών. Εξάλλου, έχει διαπιστωθεί η επίδραση του αμψισικού οξέως και του αιθυλενίου στη νέκρωση των ανθέων, αλλά και στον έλεγχο της ικανότητας γεμίσματος των καρπών (Zeng *et al.*, 1985; Myers *et al.*, 1992; Westgate *et al.*, 1996; Young *et al.*, 1997).



**Διάγραμμα 4.4.6.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων (FS) και του δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$  για την πρώτη (αριστερά) και τη δεύτερη (δεξιά) πειραματική περίοδο. Floret primordia survival (%): ποσοστό επιβίωσης καταβολών ανθέων. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού.

#### 4.5 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στον αριθμό των καρπών

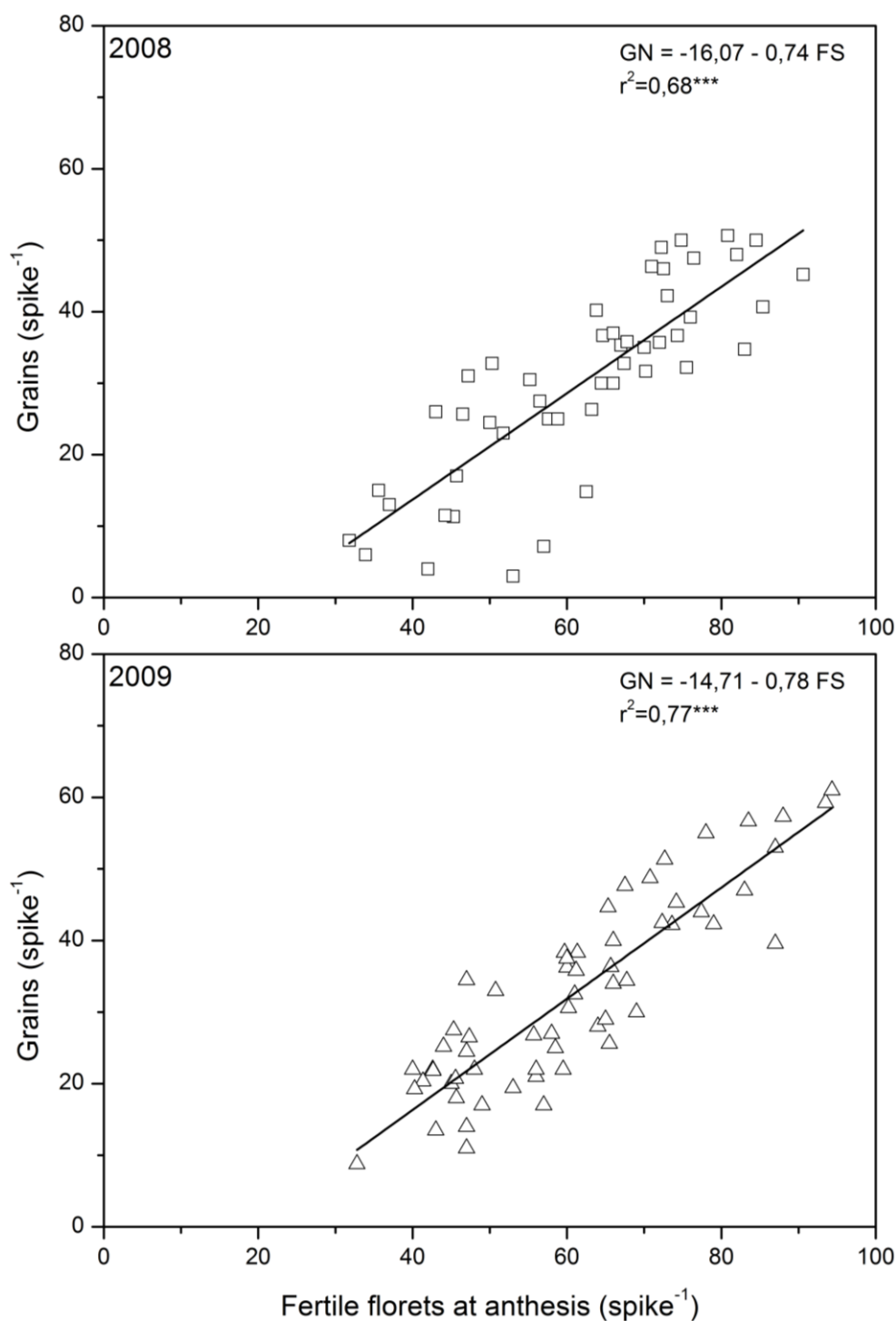
Διεθνώς έχουν δημοσιευτεί πολλές εργασίες που έχουν εξετάσει τις επιδράσεις καταπονήσεων στο γέμισμα και στο τελικό μέγεθος των καρπών για την περίοδο από την άνθηση και μετά (Plaut *et al.*, 2004; Cartelle *et al.*, 2006; Yang and Zhang, 2006; Sinclair and Jamieson, 2006; González *et al.*, 2007; Cossani *et al.*, 2011), αλλά πολύ λίγες έχουν επικεντρωθεί στην επίδραση των καταπονήσεων για την περίοδο πριν την άνθηση και συγκεκριμένα στον αριθμό των καρπών (Dolferus *et al.*, 2011). Η περίοδος των 10-30 ημερών πριν από την άνθηση θεωρείται ίσως η πιο σημαντική για τον καθορισμό του αριθμού των καρπών στο σιτάρι (Willey and Holliday, 1971; Fischer, 1973; Fischer, 1975; Evans, 1978; Wall, 1979; Fischer, 2011).

Η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης κατά την περίοδο που προηγείται της άνθησης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού αριθμού των καρπών ανά στάχυ σε όλους ανεξαιρέτως τους γονότυπους του σκληρού σιταριού. Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξαν αρκετές ακόμα προγενέστερες μελέτες (Oosterhuis and Cartwright, 1983; McMaster *et al.*, 1994; Denčić *et al.*, 2000; García del Moral *et al.*, 2003; Mandal *et al.*, 2005; Mardeh *et al.*, 2006; Elhani *et al.*, 2007; Rajala *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2012).

Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης μπόρεσε και εξήγησε συνολικά, για όλες τις μεταχειρίσεις του νερού και για όλους τους γονότυπους, το 68% της συνολικής παραλλακτικότητας του αριθμού των καρπών ανά στάχυ το πρώτο πειραματικό έτος και το 77% το δεύτερο έτος (διάγραμμα 4.5.1). Με εξαίρεση την επέμβαση W3 ο αριθμός των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης παρουσίασε την υψηλότερη συσχέτιση με τον αριθμό των καρπών ανά στάχυ (πίνακας 4.5.1).

Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης μειώθηκε σε όλους τους γονότυπους με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων. Με εξαίρεση τις ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» το δεύτερο πειραματικό έτος, η συνολική υδατική καταπόνηση που βίωσαν τα φυτά, εκφρασμένη μέσω του δείκτη  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$ , μπόρεσε και εξήγησε από το 47% έως το 92% της συνολικής παραλλακτικότητας του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης (διάγραμμα 3.9.5). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Rajala *et al.* (2009) και επίσης διαπίστωσαν ότι το υδατικό στρες πριν από τη γονιμοποίηση προκάλεσε μείωση της φωτοσύνθεσης, η οποία με τη σειρά της είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των παραγόμενων διαλυτών υδατανθράκων που ήταν διαθέσιμοι για την ανάπτυξη των ανθικών οργάνων. Σύμφωνα με τους ίδιους, δεν

είναι απαραίτητο ότι ο αριθμός των γόνιμων ανθέων σχετίζεται αποκλειστικά με την ποσότητα των διαθέσιμων φωτοσυνθετικών προϊόντων.



**Διάγραμμα 4.5.1.** Η γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ (GN) και του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης (FS) για τα δύο πειραματικά έτη. Grains (spike<sup>-1</sup>): καρποί ανά στάχυ, Fertile florets at anthesis (spike<sup>-1</sup>): γόνιμα άνθη ανά στάχυ στο στάδιο της άνθησης. Τα σημεία των παλινδρομήσεων προέρχονται συνολικά από τις τιμές των εμπορικών ποικιλιών αλλά και των εγχώριων πληθυσμών του σκληρού σιταριού.

**Πίνακας 4.5.1.** Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των καρπών ανά στάχυ και αναπαραγωγικών - αναπτυξιακών χαρακτηριστικών των στάχων. Η ανάλυση της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).

W2	W1	GNS	FF	FSURV	GSET	MAXF	MSPGR	SPL	SPN
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS)			0,74***	0,27ns	0,61***	0,51**	-0,02ns	-0,18ns	-0,01ns
Γόνιμα άνθη στην άνθηση (FF)		0,78***		0,19ns	0,02ns	0,06ns	0,25ns	0,27ns	0,45*
Επιβίωση ανθέων (FSURV)		0,54**	0,39*		0,09ns	0,02ns	-0,04ns	-0,22ns	-0,26ns
Γονιμότητα σταχυδίων (GSET)		0,65***	0,25ns	0,61***		0,62***	-0,16ns	-0,39*	-0,48**
Μέγιστος αριθμός ανθικών καταβολών (MAXF)		0,07ns	-0,03ns	-0,11ns	0,18ns		-0,51**	-0,59***	-0,55**
Ρυθμός αύξησης στάχυ (MSPGR)		0,03ns	0,36*	-0,19ns	-0,18ns	-0,11ns		0,83***	0,44*
Μήκος στάχυ (SPL)		-0,17ns	0,28ns	-0,24ns	-0,33ns	-0,22ns	0,88***		0,61***
Αριθμός σταχυδίων (SPN)		0,15ns	0,55**	-0,32ns	-0,29ns	-0,31ns	0,58***	0,67***	
W4	W3	GN	FF	FSURV	GSET	MAXF	MSPGR	SPL	SPN
Αριθμός καρπών στάχυ (GNS)			0,57**	0,61***	0,37*	0,36ns	0,16ns	0,02ns	0,11ns
Γόνιμα άνθη στην άνθηση (FF)		0,77***		0,60***	0,09ns	0,09ns	0,59***	0,43*	0,47**
Επιβίωση ανθέων (FSURV)		0,79***	0,72***		0,32ns	0,09ns	0,14ns	-0,03ns	-0,22ns
Γονιμότητα σταχυδίων (GSET)		0,73***	0,46*	0,57**		0,412*	-0,07ns	-0,39*	-0,27ns
Μέγιστος αριθμός ανθικών καταβολών (MAXF)		0,09ns	-0,03ns	0,08ns	-0,01ns		-0,26ns	-0,38*	-0,39*
Ρυθμός αύξησης στάχυ (MSPGR)		0,19ns	0,29ns	-0,03ns	0,13ns	-0,27ns		0,74***	0,56**
Μήκος στάχυ (SPL)		0,06ns	0,21ns	-0,23ns	0,08ns	-0,48**	0,73***		0,66***
Αριθμός σταχυδίων (SPN)		-0,08ns	0,35ns	-0,29ns	-0,14ns	-0,42*	0,26ns	0,60***	

Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα και ns μη σημαντικό



Με εξαίρεση την ποικιλία «Μεξικάλι 81» και τον εγχώριο πληθυσμό «Ντόπια Ηρακλείου 184» το πρώτο πειραματικό έτος, η αύξηση της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των γόνιμων ανθέων στα σταχύδια της βάσης των στάχων, απ' ό τι σε εκείνα της μέσης και της κορυφής (διαγράμματα 3.9.1 και 3.9.2). Οι González *et al.* (2011), παρατήρησαν ότι ο ρυθμός νέκρωσης των ανθέων στα σταχύδια της βάσης ήταν υψηλότερος σε σχέση με εκείνον που καταγράφηκε στα σταχύδια της μέσης και της κορυφής των στάχων. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, αυτά τα αποτελέσματα παρέχουν υποστήριξη στην πρόταση που λέει ότι τα σταχύδια της βάσης των στάχων παρουσιάζουν μικρότερη προτεραιότητα στην αφομοίωση φωτοσυνθετικών προϊόντων σε σχέση με τα σταχύδια της μέσης και της κορυφής. Και αυτό εξηγεί με τη σειρά του το λόγο που τα σταχύδια της βάσης είναι τα πρώτα στα οποία μειώνεται ο αριθμός των γόνιμων ανθέων όταν υπάρχει έλλειμμα φωτοσυνθετικών προϊόντων πριν την άνθηση (Stockman *et al.*, 1983; Sibony and Pinthus, 1988; Craufurd and Cartwright, 1989).

Οι εγχώριοι πληθυσμοί υστέρησαν σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες, όσον αφορά τον αριθμό των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο στο στάδιο της άνθησης και το οποίο έγινε ακόμη πιο ευδιάκριτο κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Τονίζεται επίσης ότι η ελληνική εμπορική ποικιλία «Παπαδάκης» ξεχώρισε απ' όλους τους γονότυπους, καθώς κατέγραψε τα περισσότερα γόνιμα άνθη/σταχύδιο σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού το πρώτο πειραματικό έτος, καθώς και στις μεταχειρίσεις που υπήρχε ανεπάρκεια σε εδαφική υγρασία το δεύτερο πειραματικό έτος (διάγραμμα 3.9.3). Σε ανάλογα αποτελέσματα κατέληξαν οι Álvaro *et al.* (2008), καθώς και οι Isidro *et al.* (2011), κατά τη σύγκριση σύγχρονων ισπανικών και ιταλικών ποικιλιών σκληρού σιταριού με ενδιάμεσες και παλιές ποικιλίες των ίδιων χωρών. Τα αποτελέσματα των Isidro *et al.* (2011), υποδεικνύουν ότι η βελτίωση του σιταριού κατά τη διάρκεια του τελευταίου αιώνα προκάλεσε μείωση του χρόνου μέχρι την άνθηση σε βάρος της βλαστικής και της πρώτης αναπαραγωγικής περιόδου. Ειδικότερα, οι περίοδοι από τη σπορά μέχρι και το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου και επίσης από το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου μέχρι και το στάδιο της διόγκωσης του κολεού, μειώθηκαν σημαντικά στις σύγχρονες ποικιλίες (κυρίως τις ισπανικές) μέσω της βελτίωσης. Ωστόσο, αυξήθηκε η περίοδος του εκφυλισμού και της νέκρωσης των ανθέων το οποίο επέτρεψε σε μεγαλύτερο αριθμό ανθέων να είναι γόνιμα κατά το στάδιο της άνθησης. Το αποτέλεσμα αυτής της στρατηγικής, μαζί με τον περιορισμό του ύψους των φυτών, έδωσε τη δυνατότητα στις σύγχρονες ποικιλίες να παράγουν περισσότερους καρπούς ανά μονάδα επιφάνειας και να έχουν υψηλότερες αποδόσεις (Royo *et al.*, 2008).

Αντιθέτως, ο αριθμός των γόνιμων ανθέων ανά στάχυ το πρώτο πειραματικό έτος και ειδικά όταν άρχιζαν να εμφανίζονται τα πρώτα υδατικά ελλείμματα ήταν υψηλότερος στον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17» (διάγραμμα 3.9.4). Η υπεροχή αυτή πρέπει να οφειλόταν σε μεγάλο βαθμό στην υψηλότερη παραγωγή σταχυδίων ανά στάχυ από τον συγκεκριμένο πληθυσμό στις μεταχειρίσεις W3 και W4. Βέβαια, η συσχέτιση του αριθμού των καρπών ανά στάχυ δεν παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με τον αριθμό των σταχυδίων, ωστόσο ο αριθμός των σταχυδίων παρουσίασε σημαντική, αλλά όχι ιδιαίτερα υψηλή συσχέτιση με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων στην άνθηση (πίνακας 4.5.1).

Ανάλογη με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων ανά σταχύδιο ήταν η κατάσταση και με τον αριθμό των καρπών ανά σταχύδιο, με τους εγχώριους πληθυσμούς να υπολείπονται (με εξαίρεση τη μεταχείριση W4 και τα ακραία σταχύδια για τον εγχώριο πληθυσμό «Κοντοπούλι 17») και τις εμπορικές ποικιλίες (ειδικά η ποικιλία «Παπαδάκης») να υπερέχουν (διάγραμμα 3.10.3). Και πάλι όμως όταν μελετήθηκε ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ, ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» υπερείχε το πρώτο πειραματικό έτος στις μεταχειρίσεις με τα λιγότερα αποθέματα σε εδαφική υγρασία (διάγραμμα 3.11.4). Ο λόγος είναι η υψηλότερη παραγωγικότητα που έδειξε ο συγκεκριμένος πληθυσμός στα ακραία σταχύδια, όταν ο βαθμός της υδατικής καταπόνησης γινόταν πολύ έντονος. Ωστόσο δεν υπήρξε σταθερότητα των αποτελεσμάτων μεταξύ των πειραματικών ετών. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι αν και το δεύτερο πειραματικό έτος η συνολική υδατική καταπόνηση που βίωσαν όλοι οι γονότυποι μέχρι και το στάδιο του γαλακτώδους καρπού (πίνακας 3.3.4) ήταν υψηλότερη, οι ποικιλίες «Μεξικάλι 81» και «Παπαδάκης» κατάφεραν και σχημάτισαν περισσότερους καρπούς ανά στάχυ σε σχέση με το πρώτο πειραματικό έτος στη μεταχείριση W4.

Όσον αφορά τον αριθμό των καρπών ανά φυτό, οι εγχώριοι πληθυσμοί και ειδικά ο «Κοντοπούλι 17» όχι μόνο δεν υστέρησαν με συστηματικό τρόπο από τις ελληνικές εμπορικές ποικιλίες, αλλά κατέγραψαν και υψηλότερες τιμές του αριθμού των καρπών ανά φυτό στις μεταχειρίσεις όπου η ένταση της υδατικής καταπόνησης ήταν από μέτρια έως αρκετά έντονη (W3 και W4) (διάγραμμα 3.11.6). Η υπεροχή του εγχώριου πληθυσμού «Κοντοπούλι 17» το πρώτο πειραματικό έτος, πρέπει να οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην ικανότητά του να παράγει περισσότερα γόνιμα αδέρφια σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες (διάγραμμα 3.11.3). Εξάλλου, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό ήταν η μεταβλητή με τη μεγαλύτερη άμεση σημαντική επίδραση στον αριθμό των καρπών ανά φυτό (πίνακας 4.6.3). Παρατηρήθηκε όμως ότι η άμεση επίδραση του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό στον αριθμό των καρπών ανά φυτό είχε την τάση να μειώνεται με την

αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης (πίνακας 4.6.3). Επίσης, το δεύτερο πειραματικό έτος όπου οι διαφορές μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών και των εγχώριων πληθυσμών, όσον αφορά τον αριθμό των γόνιμων αδελφιών, σχεδόν εξαλείφθηκαν οι εμπορικές ποικιλίες κατέγραψαν υψηλότερο αριθμό καρπών ανά φυτό.

Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας ανέδειξε τη σημασία της επιβίωσης των ανθέων κατά τη διάρκεια της φάσης εκφυλισμού, καθώς και του ποσοστού γονιμότητας των ανθέων ή διαφορετικά της ποσοστιαίας ικανότητας σχηματισμού καρπών, η οποία ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης προς τον αριθμό των καρπών που τελικά σχηματίζονται. Με εξαίρεση την επέμβαση W3 για το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων, η αύξηση της έντασης του βαθμού της υδατικής καταπόνησης οδήγησε σε ανάλογη αύξηση του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ αυτών των μεταβλητών και του αριθμού των καρπών ανά στάχυ. Η αξία της επιβίωσης των ανθέων αναπτύχθηκε πιο πριν (κεφ. 4.4.3), ενώ όσον αφορά το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων οι Isidro *et al.* (2011), διαπίστωσαν ακόμα υψηλότερη συσχέτισή του με τον αριθμό των καρπών ανά στάχυ. Οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν επίσης ότι οι σύγχρονες ποικιλίες του σκληρού σιταριού παρουσίαζαν υψηλότερο ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων σε σχέση με τις παλαιότερες, κάτι που διαπιστώθηκε και στην παρούσα μελέτη, ιδιαίτερα κατά το δεύτερο πειραματικό έτος. Επιπλέον, βρήκαν ιδιαίτερα αρνητική συσχέτιση μεταξύ της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κατά την περίοδο λίγο πριν και λίγο μετά την άνθηση και του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων. Η συγκεκριμένη διαπίστωση έχει τεκμηριωθεί σε μεγάλο βαθμό κατά το παρελθόν. Πιο συγκεκριμένα, θερμοκρασίες υψηλότερες από 31°C αμέσως πριν ή λίγο μετά την άνθηση προκαλούν μειωμένο αριθμό καρπών λόγω αύξησης της στειρότητας των γυρεόκοκκων (Wheeler *et al.*, 1996a, 1996b). Το ίδιο αποτέλεσμα παρουσιάστηκε και σε αρκετά ακόμα πειράματα (Porter and Gawith, 1999). Εκτός όμως από τη θερμοκρασία, σημαντική μείωση στο ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων προκαλεί και η υδατική καταπόνηση. Σύμφωνα με τους Saini και Aspinall (1981), η υδατική καταπόνηση κατά το στάδιο της μείωσης των γυρεόκοκκων μπορεί να μειώσει το ποσοστό γονιμότητας των σταχυδίων κατά 35-75% ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες.

Ένα επιπλέον σημαντικό κομμάτι της συνολικής παραλλακτικότητας του ποσοστού γονιμότητας των ανθέων, εντοπίζεται στην περίοδο ακριβώς μετά την άνθηση και περιλαμβάνει την επικονίαση και γονιμοποίηση των ανθέων. Αν δεν υπήρχαν απώλειες σε αυτή την περίοδο το ποσοστό γονιμότητας των ανθέων, το οποίο είναι ο λόγος του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης προς τον αριθμό των καρπών που τελικά

σηματίζονται, θα λάμβανε την τιμή 100%. Ακόμα και αν η ανάπτυξη των ανθέων έχει ολοκληρωθεί επιτυχώς και επίσης δεν υπάρχει πρόβλημα διαθεσιμότητας γυρεόκοκκων, η αφυδάτωση ακόμη και για λίγες ημέρες κατά τη διάρκεια της άνθησης του αραβόσιτου, μπορεί να προκαλέσει μείωση στον αριθμό των καρπών που μπορούν να σχηματιστούν (Schoper *et al.*, 1986; Westgate and Boyer, 1985, 1986).

#### 4.6 Η επίδραση της υδατικής καταπόνησης στην απόδοση και τις συνιστώσες της

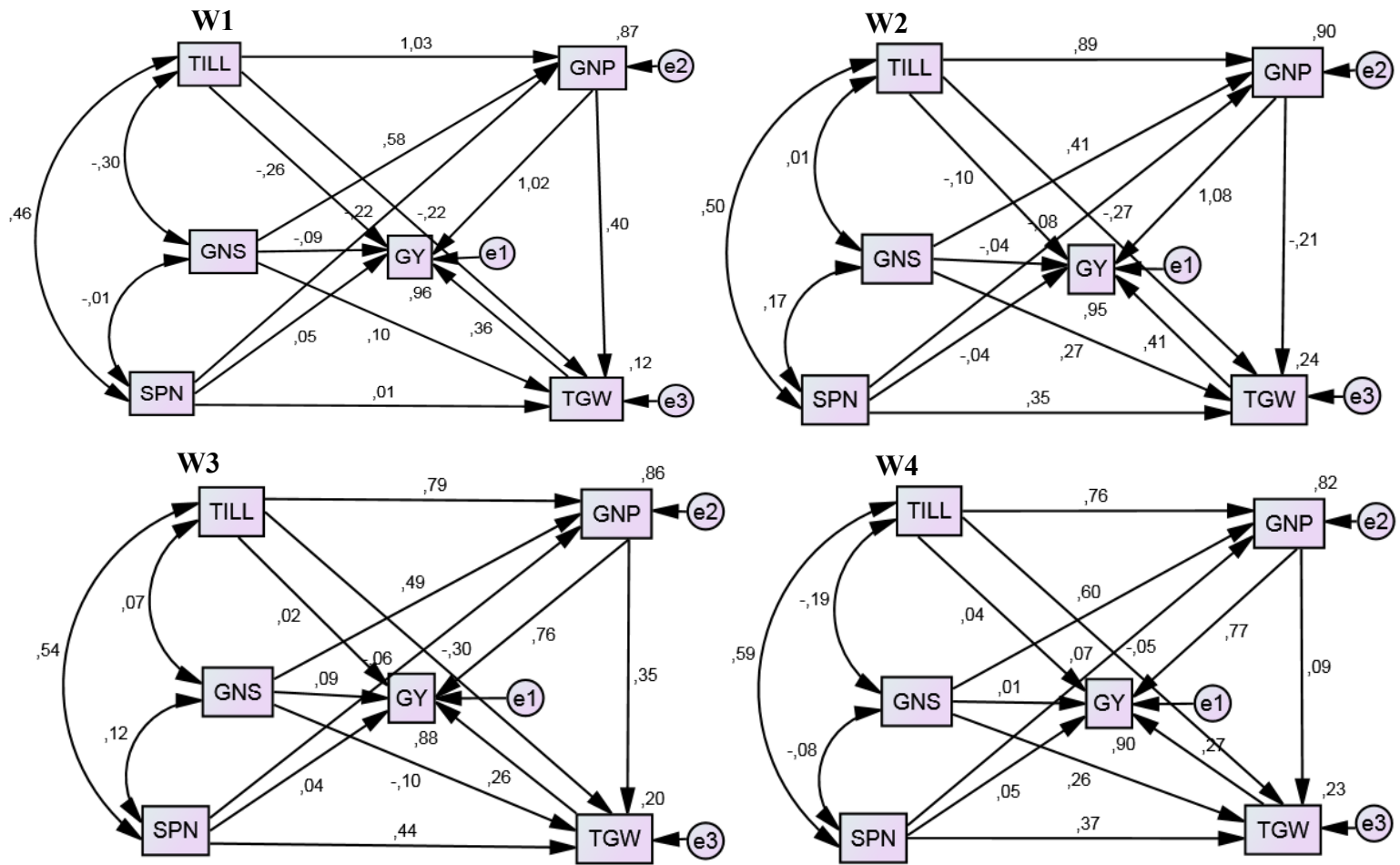
Διεθνώς, ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μελετών, ακόμη και πολύ πρόσφατων (Duggan and Fowler 2006; Chen *et al.*, 2012) περιλαμβάνουν απλές συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης σε καρπό και των συνιστωσών της. Αν και αυτές οι συσχετίσεις αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τον καθορισμό των κύριων συνιστωσών που επηρεάζουν την τελική απόδοση, ωστόσο προσφέρουν ελλιπείς πληροφορίες, όσον αφορά τη σχετική σπουδαιότητα των άμεσων και έμμεσων επιδράσεων της κάθε μεταβλητής ξεχωριστά (Garcia del Moral *et al.*, 2003).

Η «Path coefficient analysis» διαχωρίζει τους συντελεστές συσχέτισης σε άμεσες και έμμεσες επιδράσεις. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπει το διαχωρισμό της άμεσης επίδρασης κάθε μεταβλητής στην απόδοση από τις έμμεσες επιδράσεις των υπόλοιπων μεταβλητών, οι οποίες οφείλονται στις αμοιβαίες σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους (Garcia del Moral *et al.*, 2003). Αν και υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία με τη συγκεκριμένη ανάλυση (Garcia del Moral *et al.*, 1991; Dofing and Knight 1992; Simane *et al.*, 1993; Denčić *et al.*, 2000; Garcia del Moral *et al.*, 2003; Leilah and Al-Khateed, 2005) οι περισσότερες, όπως και η παρούσα ανάλυση, διαφέρουν ως προς τις πειραματικές συνθήκες, τις μεταβλητές που χρησιμοποιούνται, αλλά και ως προς την προσέγγιση της οντογένεσης του σιταριού (διάγραμμα 4.6.1)

Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό παρουσίασε την υψηλότερη σημαντική άμεση επίδραση στην απόδοση. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μία μείωση της επίδρασης αυτής με την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης, χωρίς όμως αυτή η τάση να ακολουθείται και στο συντελεστή συσχέτισης (πίνακας 4.6.2). Ο λόγος που δε διαφοροποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης ήταν ότι με την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης αυξήθηκαν οι έμμεσες θετικές επιδράσεις των υπόλοιπων μεταβλητών στη σχέση του αριθμού των καρπών ανά φυτό με την απόδοση. Η σημασία του αριθμού των καρπών στην απόδοση του σιταριού έχει τεκμηριωθεί σε μεγάλο βαθμό κατά το παρελθόν, τόσο σε κανονικές συνθήκες, όσο και σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. (Bingham, 1966;

**Πίνακας 4.6.1.** Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της απόδοσης σε καρπό και των συνιστωσών της. Η ανάλυση της συσχέτισης πραγματοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).

W2	W1	GY	GNP	GNS	SPN	TILL	TWG
Απόδοση σε καρπό/φυτό (GY)			0,92***	0,36ns	0,18ns	0,57***	0,59***
Αριθμός καρπών/φυτό (GNP)		0,89***		0,27ns	0,25ns	0,75***	0,26ns
Αριθμός καρπών /στάχυ (GNS)		0,49**	0,41*		-0,01ns	-0,30ns	0,27ns
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN)		0,44*	0,43*	0,16ns		0,45*	0,01*
Αριθμός γόνιμων αδελφιών/φυτό (TILL)		0,69***	0,85***	0,01ns	0,49**		0,05ns
Βάρος χιλίων κόκκων (TWG)		0,23ns	-0,17ns	0,24ns	0,17ns	-0,27ns	
W4	W3	GY	GNP	GNS	SPN	TILL	TWG
Απόδοση σε καρπό/φυτό (GY)			0,90***	0,53**	0,49**	0,70***	0,48**
Αριθμός καρπών/φυτό (GNP)		0,91***		0,54**	0,42*	0,79***	0,24ns
Αριθμός καρπών /στάχυ (GNS)		0,42*	0,45*		0,12ns	0,07ns	0,12ns
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN)		0,52**	0,46*	-0,08ns		0,54**	0,42*
Αριθμός γόνιμων αδελφιών/φυτό (TILL)		0,64***	0,68***	-0,19ns	0,59***		0,21ns
Βάρος χιλίων κόκκων (TWG)		0,56**	0,34ns	0,28ns	0,35ns	0,17ns	



**Διάγραμμα 4.6.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της «Path coefficient analysis» στην οποία παρουσιάζεται η αλληλεξάρτηση μεταξύ (1) της απόδοσης σε καρπό ανά φυτό (GY), (2) του αριθμού των καρπών ανά φυτό (GNP), (3) του βάρους των χιλίων κόκκων (TGW), (4) του αριθμού των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό (TILL), (5) του αριθμού των καρπών ανά στάχυ (GNS) και (6) του αριθμού των σταχυδίων ανά στάχυ (SPN). Τα μονά βέλη υποδεικνύουν τους συντελεστές  $P_{ij}$  (Path coefficients) της ανάλυσης και τα αμφίδρομα βέλη τους συντελεστές συσχέτισης (Simple linear correlation coefficients), e1, e2 και e3: υπόλοιπα (error terms – residuals) των ενδογενών μεταβλητών.

Fischer, 1973; Fischer and Stockman, 1980; Saini & Aspinall, 1981; Saini & Aspinall, 1982; Fischer, 1985; Slafer and Andrade, 1989; Savin and Slafer, 1991; Fischer, 1993; Magrin *et al.*, 1993; Canevara *et al.*, 1994; Westgate *et al.*, 1996; Sayre *et al.*, 1997; Briggs *et al.*, 1999; Calderini *et al.*, 1999; Brancourt-Hulmel *et al.*, 2003; Shearman *et al.*, 2005; De Vita *et al.*, 2007; Giunta *et al.*, 2007; Peltonen-Sainio *et al.*, 2007; Araus *et al.*, 2008; Fischer, 2008; Reynolds *et al.*, 2009; Albrizio *et al.*, 2010; Pedro *et al.*, 2011; Estrada-Campuzano *et al.*, 2012; Pedro *et al.*, 2012).

**Πίνακας 4.6.2.** «Path coefficient analysis» της απόδοσης σε καρπό/φυτό για τις 4 μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).

Pathway	W1	W2	W3	W4
Καρποί/φυτό (GNP) vs. Απόδοση/φυτό (GY)				
Άμεση επίδραση $P_{21}$	1,020***	1,084***	0,758***	0,767***
Έμμεση επίδραση μέσω				
Βάρος χιλίων κόκκων (TGW) $r_{23}P_{31}$	0,094	-0,072	0,065	0,092
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{24}P_{41}$	-0,193	-0,087	0,013	0,029
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{25}P_{51}$	-0,023	-0,015	0,046	0,004
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{26}P_{61}$	0,011	-0,017	0,017	0,021
Συσχέτιση, $r_{21}$	0,91***	0,89***	0,90***	0,91***
Βάρος χιλίων κόκκων (TGW) vs. Απόδοση/φυτό (GY)				
Άμεση επίδραση $P_{31}$	0,358***	0,411***	0,260***	0,267***
Έμμεση επίδραση μέσω				
Καρποί/φυτό (GNP) $r_{32}P_{21}$	0,267	-0,192	0,260	0,263
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{34}P_{41}$	-0,014	0,027	0,004	0,008
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{35}P_{51}$	-0,023	-0,009	0,010	0,002
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{36}P_{61}$	0,000	-0,007	0,017	0,017
Συσχέτιση, $r_{31}$	0,59***	0,23	0,48**	0,56**
Αριθ. γόν. Αδελφ./φυτό (TILL) vs. Απόδοση/φυτό (GY)				
Άμεση επίδραση $P_{41}$	-0,258*	-0,102	0,017	0,043
Έμμεση επίδραση μέσω				
Καρποί/φυτό (GNP) $r_{42}P_{21}$	0,766	0,858	0,600	0,524
Βάρος χιλίων κόκκων (TGW) $r_{43}P_{31}$	0,019	-0,111	0,055	0,047
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{45}P_{51}$	0,027	-0,000	0,006	-0,002
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{46}P_{61}$	0,020	-0,019	0,022	0,028
Συσχέτιση, $r_{41}$	0,57***	0,69***	0,70***	0,64***
Αριθ. καρπών/στάχυ (GNS) vs. Απόδοση/φυτό (GY)				
Άμεση επίδραση $P_{51}$	-0,088	-0,036	0,085	0,008
Έμμεση επίδραση μέσω				
Καρποί/φυτό (GNP) $r_{52}P_{21}$	0,272	0,444	0,406	0,524
Βάρος χιλίων κόκκων (TGW) $r_{53}P_{31}$	0,097	0,099	0,032	0,047
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{54}P_{41}$	0,079	-0,001	0,001	0,043
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{56}P_{61}$	-0,000	-0,007	0,005	0,028
Συσχέτιση, $r_{51}$	0,36	0,49**	0,53**	0,42*
Αριθ. σταχυδίων/στάχυ (SPN) vs. Απόδοση/φυτό (GY)				
Άμεση επίδραση $P_{61}$	0,045	-0,040	0,041	0,047
Έμμεση επίδραση μέσω				
Καρποί/φυτό (GNP) $r_{62}P_{21}$	0,251	0,466	0,321	0,524
Βάρος χιλίων κόκκων (TGW) $r_{63}P_{31}$	0,003	0,072	0,108	0,047
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{64}P_{41}$	-0,118	-0,050	0,009	0,043
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{65}P_{51}$	0,001	-0,006	0,010	-0,002
Συσχέτιση, $r_{61}$	0,18	0,44*	0,49**	0,52**
Υπόλοιπο, $U$	0,960	0,950	0,880	0,900

Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001. Η ανάλυση αναφέρεται για όλους τους γονότυπους καθώς και για τα δύο πειραματικά έτη.

Το βάρος χιλίων κόκκων αν και παρουσίασε σημαντική άμεση επίδραση στην απόδοση, αυτή ωστόσο ήταν αρκετά χαμηλότερη από την επίδραση που παρουσίασε ο

αριθμός των καρπών ανά φυτό. Η υπεροχή της επίδρασης του αριθμού των καρπών σε σχέση με το μέγεθος του καρπού έχει διαπιστωθεί σε αρκετές περιπτώσεις (Slafer, 1994; López Pereira *et al.*, 1999; Denčić *et al.*, 2000; Borrás *et al.*, 2004; Peltonen-Sainio *et al.*, 2009). Σύμφωνα με την «Path coefficient analysis», η άμεση επίδραση του βάρους χιλίων κόκκων στην τελική απόδοση ανά φυτό είχε την τάση να εξασθενεί με την αύξηση της υδατικής καταπόνησης (πίνακας 4.6.2). Οι García del Moral *et al.* (2003), αφού ακολούθησαν την ίδια ανάλυση παρατήρησαν επίσης ότι η άμεση επίδραση του βάρους των σπόρων στην απόδοση ήταν μικρότερη σε συνθήκες ξηρασίας απ' ό,τι σε αρδευόμενες συνθήκες. Επιπλέον, οι ίδιοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η άμεση επίδραση του βάρους των σπόρων στην απόδοση έφτασε την τιμή 0,928\*\*\* όταν το σκληρό σιτάρι καλλιεργούνταν σε υγρές και ψυχρές περιοχές. Αντιθέτως, οι Denčić *et al.* (2000), δε βρήκαν σημαντική άμεση επίδραση του βάρους χιλίων κόκκων στην απόδοση. Ειδικότερα, όταν υπήρχε επάρκεια νερού κατέγραψαν μέχρι και αρνητική άμεση επίδραση του βάρους χιλίων κόκκων στην απόδοση, η οποία όμως δεν ήταν σημαντική. Οι Simane *et al.* (1993), διαπίστωσαν επίσης ότι η άμεση επίδραση του βάρους των καρπών στην απόδοση μέσω της «Path coefficient analysis» ήταν υψηλότερη όταν το σκληρό σιτάρι είχε βιώσει υδατική καταπόνηση σε κάποιο στάδιο του βιολογικού του κύκλου, παρά όταν αναπτυσσόταν σε συνθήκες επάρκειας νερού.

Η διαφορά της αποδοτικότητας των μεσαίων σταχυδίων (σε γρ/σταχύδιο) σε σχέση με τα ακραία σταχύδια, τόσο των εγχώριων πληθυσμών, όσο και των εμπορικών ποικιλιών ήταν ιδιαίτερα έντονη όταν υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας (διαγράμματα 3.10.4 και 3.10.5). Σε αρκετές περιπτώσεις έχει διαπιστωθεί ότι τα μεσαία σταχύδια παράγουν βαρύτερους καρπούς σε σχέση με τους καρπούς που σχηματίζονται στα ακραία σταχύδια (Miralles and Slafer, 1995; Zamski and Grunberger, 1995; Stoddard, 1999; Duggan and Fowler, 2006; Rajala *et al.*, 2009). Οι διαφορές της αποδοτικότητας των μεσαίων σταχυδίων (σε γρ/σταχύδιο) σε σχέση με τα ακραία σταχύδια, υποχωρούσαν όσο αύξανε η ένταση της υδατικής καταπόνησης. Αυτό οφειλόταν κυρίως στην άμβλυνση των διαφορών μεταξύ του μέσου βάρους των καρπών (Rajala *et al.*, 2009), παρά στον αριθμό των καρπών ανά σταχύδιο (διαγράμματα 3.10.1 και 3.10.2).

Αρκετά ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι ενώ ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, μετά τον αριθμό των καρπών ανά φυτό, παρουσίαζε την υψηλότερη θετική συσχέτιση σε όλες τις μεταχειρίσεις του νερού με την απόδοση σε καρπό ανά φυτό, η άμεση επίδρασή του στη συγκεκριμένη μεταβλητή, ήταν αρνητική όταν υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας και μάλιστα με στατιστικά σημαντικό τρόπο στη μεταχείριση W1. Ωστόσο, με το που



άρχισε να αυξάνει η ένταση της υδατικής καταπόνησης που βίωναν τα φυτά, η άμεση επίδρασή του στη απόδοση σε καρπό άρχισε να λαμβάνει θετικές τιμές, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντικές (πίνακας 4.6.2). Ο λόγος βέβαια που ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού των γόνιμων αδελφιών και της απόδοσης ήταν θετικός και σημαντικός, οφειλόταν στην ιδιαίτερα υψηλή έμμεση επίδραση του αριθμού των καρπών ανά φυτό, η οποία ωστόσο παρουσίασε πτωτική τάση με την αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων.

**Πίνακας 4.6.3.** «Path coefficient analysis» του αριθμού των καρπών/φυτό για τις 4 μεταχειρίσεις του νερού (W1-W4).

Pathway	W1	W2	W3	W4
Αριθ. γόν. Αδελφ./φυτό (TILL) vs. Καρποί/φυτό (GNP)				
Άμεση επίδραση $P_{42}$	1,026***	0,890***	0,790***	0,756***
Έμμεση επίδραση μέσω				
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{45}P_{52}$	-0,176	0,005	0,070	0,041
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{46}P_{62}$	-0,099	-0,041	-0,082	-0,113
Συσχέτιση, $r_{42}$	0,75***	0,86***	0,79***	0,68***
Αριθ. καρπών/στάχυ (GNS) vs. Καρποί/φυτό (GNP)				
Άμεση επίδραση $P_{52}$	0,577***	0,410***	0,489***	0,600***
Έμμεση επίδραση μέσω				
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{54}P_{42}$	-0,313	0,010	0,053	-0,142
Αριθμός σταχυδίων/στάχυ (SPN) $r_{56}P_{62}$	0,002	-0,014	-0,007	-0,006
Συσχέτιση, $r_{52}$	0,27	0,41*	0,54**	0,45*
Αριθ. σταχυδίων/στάχυ (SPN) vs. Καρποί/φυτό (GNP)				
Άμεση επίδραση $P_{62}$	-0,217**	-0,082	-0,058	0,069
Έμμεση επίδραση μέσω				
Αριθμός γόν. αδελφιών/φυτό (TILL) $r_{64}P_{42}$	0,469	0,443	0,425	0,444
Αριθμός καρπών/στάχυ (GNS) $r_{65}P_{52}$	-0,006	0,070	0,057	-0,049
Συσχέτιση, $r_{62}$	0,25	0,43*	0,42*	0,46*
Υπόλοιπο, $U$	0,870	0,900	0,860	0,820

Όπου \*, \*\*, \*\*\* σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, 0.01 και 0.001. Η ανάλυση αναφέρεται για όλους τους γονότυπους καθώς και για τα δύο πειραματικά έτη.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την καλύτερη μελέτη της μορφογένεσης στο σιτάρι δημιουργήθηκε η ανάγκη υιοθέτησης μιας νέας κλίμακας, καθώς οι υπάρχουσες κλίμακες που υπήρχαν στη διεθνή βιβλιογραφία, είτε εξέταζαν την ανάπτυξη του κορυφαίου μεριστώματος πλημμελώς, είτε ήταν πολύ δύσκολες στην εφαρμογή τους για την εξέταση πολλών δειγμάτων ανά δειγματοληψία. Η νέα προτεινόμενη κλίμακα μέσω 20 διακριτών και εύκολα αναγνωρίσιμων σταδίων περιγράφει ολοκληρωμένα την αναπτυξιακή πορεία των σταδίων εξέλιξης του εμβρυακού στάχυ, για όλο το διάστημα που αυτός βρίσκεται προστατευμένος μέσα στο στέλεχος, είναι ακριβής, καθώς στηρίζεται σ' ένα μεγάλο εύρος και συνδυασμό μορφολογικών χαρακτήρων και επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα της εξέτασης πολλών δειγμάτων ανά δειγματοληψία. Στην προκειμένη περίπτωση έγινε εφικτή η εξέταση 216 δειγμάτων σιταριού ανά δειγματοληψία.

Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του υδατικού δυναμικού των φύλλων, τόσο στις εμπορικές ποικιλίες, όσο και στους εγχώριους πληθυσμούς. Η μείωση αυτή απεικονίστηκε και στο δείκτη WPI, ο οποίος εκφράζει τη συνολική υδατική καταπόνηση που βιώνουν τα φυτά σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και ο οποίος προκύπτει από τη χρονική πορεία των τιμών του υδατικού δυναμικού. Σε κάθε περίπτωση, οι εγχώριοι πληθυσμοί, δεδομένων των συνθηκών, παρουσίασαν χαμηλότερες τιμές στο υδατικό δυναμικό των φύλλων και ως εκ τούτου και στο δείκτη WPI. Αυτή η συστηματική τάση εκτός από την ανάδειξη των γονοτυπικών διαφορών μεταξύ του πειραματικού υλικού, έφερε στην επιφάνεια τα συνεπακόλουθα αποτελέσματα της επιλογής φυτών με περιορισμένο μέγεθος κατά τη διάρκεια της βελτίωσης. Εξάλλου, η επίδραση του μεγέθους των φυτών στην υδατική τους κατάσταση έχει τεκμηριωθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό κατά το παρελθόν. Η υδατική κατάσταση του πειραματικού υλικού εκτός από την ποσότητα της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας επηρεάστηκε σε σημαντικό βαθμό και από την πορεία των μετεωρολογικών συνθηκών, αναδεικνύοντας έτσι τη σημασία των παραγόντων που καθορίζουν τις απαιτήσεις σε εξάτμιση.

Η αύξηση του μήκους της καταβολής του στάχυ στο σιτάρι περιγράφηκε σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό από μία ασύμμετρη σιγμοειδή καμπύλη μέσω της εξίσωσης Richards. Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας προκάλεσε μείωση στη διάρκεια, τόσο της φάσης υστέρησης, όσο και της περιόδου εκθετικής αύξησης του μήκους, οδήγησε σε πρόωρη παύση της επιμήκυνσης, καθώς και στον περιορισμό του τελικού μήκους των στάχων. Αντιθέτως, τόσο ο μέσος σταθμισμένος ρυθμός (WMGR), όσο και ο μέγιστος

απόλυτος ρυθμός αύξησης (AGR), δεν επηρεάστηκαν από την έλλειψη του νερού, ωστόσο επηρεάστηκαν από τις διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες μεταξύ των πειραματικών ετών και πιο πιθανά από τη θερμοκρασία. Ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17» με στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε το μεγαλύτερο μήκος στάχυ σε όλες τις μεταχειρίσεις άρδευσης.

Ένας από τους κύριους στόχους της βελτίωσης στο σιτάρι είναι η παραγωγή όσο το δυνατόν πιο πρώιμων ποικιλιών. Ως μέτρο πρωιμότητας λαμβάνεται στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρόνος μέχρι το ξεστάχασμα ή μέχρι την άνθηση. Σε σύγκριση με τους εγχώριους πληθυσμούς οι βελτιωμένες ελληνικές ποικιλίες ήταν πιο πρώιμες ακόμη και από το στάδιο της διπλής πλευράς και παράλληλα η διαφορά τους με τους εγχώριους πληθυσμούς διευρυνόταν όσο προχωρούσε η ανάπτυξη. Ωστόσο, η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας προκαλούσε μία άμβλυνση αυτών των διαφορών κυρίως στα πρώτα στάδια της μορφογένεσης. Γενικά, η αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης ενεργοποίησε το μηχανισμό της διαφυγής προκαλώντας μείωση της διάρκειας των μορφογενετικών σταδίων. Ωστόσο, οι εμπορικές ποικιλίες σε σχέση με τους εγχώριους πληθυσμούς χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο μηχανισμό ελαφρώς πιο όψιμα και συγκεκριμένα από το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου.

Απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η διερεύνηση της αποδοτικότητας σε καρπό, έτσι ώστε να μπορέσουν να φανερωθούν οι πιο παραγωγικοί γονότυποι σ' ένα εύρος εδαφικής υγρασίας και ταυτόχρονα να αναδειχθούν εκείνες οι συνιστώσες που επηρεάζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την αποδοτικότητα. Σύμφωνα με την «Path coefficient analysis» φάνηκε ότι ο αριθμός των καρπών ανά φυτό ήταν η συνιστώσα που είχε τη μεγαλύτερη άμεση επίδραση στην αποδοτικότητα και ακολουθήθηκε από το βάρος χιλίων κόκκων. Ιδιαίτερα ενδιαφέρον ήταν το γεγονός ότι ενώ ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, μετά τον αριθμό των καρπών ανά φυτό, παρουσίαζε τη μεγαλύτερη συσχέτιση με την απόδοση, η άμεση επίδρασή του σε αυτήν ήταν αρνητική όταν υπήρχε επάρκεια εδαφικής υγρασίας. Ωστόσο, άρχισε να γίνεται θετική όσο αυξανόταν ο βαθμός της υδατικής καταπόνησης που βίωναν τα φυτά. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι βελτιωτικές προσπάθειες των τελευταίων δεκαετιών στο σιτάρι είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας αλλά και του δυναμικού της απόδοσης σε συνθήκες με επάρκεια νερού. Η υπεροχή αυτή ωστόσο υποβαθμίστηκε με τη μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας. Παρατηρήθηκε ότι όταν τα υδατικά ελλείμματα γίνονταν αρκετά έντονα διακρίνονταν η ποικιλία «Παπαδάκης» και ο εγχώριος πληθυσμός «Κοντοπούλι 17». Επίσης, πρέπει να επισημανθεί η ιδιαίτερα υψηλή παραγωγικότητα της ιταλικής ποικιλίας «Simeto»

(μεγαλύτερη με στατιστικά σημαντικές διαφορές απ' όλους τους γονότυπους) σε συνθήκες με επάρκεια νερού, γεγονός που εξηγεί με τη σειρά της την ευρεία χρήση της από τους Έλληνες παραγωγούς.

Ο αριθμός των καρπών ανά φυτό σύμφωνα με την «Path coefficient analysis» επηρεάστηκε στο μεγαλύτερο βαθμό από τον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, ωστόσο η άμεση αυτή επίδραση μειωνόταν με την αύξηση του βαθμού της υδατικής καταπόνησης. Οι εγχώριοι πληθυσμοί υπερτερούσαν σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες όσον αφορά τον αριθμό των γόνιμων αδελφιών ανά φυτό, χωρίς όμως να δημιουργούνται πάντα και στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ο αριθμός των σταχυδίων ανά στάχυ παρουσιάζε σημαντική συσχέτιση με τον αριθμό των καρπών ανά φυτό, η οποία αυξανόταν με τη μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας. Ωστόσο, η άμεση επίδρασή του στον αριθμό των καρπών ανά φυτό δεν ήταν σημαντική. Η αύξηση των υδατικών ελλειμμάτων σε κάθε περίπτωση οδήγησε στη σημαντική μείωση του αριθμού των σταχυδίων που κατάφεραν να σχηματίσουν όλοι ανεξαιρέτως οι γονότυποι του σκληρού σιταριού που μελετήθηκαν. Επίσης, οι εγχώριοι πληθυσμοί υπερτερούσαν σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες.

Το αμέσως επόμενο χαρακτηριστικό που επηρέασε με άμεσο και σημαντικό τρόπο τον αριθμό των καρπών ανά φυτό ήταν ο αριθμός των καρπών ανά στάχυ. Η συγκεκριμένη μεταβλητή επηρεάστηκε πιο έντονα από τον αριθμό των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης το οποίο μπόρεσε και εξήγησε το 68 και 77% της συνολικής παραλλακτικότητας του αριθμού των καρπών ανά στάχυ το πρώτο και το δεύτερο πειραματικό έτος αντίστοιχα. Η μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας είχε ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση του αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ και μάλιστα ο δείκτης  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$  μπόρεσε και εξήγησε από το 47% έως το 92% της συνολικής παραλλακτικότητας του αριθμού των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης. Σε γενικές γραμμές η αύξηση της υδατικής καταπόνησης προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση του αριθμού των γόνιμων ανθέων στα σταχύδια της βάσης των στάχων, απ' ότι σε εκείνα της μέσης και της κορυφής και επιπλέον οι εγχώριοι πληθυσμοί υστέρησαν ως προς τον αριθμό των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο σε σχέση με τις εμπορικές ποικιλίες και ειδικά από την ποικιλία «Παπαδάκης». Δεν έγινε όμως ακριβώς το ίδιο και με τον αριθμό των γόνιμων ανθέων/στάχυ, πιθανώς λόγω της υπεροχής των εγχώριων πληθυσμών όσον αφορά τον αριθμό των σταχυδίων/στάχυ.

Ο αριθμός των γόνιμων ανθέων στο στάδιο της άνθησης δε φάνηκε να εξαρτάται από το μέγιστο αριθμό ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκαν αλλά από τον αριθμό των ανθέων

που κατάφεραν και επιβίωσαν μέχρι και το στάδιο της άνθησης. Ειδικά, ο αριθμός των ανθέων που τελικά διαφοροποιήθηκε δεν επηρεάστηκε από τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία όσον αφορά στα μεσαία σταχύδια των στάχτων, από τα οποία προέρχεται και το μεγαλύτερο ποσοστό της απόδοσης σε καρπό. Από την πλευρά της, η επιβίωση των ανθέων μέχρι και την άνθηση επηρεάστηκε σημαντικά από το ρυθμό εκφυλισμού των ανθέων, ο οποίος αυξανόταν με τη μείωση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας, χωρίς όμως να εμφανίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ του πειραματικού υλικού.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abbate, P.E, D.H. Andrade, L. Lazaro, J.H. Baraitti, H.G. Beradocco, V.H. Inza and F. Marturano 1998. Grain yield in recent Argentine wheat cultivars. *Crop Sci.* 38: 1203–1209.
- Acreche, M. and G.A. Slafer 2009. Grain weight, radiation interception and use efficiency as affected by sink-strength in Mediterranean wheats released from 1940 to 2005. *Field Crops Res.* 110: 98–105.
- Acreche, M., G. Briceño-Félix, J.A. Martín Sánchez and G.A. Slafer 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. *Eur. J. Agron.* 28: 162–170.
- Aitken Y. 1974. *Flowering Time, Climate and Genotype*. Melbourne University Press, Melbourne, 193p.
- Albrizio, R, M. Todorovic, T. Matic and A.M. Stellacci 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 115: 179–190.
- Allison, J. C. S., and Daynard, T. B. (1976). Effect of photoperiod on development and number of spikelets of a temperate and some low-latitude wheats. *Ann. Appl. Biol.* 83: 93-102.
- Álvaro, F., J. Isidro, D. Villegas, L.F.G. del Moral and C. Royo 2008. Old and modern durum wheat varieties from Italy and Spain differ in main spike components. *Field Crops Res.* 106: 86-93.
- Andersen, S. 1954. A method for determining stages of development in wheat. *Physiol. Plantarum* 7: 513-516.
- Angus, J.F. and M. W. Moncur 1977. Water stress and phenology in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 28: 177-181.
- Araus, J.L, G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo 2002. Plant breeding in C3 cereals: what should we look for? *Ann. Bot.* 89: 925–940.

- Araus, J.L., D. Villegas, N. Aparicio, L.F. Garcíá del Moral, Y. El Hani Rharrabti, J.P. Ferrio and C. Royo 2003. Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Crop Sci.* 43: 170–180.
- Araus, J.L., G.A. Slafer, C. Royo and M. Dolores Serret 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Crit. Rev. Plant Sci.* 27: 377–412.
- Austin, R.B. 1980. Physiological limitations to cereal yields and ways of reducing them by breeding. In: *Opportunities for Increasing Crop Yields* (Eds R. G. Hurd, P. V. Biscoe & C. Dennis), pp. 3–19. London: Pitman.
- Baker, C.K. and J. N. Gallagher 1983a. The development of winter wheat in the field. 1. Relation between apical development and plant morphology within and between seasons. *J. Agric. Sci. Camb.* 101: 327-335.
- Baker, C.K. and J.N. Gallagher 1983b. The development of winter wheat in the field. 2. The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. *J. Agric. Sci., Camb.* 101: 337-344.
- Baker, J.T., P.J. Pinter, R.J. Reginato and E.T. Kanemasu 1986. Effects of temperature on leaf appearance in spring and winter wheat cultivars. *Agron. J.* 78: 605-613.
- Bancal, P. 2008. Positive contribution of stem growth to grain number per spike in wheat. *Field Crops Res.* 105: 27–39.
- Bancal, P. 2009. Early development and enlargement of wheat floret primordia suggest a role of partitioning within spike to grain set. *Field Crops Res.* 110: 44-53.
- Barlow, E.W.R., J.W. Lee, R. Munns and M.G. Smart 1980. Water relations of the developing wheat grain. *Aust. J. Plant Physiol.* 7: 519-525.
- Bárnabás, B., K. Jäger and A. Fehér 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell Environ.* 31: 11–38.
- Barnard, C. 1954. Histogenesis of the inflorescence and flower of *Triticum aestivum* L. *Aust. J. Bot.* 3: 1-20.

- Bartels, D. and E. Souer 2004. Molecular responses of higher plants to dehydration. In: Plant Responses to Abiotic Stress (H. Hirt and K. Shinozaki eds), pp. 9–38, Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg, Germany.
- Battaglia, M., R.M., Solorzano, M. Hernandez, S. Cuellar-Ortiz, B. Garcia-Gomez, J. Marquez and A.A. Covarrubias 2007. Proline-rich cell wall proteins accumulate in growing regions and phloem tissue in response to water deficit in common bean seedlings. *Planta* 225: 1121–1133.
- Bauer, A., A.B. Frank and A.L. Black, 1984. Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. *Agron. J.*: 76: 829-835.
- Bauer, A., A.B. Frank, and A.L. Black 1985. Estimation of spring wheat grain dry matter assimilation from air temperature. *Agron. J.* 77: 743-752.
- Begg, J.E. and N.C. Turner 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28: 161-217.
- Belford, R.K. 1981. Response of winter wheat to prolonged waterlogging under outdoor conditions. *J. Agric. Sci. Camb.* 97: 557-568.
- Bernal, J.D. 1965. The structure of water and its biological implications, in the state and movement of water in living organisms. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 19: 17-32. Cambridge University Press, London.
- Berry, P.M., J.H. Spink, M.J. Foulkes and A. Wade 2003. Quantifying the contributions and losses of dry matter from non-surviving shoots in four cultivars of winter wheat. *Field Crops Res.* 80: 111–121.
- Bingham, J. 1966. Varietal response in wheat to water supply in the field, and male sterility caused by a period of drought in a glasshouse experiment. *Ann. Appl. Biol.* 57: 365–377.
- Bingham, J. 1967. Investigations on the physiology of yield in winter wheat, by comparisons of varieties and by artificial variation in grain number per ear. *J. Agric. Sci. Camb.* 68: 411-422.
- Blacklow, W.M. and L.D. Incoll 1981. Nitrogen stress of winter wheat changed the determinants of yield and the distribution of nitrogen and total dry matter during grain filling. *Aust. J. Plant Physiol.* 8: 191-200.



- Blum, A. and A. Ebercon 1976. Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. *Crop Sci.* 16: 428-431.
- Blum, A., G. Golan, J. Mayer, B. Sinmena, L. Shpiller and J. Burra 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. *Euphytica* 43: 87-96.
- Blum, A., S. Ramaiah, E.T. Kanemasu and G.M. Paulsen 1990. Wheat recovery from drought stress at the tillering stage of development. *Field Crops Res.* 24: 67-85.
- Bonnett, O.T. 1936. The development of the wheat spike. *J. Agric. Res.* 53(6): 445-451.
- Bonnet, O.T. 1966. *Inflorescence of maize, wheat, rye, barley and oats: Their initiation and development.* Agricultural Experiment Station Bulletin 721. College of Agriculture, University of Illinois, 105 p.
- Boonjung, H. and S. Fukai 1996. Effects of soil water deficit at different growth stage on rice and grain yield under upland conditions 2. Phenology, biomass production and yield. *Field Crops Res.* 48: 47-55.
- Bora, K.K. and A. Kumar 1990. Physiology of drought tolerance in pearl millet. *Acta Ecol.* 12: 1-23.
- Borrás, L., G.A. Slafer and M.E. Otegui 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res.* 86: 131-146.
- Boyer, J.S. 1967. Leaf water potentials measurements with a pressure chamber. *Plant Physiol.* 42: 133-137.
- Boyer, J.S. and B.L. Bowen 1970. Inhibition of oxygen evolution in chloroplasts isolated from leaves with low leaf water potentials. *Plant Physiol.* 45 (5): 612-615.
- Boyer, J.S. 1971. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low leaf water potential. *Plant Physiol.* 47: 816-820.
- Boyer, J.S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agron.* 56: 188-218.

- Brancourt-Hulmel M, G. Doussinault, C. Lecomte, P. Bérard, B. Le Buanec and M. Trottet 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Sci.* 43: 37–45.
- Bray, E.A. 2002. Abscisic acid regulation of gene expression during water-deficit stress in the era of the *Arabidopsis* genome. *Plant Cell Environ.* 25: 153–161.
- Bremner, P.M. 1969. Effects of time and rate of nitrogen application on tillering, ‘sharp eyespot’ (*Rhizoctonia Solani*) and yield in winter wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 72: 273-280.
- Bresta, P., D. Nikolopoulos, G. Economou, P. Vahamidis, D. Lyra, A. Karamanos and G. Karabourniotis 2011. Modification of water entry (xylem vessels) and water exit (stomata) orchestrates long term drought acclimation of wheat leaves. *Plant Soil* 347: 179-193.
- Briggs, K.G., O.K. Kiplagat and A.M. Johnson-Flanagan 1999. Effects of pre-anthesis moisture stress on floret sterility in some semi-dwarf and conventional height spring wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 79: 515–520.
- Brisson, N. and M.L. Casals 2005. Leaf dynamics and crop water status throughout the growing cycle of durum wheat crops grown in two contrasted water budget conditions. *Agron. Sustain. Dev.* 25: 151-158.
- Brocklehurst, P.A., J.P. Moss and W. Williams 1978. Effects of irradiance and water supply on grain development in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 90: 265-276.
- Brooking, I.R. and E.J.M. Kirby 1981. Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: the effects of a Norin 10 dwarfing gene, Gai/Rht2. *J. agric. Sci. Camb.* 97: 373-381.
- Brooks, A., C.F. Jenner and D. Aspinall 1982. Effects of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 423-436.
- Brouwer, R. 1963. The influence of the suction tension of the nutrient of bean leaves (*Phaseolus vulgaris*). *Acta Bot. Neerl.* 12: 248-260.

- Brown, A.H.D., O.H.D. Frankel, R. Marsall and J.T. Williams 1989. *The Use of Plant Genetic Resources*. Cambridge Univ. Press, New York, 377 p.
- Brown, A.H.D., M.T. Clegg, A.L Kahler and B.S. Weir 1990. *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources*. Sinauer, Sunderland, M.A. USA.
- Brown, P.W. and C.B. Tanner 1981. Alfalfa water potential measurement comparison of the pressure chamber and leaf dew point hydrometer. *Crop Sci.* 21: 240-244.
- Bruce, W.B., G.O. Edmeades and T.C. Barker 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *J. Exp. Bot.* 53: 13-25.
- Cabeza, C.E., A.G. Kin and J.F. Ledent 1993. Effect of water shortage on main shoot development and tillering of common and spelt wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 170: 243-250.
- Cabeza, C.E., A.G. Kin, P.M.K. Deblonde and J.F. Ledent, 1996. Use of Haun's scale for monitoring development of wheat from flag leaf emergence to end of stem elongation. *Eur. J. Agron.* 5: 237-246.
- Calderini D.F. and G.A. Slafer 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica* 107: 51-59.
- Calderini, D.F., Reynolds, M.P., Slafer, G.A., 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination* (E.H. Satorre and G.A. Slafer, eds.), pp. 351-377, Food Products Press, New York, USA.
- Calderini, D.F., R. Savin, L.G. Abeledo, M.P. Reynolds and G.A. Slafer 2001. The importance of the immediately preceding anthesis period for grain weight determination in wheat. *Euphytica* 119: 199-204.
- Canevara M.G, M. Romani, M. Corbellini, M. Perenzin and B. Borghi 1994. Evolutionary trends in morphological, physiological, agronomical and qualitative traits of *Triticum aestivum* L. cultivars bred in Italy since 1900. *Europ. J. Agron.* 3: 175-185.

- Cannell, R.Q. 1969. The tillering patterns in barley varieties. II. The effect of temperature, light intensity and day length on the frequency of occurrence of the coleoptile node and second tillers in barley. *J. Agric. Sci. Camb.* 72: 423-435.
- Cao, W. and D.N. Moss 1989. Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. *Crop Sci.* 29: 1018-1021.
- Cao, W. and D.N. Moss 1991. Phyllochron change in winter wheat with planting date and environmental changes. *Agron. J.* 83: 396-401.
- Cartelle, J., A. Pedró, R. Savin and G.A. Slafer, 2006. Grain weight responses to post-anthesis spikelet-trimming in an old and modern wheat under Mediterranean conditions. *Europ. J. Agron.* 25: 365-371.
- Cattivelli, L., G. Delogu, V. Terzi and A.M. Stanca 1994. Progress in barley breeding. In: *Genetic Improvement of Field Crops* (ed. G.A. Slafer), pp. 95-181, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Cattivelli, L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, A.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Maré, A. Tondelli and A.M. Stanca 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.* 105: 1-14.
- Chancellor, R.J. 1966. A note on the definition of cereal growth stages. *Weed Res.* 6: 172-178.
- Chaves, M.M., J.P. Maroco and J.S. Pereira 2003. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30: 239-264.
- Chen, X., D. Min, T.A. Yasir and Y.G. Hu 2012. Evaluation of 14 morphological, yield-related and physiological traits as indicators of drought tolerance in Chinese winter bread wheat revealed by analysis of the membership function value of drought tolerance (MFVD). *Field Crops Res.* 137: 195-201.
- Christen, O., K. Sieling, H. Richter-Harder and H. Hanus 1995. Effects of temporary water stress before anthesis on growth, development and grain yield of spring wheat. *Eur. J. Agron.* 4: 27-36.

- Clark, R.N. and E.A. Hiler 1973. Plant measurements as indicators of crop deficit. *Crop Sci.* 13: 466-469.
- Clements, H. F. 1964. Interaction factors affecting yield. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 15: 409-442.
- Cominelli, E., M. Galbiati, A. Vavasseur, L. Conti, T. Sala, M. Vuylsteke, N. Leonhardt, S.L. Dellaporta and C. Tonelli 2005. A guard-cell-specific MYB transcription factor regulates stomatal movements and plant drought tolerance. *Curr. Biol.* 15: 1196–1200.
- Cossani, C.M., G.A. Slafer and R. Savin 2011. Do barley and wheat (bread and durum) differ in grain weight stability through seasons and water–nitrogen treatments in a Mediterranean location? *Field Crops Res.* 121: 240–247.
- Cotterell, J.E., J.E. Dale and B. Jeffcoat 1981. *Endogenous control of spikelet initiation and development in barley*. Monograph, British Plant Growth Regulator Group 7: 130-139.
- Craufurd P.Q. and P.M. Cartwright 1989. Effect of photoperiod and chlormequat on apical development and growth in spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivar. *Ann. Bot.* 63: 515–525.
- Craufurd, P.Q., D.J. Flower and J.M. Peacock 1993. Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). 1. Panicle development and leaf appearance. *Exp. Agric.* 29: 61-76.
- Dainty, J. 1963. Water relations of plant cells. *Adv. Bot. Res.* 1: 279-326.
- Darwinkel, A. 1978. Patterns of tillering and grain production of winter wheat at a wide range of plant densities. *Netherlands J. Agric. Sci.* 26: 383-398.
- Davidson, D.J. and P.M. Chevalier 1987. Influence of polyethylene glycol-induced water deficits on tiller production in spring wheat. *Crop Sci.* 27: 1185-1187.
- Davidson, D.J. and P.M. Chevalier 1992. Storage and remobilization of water-soluble carbohydrates in stems of spring wheat. *Crop Sci.* 32: 186-190.

- De Vita, P., O.L.D. Nicosia, F. Nigro, C. Platani, C. Riefolo, N. Di Fonzo and L. Cattivelli 2007. Breeding progress in morpho-physiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *Eur. J. Agron.* 26: 39–53.
- Delecolle, R., R.K.M. Hay, M. Guerif, P. Pluchard and C. Varlet-Grancher 1989. A method of describing the progress of apical development in wheat, based on the time-course of organogenesis. *Field Crops Res.* 21: 147-160.
- Demotes-Mainard, S., G. Doussinault and J.M. Meynard 1996. Abnormalities in the male developmental programme of winter wheat induced by climatic stress at meiosis. *Agronomie* 16: 505–515.
- Denčić, S. R. Kastori, B. Kobiljski and B. Duggan 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under optimal and drought conditions. *Euphytica* 113: 43-52.
- Denmead, O.T., and R.H. Shaw 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. J.* 54: 385–390.
- Derouw, A. and T. Winkel 1998. Drought avoidance by asynchronous flowering in pearl millet stands cultivated on-farm and on-station in Niger. *Exp. Agric.* 34: 19-39.
- Dofing, S.M. and C.W. Knight 1992. Alternative model for path analysis of small-grain yield. *Crop Sci.* 32: 487-489.
- Dolferus, R., X. Ji and R. A. Richards 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals. *Plant Sci.* 181: 331– 341.
- Donmez, E., R.G. Sears, J.P. Shroyer and G.M. Paulsen 2001. Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the Great Plains. *Crop Sci.* 41: 1412–1419.
- Douglas, T.J. and L.G. Paleg 1981. Lipid composition of *Zea mays* seedlings and water stress-induced changes. *J. Exp. Bot.* 32: 499-508.
- Duggan, B.L. and D.B. Fowler 2006. Yield structure and kernel potential of winter wheat on the Canadian prairies. *Crop Sci.* 46: 1479–1487.

- Dwyer, L.M. and D.W. Stewart 1984. Indicator of water stress in corn (*Zea mays* L.)  
*Can. J. Plant Sci.* 64: 537–546.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell 1966. Stability parameters for comparing varieties.  
*Crop Sci.* 6: 36–40.
- Ehdaie, B., G.A. Alloush and J.G. Waines 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Res.* 106: 34–43.
- Elhani S., V. Martos, Y. Rharrabti, C. Royo and L.F.G. del Moral 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Res.* 103: 25–35.
- Elston, J., A.J. Karamanos, A.M. Kassam and R.M. Wadsworth 1976. The water relations of the field bean crop. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 273: 581-591.
- Engledow, F.L., and K. Ramiah 1930. Investigations on yield in cereals. VII. A study of development and yield of wheat based upon varietal comparison. *J. Agric. Sci. Camb.* 20: 265-347.
- Estrada-Campuzano, G., G.A. Slafer and D.J. Miralles 2012. Differences in yield, biomass and their components between triticale and wheat grown under contrasting water and nitrogen environments. *Field Crops Res.* 128: 167–179.
- Evans, L.T. 1978. The influence of irradiance before and after anthesis on grain yield and its components in microcrops of wheat grown in a constant daylength and temperature regime. *Field Crops Res.* 1: 5-19.
- Evans, L.T. 1993. *Feeding the ten billion*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 243 p.
- Evans, L.T and R.A. Fischer 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop Sci.* 39: 1544–1551.
- Feekes, W. 1941. De Tarwe en haar milieu. *Verslag XVII. Technkche, Tarwe Commission, Groningen*, pp. 560-561.

- Feldman, M. and E.R. Sears 1981. The wild gene resources of wheat. *Sci. Am.* 244: 102-112.
- Feldman, M., F.G.H. Lipton and T.E. Miller 1995. Wheats. *Triticum* spp. (Graminae-Triticinae). In: *Evolution of Crop Plants* (eds J. Smartt and N.W. Simmonds), pp.184-192, Longman Scientific and Technical Press, London.
- Ferrante, A., R. Savin and G.A. Slafer 2010. Floret development of durum wheat in response to nitrogen availability. *J. Exp. Bot.* 61(15):4351-4359.
- Ferris, R., R.H. Ellis, T.R. Wheeler and P. Hadley 1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. *Ann. Bot.* 82: 631–639.
- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742–754.
- Fischer, R.A. 1973. The effect of water on various stages of development on yield processes in wheat, in: *Plant Responses to Climatic Factors, Proceedings of the Uppsala Symposium 1970: Ecology and Conservation*, vol. 5, UNESCO, Paris, pp. 233–241.
- Fischer, R.A. 1975. Yield potential of a dwarf spring wheat and the effect of shading. *Crop Sci.* 15: 607-613.
- Fischer, R.A. and R. Maurer 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Fischer, R.A. and Y.M. Stockman 1980. Kernel Number per Spike in Wheat (*Triticum aestivum* L.): Responses to Preanthesis Shading. *Aust. J. Plant Physiol.* 7:169-80.
- Fischer, R.A. 1984. Wheat. In: *Symposium on potential productivity of field crops under different environments* (W.H. Smith and S.J. Banta, eds.), pp. 129–153, IRRI, Los Baños, Philippines.
- Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci. Camb.* 105: 447–461.



- Fischer, R.A. and Y.M. Stockman 1986. Increase kernel number in Norin 10-derived dwarf wheat: evaluation of the cause. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 767–784.
- Fischer, R.A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. *Field Crops Res.* 33: 57–80.
- Fischer, R.A. 2007. Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 145(02): 99-113.
- Fischer, R.A. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: a reply to Sinclair and Jamieson. *Field Crops Res.* 105, 15–21.
- Fischer, R.A. and G.O. Edmeades 2010. Breeding and Cereal Yield Progress. *Crop Sci.* 50: S85-S98.
- Fischer, R.A. 2011. Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop Past. Sci.* 62: 95–114.
- Fisher, J.E., 1973. Developmental morphology of the inflorescence in hexaploid wheat cultivars with and without the cultivar Norin 10 in their ancestry. *Can. J. Plant Sci.* 53: 7-15.
- Flexas, J., A. Diaz-Espejo, J. Galmés, R. Kaldenhoff, H. Medrano and M. Ribas-Cardo 2007. Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. *Plant Cell Environ.* 30: 1284-1298.
- Flexas, J., J. Bota, F. Loreto, G. Cornic and T.D. Sharkey 2004 Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C<sub>3</sub> plants. *Plant Biol.* 6: 269-279.
- Foulkes, M.J., R. Sylvester-Bradley and R.K. Scott. 1998. Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertiliser nitrogen. *J. Agric. Sci. Camb.* 130: 29–44.
- Foulkes, M.J., R. Sylvester-Bradley, R. Weightman and J. Snape 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Res.* 103: 11–24.

- Foulkes M.J., M. Reynolds and R. Sylvester-Bradley 2009. Genetic improvement of grain crops: yield potential. In: *Crop physiology applications for genetic improvement and agronomy* (V.O. Sadras and D. Calderini, eds), pp. 235–256, Academic Press, Elsevier, USA.
- Foulkes, M.J., G.A. Slafer, W.J. Davies, P.M. Berry, R. Sylvester-Bradley, P. Martre, D.F. Calderini, S. Griffiths and M.P. Reynolds 2011. Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot* 62(2): 469-486.
- Frank, A.B., J.F. Power and W. O. Willis 1973. Effect of Temperature and Plant Water Stress on Photosynthesis, Diffusion Resistance, and Leaf Water Potential in Spring Wheat. *Agron. J.* 65(5): 777-780.
- Frank, A.B., A. Bauer and A.L. Black 1987. Effects of air temperature and water stress on apex development in spring wheat. *Crop Sci.* 27: 113-116.
- Frankel, O.H. and M.E. Soule 1981. *Conservation and Evolution*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 272 p.
- Friend, D.J.C., J.E. Fischer and V.A. Helson 1963. The effect of light intensity and temperature on floral initiation and inflorescence development of Marquis wheat. *Can. J. Bot.* 41: 1663-1674.
- Gallagher, J.N., P.V. Biscoe and B. Hunter 1976. Effects of drought on grain growth. *Nature* 264: 541-542.
- Gallagher, J.N. and P.V. Biscoe 1978. A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. *Agric. Prog.* 53: 51-70.
- Gantet, P., C. Hubac and S.C. Brown 1990. Flow cytometric fluorescence anisotropy of lipophilic probes in epidermal and mesophyll protoplasts from water - stressed *Lupinus albus* L. *Plant Physiol.* 94: 729-737.
- García del Moral, L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. *Crop Sci.* 95: 266-274.

- Gardner, W.R. and R.H. Niemann 1964. Lower limit of water availability to plants. *Science* 143: 1460-1462.
- Gardner, J.S., W.M. Hess and E.J. Trione, 1985. Development of the young wheat spike: A sem study of Chinese spring wheat. *Amer. J. Bot.* 72(4): 548-559.
- Gates, C.T. 1964. The effect of water stress on plant growth. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 30: 3-22.
- Gebbing, T. and H. Schnyder 1999. Pre-anthesis utilization for protein and carbohydrate synthesis in grains of wheat. *Plant Physiol.* 121: 871-878.
- George, D.W. 1982. The growing point of fall sown wheat: A useful measure of physiologic development. *Crop Sci.* 22: 235-239.
- Ghiglione, H., F. Gonzalez, R. Serrago, S. Maldonado, C. Chilcott, J. Cura, D.J. Miralles, T. Zhu and J. Casal 2008. Autophagy regulated by daylength sets the number of fertile florets in wheat. *Plant J.* 55: 1010–1024.
- Giunta, F., R. Motzo and G. Pruneddu, 2007. Trends since 1900 in the yield potential of Italian-bred durum wheat cultivars. *Eur. J. Agron.* 27: 12–24.
- Gomez, K.A and A.A. Gomez 1984. *Statistical procedures for agricultural research. Second edition.* John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 680 pp.
- González, F.G., G.A. Slafer and D.J. Miralles, 2003a. Floret development and spike growth as affected by photoperiod during stem elongation in wheat. *Field Crops Res.* 81: 29-38.
- González, F.G., G.A. Slafer and D.J. Miralles 2003b. Grain and floret number in response to photoperiod during stem elongation in fully and slightly vernalized wheat. *Field Crops Res.* 81: 17-27.
- González, F.G., G.A. Slafer and D.J. Miralles 2005a. Photoperiod during stem elongation in wheat: is its impact on fertile floret and grain number determination similar to that of radiation? *Funct. Plant Biol.* 32: 181–188.

- González, F.G., G.A. Slafer and D.J. Miralles, 2005b. Floret development and survival in wheat plants exposed to contrasting photoperiod and radiation environments during stem elongation. *Funct. Plant Biol.* 32: 189-197.
- González, A., I. Martín and L. Ayerbe 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress: phenology, growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 58: 29-37.
- González, F.G., D.J. Miralles and G.A. Slafer 2011. Wheat floret survival as related to pre-anthesis spike growth. *J. Exp. Bot.* 62 (14): 4889–4901.
- Grieve, C.M., S.M. Lesch, E.V. Maas and L.E. Francois 1993. Leaf and spikelet primordia initiation in salt-stressed wheat. *Crop Sci.* 33: 1286-1294.
- Gupta, N.K., S. Gupta and A. Kumar 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agronomy & Crop Sci.* 186: 55-62.
- Hale, M.G. and D.M. Orcutt 1987. *The Physiology of Plants Under Stress*. John Wiley & Sons, Inc, USA, 206 p.
- Hanks, R.J., J. Keller, V.P. Rasmussen, and G.D. Wilson 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. *Soil Science Society of America Proceedings* 40: 426-429
- Hanks, R.J., D.V. Sisson, R.L. Hurst and K.G. Hubbard 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line-source sprinkler system. *Soil Science Society of America Journal* 44: 886-887.
- Harlan, J.R. 1975. Our vanishing genetic resources. *Science* 188: 618-621.
- Harlan, J.R. 1976. Genetic resources in wild relative crops. *Crop Sci.* 16: 329-333.
- Harlan, J.R. 1992. *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, 284 p.
- Harrell, D.M., W.W. Wilhelm and G.S. McMaster 1993. SCALES: A computer program to convert among three developmental stage scales for wheat. *Agron. J.* 85: 758-763.

- Haun, J R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agron. J.* 65: 116-119.
- Hay, R.K. and R. Delecolle 1989. The setting of rate of development of wheat plants at crop emergence: influence of the environment on rates of leaf appearance. *Ann. Appl. Biol.* 115: 333-341.
- Hay, R.K.M. 1986. Sowing date and the relationships between plant and apex development in winter cereals. *Field Crops Res.* 14: 321-337.
- Hay, R.K.M. and E.J.M. Kirby 1991. Convergence and synchrony-A review of the coordination of development in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 42: 661-700.
- Herzog, H. 1986. *Source and Sink during the Reproductive Period of Wheat. Development and Its Regulation with Special Reference to Cytokinins.* Parey, Berlin, 104 p.
- Holmes, D. P. 1973. Inflorescence development of semidwarf and standard height wheat cultivars in different photoperiod and nitrogen treatments. *Can. J. Bot.* 51: 941-956.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant resources to water stress. *Annu. Rev. Plant. Physiol* 24: 519-570.
- Huang, B., J. Fry and B. Wang 1998. Water relations and water canopy characteristics of tall fescue cultivars during and after drought stress. *Hortscience* 23: 837-840.
- Hunt, L.A., and A.M. Chapleau 1986. Primordia and leaf production in winter wheat, triticale, and rye under field conditions. *Can. J. Bot.* 64: 1972-1976.
- Hunt, R. 1978. *Plant growth analysis.* Studies in Biology no. 96. Camelot Press Ltd, Southampton, Great Britain, 67 p.
- Husain, L. and D Aspinall 1970. Water stress and apical morphogenesis in barley. *Ann. Bot.* 34: 393-407.
- Idso, S.B., R. Reginato, D. Reicosky and J. Hatfield 1981. Determining soil induced plant water potential depression in alfalfa by means of infrared thermometer. *Agron. J.* 73: 826-830.

- Ishag H.M. and M. B. Taha 1974. Production and survival of tillers of wheat and their contribution to yield. *J. Agric. Sci. Camb.* 83: 117-124.
- Isidro, J., F. A. Ivaro, C. Royo, D. Villegas, D. J. Miralles and L. F. García del Moral 2011. Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. *Ann. Bot.* 107: 1355–1366.
- Itoh, H., K. Ueno and K. Yamazaki 1998. Analysis of spike development of three spring wheat genotypes under various cultural conditions. *Plant Prod. Sci.* 4: 258-263.
- Jamieson, P.D., I.R. Brooking, M.A Semenov and J.R. Porter 1998. Making sense of wheat development: a critique of methodology. *Field Crops Res.* 55: 117–127.
- Jat, K.R., R.N. Muralia and A. Kumar 1991. Physiology of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). II Water potential its components. *J. Agron. Crop Sci.* 167: 73-80.
- Jewiss, O.R. 1972. Tillering in grasses-Its significance and control. *J. Br. Grassl. Soc.* 27: 65-82.
- Johnson, R.R. and D.N. Moss 1976. Effect of water stress on  $^{14}\text{CO}_2$  fixation and translocation in wheat during grain filling. *Crop Sci.* 16: 697-701.
- Karamanos, A.J. 1981. The development of water deficits in plants. In: *Water stress on plants* (ed. Simpson, G.M.), pp. 34-88, Praeger, N. York.
- Karamanos, A.J., J. Elston and R.M. Wadsworth 1982. Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: Water potentials and laminar expansion. *Ann. Bot.* 49: 815-826.
- Karamanos, A.J. 1984. Ways of detecting adaptive responses of cultivated plants to drought. An agronomic approach. In: *Being alive on land. Task for vegetation science* (N.S. Margaris, M. Arianoustaki-Fargitaki and W.C. Oechel, eds), pp. 91-101, Dr W. Junk Publishers, The Hague.

- Karamanos, A.J. and A.Y. Papatheohari 1999. Assessment of drought resistance of crop genotypes by means of the water potential index. *Crop Sci.* 39: 1792-1797.
- Karamanos, A.J. 2003. Leaf water potential. In: *Encyclopedia of Water Science* (eds B.A. Stewart & T. A. Howell), pp. 579-587, Marcel Dekker Inc., N. York and Basel.
- Karamanos, A.J., G. Economou, G. Livanos and A. Papastavrou 2008. *Evaluating yield responses to water stress and drought resistance mechanisms of 20 local bread and durum wheat landraces*. Monograph, Agricultural University of Athens, 239p.
- Karamanos, A.J., P.T. Papastylianou, J. Stavrou, and C. Avgoulas. 2009. Effects of water shortage and air temperature on seed yield and seed performance of lucerne (*Medicago sativa* L.) in a Mediterranean environment. *J. Agron. Crop Sci.* 195 (6): 408-419.
- Karamanos, A.J. and I.S. Travlos 2012. The water relations and some drought tolerance mechanisms of the marama bean. *Agron. J.* 104: 65-72.
- Keller, C. and M. Baggiolini 1954. Les stades reperes dans la vegetation du blé. *Revue Romande d'Agriculture, Lausanne* 10: 17-20.
- Kihara, H. 1954. Considerations on the evolution and distribution of *Aegilops* species based on the analyzer method. *Cytologia* 19:336-357.
- Kirby, E.J.M. 1974. Ear development in spring wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 82: 437-447.
- Kirby, E.J.M and M. Appleyard 1981. *Cereal development guide*. NAC Cereal Unit, Stoneleigh, England, 80pp.
- Kirby, E.J.M. 1985. Significant stages of ear development in winter wheat. In: *Wheat Growth and Modelling* (eds. W. Day and R.K. Atkin), pp. 7-24. NATO ASI Series. Series A: Life Sciences, vol. 86, Plenum Press, London.

- Kirby, E.J.M., M. Appleyard and G. Fellowes 1985. Effect of sowing date and variety on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley and wheat. *Agronomie* 5: 117-126.
- Kirby, E.J.M. and M. Appleyard 1987. Development and structure of the wheat plant. In: *Wheat Breeding* (ed. F.G.H. Lupton), pp. 287-311. Chapman & Hall, London.
- Kirby, E.J.M., J.R. Porter, W. Day, J.S. Adam, M. Appleyard, S. Ayling, C.K. Baker, R.K. Belford, P.V. Biscoe, A. Chapman, M.P. Fuller, J. Hampson, R.K.M. Hay, S. Matthews, W.J. Thompson, A.H. Weir, V.B.A. Willington and D.W. Wood 1987. An analysis of primordium initiation in Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at ten sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci.* 109: 123-34.
- Kirby, E.J.M. 1988. Analysis of Leaf, Stem and Ear Growth in Wheat from Terminal Spikelet Stage to Anthesis. *Field Crop Res.* 18: 127–140.
- Kirby, E.J.M., K.H.M Siddique, M.W.Perry, D. Kaeschagen and W.R. Stem 1989. Variation in spikelet initiation and ear development of old and modern Australian wheat varieties. *Field Crops Res.* 20: 113-128.
- Kirby, E.J.M. 1990. Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelet primordium initiation in wheat. *Field Crops Res.* 25: 253–264.
- Kirby, E.J.M., J.H. Spink, D.L. Frost, R. Sylvester-Bradley, R.K. Scott, M.J. Foulkes, R.W. Clare and E.J. Evans 1999. A study of wheat development in the field: analysis by phases. *Europ. J. Agron.* 11: 63–82.
- Klepper, B., R.W. Rickman and C.M. Peterson 1982. Quantitative characterization of vegetative development in small grains cereal. *Agron. J.* 74: 789-792.
- Klepper, B., R.W. Rickman and R.K. Belford 1983a. Leaf and tiller identification on wheat plants. *Crop Sci.* 23: 1002-1004.
- Klepper, B., T.W. Tucker and B.D. Dunbar 1983b. A numerical index to assess early inflorescence development in wheat. *Crop Sci.* 23: 206-208.



- Krenzer, E.G., T.L. Nipp and R.W. McNew 1991. Winter wheat mainstem leaf appearance and tiller formation vs. moisture treatment. *Agron. J.* 83: 663-667.
- Krumm, M. V. Moazami and P. Martin 1990. Influence of potassium nutrition on concentrations of water soluble carbohydrates, potassium, calcium, and magnesium and the osmotic potential in sap extracted from wheat (*Triticum aestivum*) ears during preanthesis development. *Plant Soil* 124: 281-285.
- Kumar, A. and R.P. Tripathi 1991. Relationships between leaf water potential, canopy temperature and transpiration in irrigated and nonirrigated wheat. *J. Agronomy & Crop Sci.* 166: 19-23.
- Kuperman, F.M. 1973. *Morfofiziologija rastenij*. Moskva 1973.
- Lalonde, S., D.U. Beebe and H.S. Saini 1997. Early signs of disruption of wheat anther development associated with the induction of male sterility by meiotic-stage water deficit. *Sex Plant Reprod.* 10:40-48.
- Lambers, H., F.S. Chapin and T.L. Pons 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York, 540 p.
- Landes, A. and J.R. Porter 1989. Comparison of scales used for categorizing the development of wheat, barley, rye and oats. *Ann. Appl. Biol.* 115: 343-360.
- Langer, R.H.M. and M. Hanif 1973. A study of floret development in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.* 37: 743-751.
- Langer, R.H.M. and C.T. Dougherty 1976. Physiology of grain yield in wheat. In: *Perspectives in experimental biology* (N. Sunderland ed), pp. 59-67, Pergamon Press, Oxford and New York.
- Langer, R.H.M. 1979. *How Grasses Grow*. Univ. Park Press, Baltimore, 66 p.
- Larcher, W. 2001. *Physiological Plant ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. 4th Edition. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 513 p.

- Large, E.C. 1954. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes scale. *Pl. Path.* 3: 128-129.
- Leilah, A.A. and S.A. Al-Khateed 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *J. Arid Environ.* 61: 483-496.
- Lermer, J.A. and G. Holzner 1888. Beiträge zur Kenntnis der Gerste. Ed. G. Holzner, Druck von R. Oldenburg, München.
- Levitt, J. 1972. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press, New York.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*, Vol. 2. Academic Press, New York.
- Li, A. G.W. Wall, A. Trent, and Y. Hou 1999. Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment Effects on Apex Dimensional Growth of Spring Wheat. *Crop Sci.* 39:1083–1088.
- Li, C., W. Cao and T. Dai, 2001. Dynamic characteristics of floret primordium development in wheat. *Field Crops Res.* 71: 71-76.
- Li, C.C. 1956. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. *Biometrics* 12: 190-210.
- Lin, C.S. and M.R. Binn 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar location data. *Can. J. Plant Sci.* 68: 193–198.
- Liu, F., C.R. Jensen and M.N. Andersen 2005 A review of drought adaptation in crop plants: changes in vegetative and reproductive physiology induced by ABA-based chemical signals. *Australian J. Agric. Res.* 56: 1245–1252.
- Longnecker, N., E.J.M. Kirby and A. Robson 1993. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Sci.* 33: 154-160.
- López Pereira, M., V.O. Sadras and N. Trápani 1999. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components. *Field Crops Res.* 65: 157–166.

- Loss, S.P. and K.H.M. Siddique 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Adv. Agron.* 52: 229–276.
- Ludlow, M.M. 1989. Strategies of response to water stress. In: *Structural and functional responses to environmental stresses* (eds. K.H. Kreeb, H. Richter and T.M. Hinckley), pp. 269-281. SPB Academic: The Hague.
- MacDowell, F.D.H., 1973. Growth kinetics of Marquis wheat. 5. Morphogenic dependence. *Can. J. Bot.* 51 (7): 1259–1265.
- Machado, S. and G.M. Paulsen 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and soil* 233: 179-187.
- Magrin, G.O, A.J. Hall, C. Baldy and M.O. Grondona. 1993. Spatial and inter-annual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agric. For. Meteorol.* 67: 29–41.
- Mahalakshmi, V. and F.R. Bidinger 1985a. Flowering response of pearl-millet to water-stress during panicle development. *Ann. Appl. Biol.* 106: 571-578.
- Mahalakshmi, V. and F.R. Bidinger 1985b. Water stress and time of floral initiation in pearl millet. *J. Agric. Sci.* 105: 437-445.
- Mahalakshmi, V., F.R. Bidinger and D.S. Raju 1987. Effect of timing of water deficit on pearl millet (*Pennisetum americanum*). *Field Crops Res.* 15: 327-339.
- Malvoisin, P.1984. Organogenesis and growth of the main culm of wheat from sowing to flowering. 1. Relationships between leaf growth and the differentiation of young leaves of flowers. *Agronomie* 4: 557-564.
- Mandal, K.G., K.M. Hati, A.K. Misra, K.K. Bandyopadhyay and M. Mohanty 2005. Irrigation and nutrient effects on growth and water-yield relationship of wheat (*Triticum aestivum* L.) in central India. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 416-425.

- Mardeh, S.S., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Res.* 98: 222-229.
- Maroco, J.P., J.S. Pereira and M.M. Chaves 2000. Growth, photosynthesis and water-use efficiency of two C<sub>4</sub> Sahelian grasses subjected to water deficits. *J. Arid Environ.* 45: 119-137.
- Masle, J., G. Doussinault and B. Sun 1989. Response of wheat genotypes to temperature and photoperiod in natural conditions. *Crop Sci.* 29: 712-721.
- McMaster, G.S. and D.E. Smika 1988. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. *Agric. Forest Meteorol.* 43: 1-18.
- McMaster, G.S., W.W. Wilhelm and J.A. Morgan 1992. Simulating winter wheat shoot apex phenology. *J. Agric. Sci. Camb.* 119: 1-12.
- McMaster, G.S., W. Wilhelm and P.N.S. Bartling 1994. Irrigation and culm contribution to yield and yield components of winter wheat. *Agron. J.* 86: 1123-1127.
- McMaster, G. S. and W.W. Wilhelm 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agric. For. Meteorol.* 87: 291-300.
- McMaster, G.S. 1997. Phenology, development and growth of shoot apex: A review. *Adv. Agron.* 59: 63- 118.
- McMaster, G.S. 2005. Centenary review: phytomers, phyllochrons, phenology and temperate cereal development. *J. agric. Sci. Camb.* 143: 137–150.
- McMaster, G.S., W.W. Wilhelm and A.B. Frank 2005. Developmental sequences for simulating crop phenology for water-limiting conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 56: 1277-1288.
- Meyer, W.S. and G.C. Green 1980. Water use by wheat and plant indicators of available soil water. *Agron. J.* 72: 253–257.

- Miralles, D.J. and G.A. Slafer 1995. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Res.* 43: 55–66.
- Miralles, D.J., S.D. Katz, A. Colloca and G.A. Slafer 1998. Floret development in near isogenic wheat lines differing in plant height. *Field Crops Res.* 59, 21–30.
- Miralles, D.J., R.A. Richards and G.A. Slafer 2000. Duration of stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 931-940.
- Miralles, D.J. and G.A. Slafer 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci. Camb.* 145: 139–150.
- Mirbahar, A.A., G.S. Markhand, A.R. Mahar, S.A. Abro and N.A. Kanhar 2009. Effect of water stress on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Pak. J. Bot.* 41(3): 1303-1310.
- Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends Plant Sci.* 11: 15–19.
- Moffat, A.S. 2002. Plant genetics. Finding new ways to protect drought-stricken plants. *Science* 296: 1226–1229.
- Mogensen, V.O. and M.S.V. Talukder 1987. Grain yield of spring wheat in relation to water stress. II. Growth rate of grains during drought. *Cer. Res. Commun.* 1: 247-253.
- Mohapatra, P.K., D. Aspinall and C.F. Jenner 1983. Differential effects of temperature on floral development and sucrose content of the shoot apex of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 1-7.
- Mooney, H.A., R.W. Pearcy and J. Ehleringer 1987. Plant physiological ecology today. *BioScience* 37: 18-20.
- Moragues, M. and G.S. McMaster 2012. System to uniquely name wheat plant structures. *Crop Sci.* 51: 305-308.

- Morgan, J.M. 1971. The death of spikelets in wheat due to water deficit. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 11: 349-351.
- Morgan, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Phys.* 35: 299-319.
- Morgan, J.M. 1995. Growth and yield of wheat lines with differing osmoregulative capacity at high soil water deficit in seasons of varying evaporative demand. *Field Crops Res.* 40: 143-153.
- Morris, R. and E.R. Sears 1967. The cytogenetics of wheat and its relatives. In: *Wheat and Wheat Improvement* (eds K.S. Quisenberry and L.P. Reitz), Agronomy, pp. 19-87, Academic Press, Washington, DC.
- Motzo, R., F. Giunta and M. Deidda 2001. Factors affecting the genotype x environment interaction in spring triticale grown in a Mediterranean environment. *Euphytica* 121: 317–324.
- Munns, R., C.J. Brady and E.W.R. Barlow 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat during water stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 6: 379-389.
- Myers, P.N., T.L. Setter, J.T. Madison and J.F. Thompson 1992. Endosperm cell division in maize kernels cultured at three levels of water potential. *Plant Physiol.* 99: 1051–1056.
- Nátrová, Z. and M. Jokeš 1993. A proposal for a decimal scale of the inflorescence development of wheat. *Rostlinná výroba* 39: 315–328.
- Nerson, H., M. Sibony and M. J. Pinthus 1980. A scale for the assessment of the developmental stages of the wheat (*Triticum aestivum* L.) Spike. *Ann. Bot.* 45: 203-204.
- Nerson, H., M. Edelstein and M.J. Pinthus. 1990. Effects of N and P nutrition on spike development in spring wheat. *Plant Soil* 124: 33-37.
- Nevo, E., A.B. Korol, A. Beiles and T. Fahima 2002. *Evolution of Wild Emmer and Wheat Improvement: Population Genetics, Genetic Resources and Genome Organization of Wheat's Progenitor, Triticum dicoccoides*. Springer-Verlag, Berlin. 364 p.

- Nicholls, P. B. and L. H. May, 1963. Studies on the growth of the barley apex. I. Interrelationships between primordium formation, apex length and spikelet formation. *Aust. J. Biol. Sci.* 16: 561-571.
- Nicholls, P.B. 1974. Interrelationship between meristematic regions of developing inflorescences of four cereal species. *Ann. Bot.* 38: 827-837.
- Nielsen, E.T. and D.M. Orcutt 1996. *The Physiology of plants under stress*. John Willey and Sons, Inc, 704 p.
- Nowacki, A. 1886. *Anleitung zum Getreidebau auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage*. Paul Parey Verlag, Berlin, 304 p.
- Nuttonson, M.Y. 1955. *Wheat-Climate Relationships*. American Institute of Crop Ecology, Washington. DC, 388p.
- Olufayo, A., C. Baldy, P. Ruelle and J. Konate 1993. Diurnal course of canopy temperature and leaf water potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under a Mediterranean climate. *Agric. For. Meteorol.* 64: 223-236.
- Oosterhuis, D.M. 1977. Developmental morphology of the spike of a Rhodesian spring wheat recorded with a scanning electron microscope. *Rhod. J. Agric. Res.* 15: 65-77.
- Oosterhuis, D.M. and P.M. Cartwright 1983. Spike differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci.* 23: 711-716.
- Palfi, G. and L. Dezsi 1960. The translocation of nutrients between fertile and sterile shoots of wheat. *Acta Bot. Acad. Sci. Hungary* 6: 65-74.
- Palta, J.A., T. Kobata, N.C. Turner and I.R. Fillery 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Sci.* 34: 118-124.
- Pantuwan, G. 2000. Yield responses of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to water deficit in rainfed lowlands. *Ph.D. Thesis*. The University of Queensland.

- Pedro, A., R. Savin, D.Z. Habash and G.A. Slafer 2011. Physiological attributes associated with yield and stability in selected lines of a durum wheat population. *Euphytica* 180: 195–208.
- Pedro, A., R. Savin and G.A. Slafer 2012. Crop productivity as related to single-plant traits at key phenological stages in durum wheat. *Field Crops Res.* 138: 42–51.
- Peltonen-Sainio, P.A. Kangas, Y. Salo and L. Jauhiainen 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crops Res.* 100: 179–188.
- Peltonen-Sainio, P., L. Jauhiainen and I.P. Laurila 2009. Cereal yield trends in northern European conditions: changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Res.* 110: 85–90.
- Petinov, N.S . 1965. The physiology of irrigated agricultural plants. *Field Crop Abstr.* 18: 1-8.
- Plaut, Z. 1971. Inhibition of photosynthetic carbon dioxide fixation in isolated spinach chloroplasts exposed to reduced osmotic potentials. *Plant Physiol.* 48: 591-595.
- Plaut, Z. and B. Bravdo 1973. Response of carbon dioxide fixation to water stress. Parallel measurements on isolated chloroplasts and intact spinach leaves. *Plant Physiol.* 52(1): 28-32.
- Plaut, Z., B.J. Butow, C.S. Blumenthal and C.W. Wrigley 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Res.* 86: 185–198.
- Plucknett, D.L., N.J.H. Smith, J.T. Williams and N.M. Anishetty 1987. Gene Banks and the World's Food. Princeton Univ Press, Princeton, 247 p.
- Porter, J.R., E.J.M. Kirby, W. Day, J.S. Adam, M. Appleyard, S. Ayling, C.K. Baker, P. Beale, R.K. Belford, P.V. Biscoe, A. Chapman, M.P. Fuller, J. Hampson, R.K.M. Hay, M.N. Hough, S. Matthews, W.J. Thompson, A.H. Weir, V.B.A.



- Willington and D.W. Wood 1987. An analysis of morphological development stages in Avalon winter wheat crops with different sowing dates and at ten sites in England and Scotland. *J. Agric. Sci. Camb.* 109: 107-121.
- Porter, J.A. and M. Gawith 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *Eur. J. Agron.* 10: 23–36.
- Power, J.F. and J. Alessi 1978. Tiller development and yield of standard and semidwarf spring wheat varieties as affected by nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci. Camb.* 90: 97-108.
- Premachandra, S., H. Sneoka, M. Kanaya and S. Ogata 1991. Cell membrane stability and leaf surface wax content as affected by increasing water deficits in maize. *J. Exp. Bot.* 42: 167-171.
- Purvis, O.N. 1961. The physiological analysis of vernalisation. *Handbuch pflanzenphysiologie* 16: 76-122.
- Quarrie, S.A. 1980. Genotypic differences in leaf water potential, abscisic acid and proline concentrations in spring wheat during drought stress. *Ann. Bot.* 46: 383-394.
- Rahman, M.S. and J.H. Wilson 1977. Determination of spikelet number in wheat. I. Effect of varying photoperiod on ear development. *Aust. J. Agric. Res.* 28: 565-74.
- Rahman, M.S., J.H. Wilson and V. Aitken 1977. Determination of spikelet number in wheat. 2. Effect of varying light level on ear development. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 575-581.
- Rahman, M.S. 1980. Effect of photoperiod and vernalization on the rate of development and spikelet number per ear in 30 varieties of wheat. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 46: 68-70.
- Rajala, A., K. Hakala, P. Mäkelä, S. Muurinen and P. Peltonen-Sainio 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. *Field Crops Res.* 114: 263-271.

- Rampino, P., S. Pataleo, C. Gerardi, G. Mita and C. Perrotta 2006. Drought response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant Cell Environ.* 29: 2143–2152.
- Rassaa, N., H.B. Haj Salah and K. Latiri 2008. Thermal responses of Durum wheat *Triticum durum* to early water stress. Consequence on leaf and flower development. *C. R. Biologies* 331: 363–371.
- Rawson, H.M. and L.T. Evans, 1970. The pattern of grain growth within the ear of wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* 23: 753–764.
- Rawson, H.M. 1971a. Tillering patterns in wheat with special reference to the shoot at the coleoptile node. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 829-841.
- Rawson, H.M. 1971b. An upper limit for spikelet number per ear in wheat, as controlled by photoperiod. *Aust. J. Agric. Res.* 22: 537-546.
- Reynolds, M.P., D.F. Calderini and A.G. Condon 2001. Physiological basis of yield gains in wheat associated with the LR19 translocation from *Agropyron elongatum*. *Euphytica* 119: 137–141.
- Reynolds, M.P., A. Pellegrineschi and B. Skovmand 2005. Sink limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Ann. Appl. Biol.* 146: 39–49.
- Reynolds, M.P. and N.E. Borlaug 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *J. Agric. Sci. Camb.* 144: 3–17.
- Reynolds, M., M.J. Foulkes, G.A. Slafer, P. Berry, M.A.J. Parry, J.W. Snape and W.J. Angus 2009. Raising yield potential in wheat. *J. Exp. Bot.* 60: 1899–1918.
- Richards, F.J. 1959. A Flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10: 290-300.
- Richards, R.A. 1983. Manipulation of leaf area and its effect on grain yield in droughted wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 34: 232-31.

- Richards R.A., G.A. Rebetzke, A.G. Condon and A.F. van Herwaarden 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111–121.
- Rizhsky, L., H. Liang and R. Mittler 2002. The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. *Plant Physiol.* 130: 1143–1151.
- Rizhsky, L., H. Liang, J. Shuman, V. Shulaev, S. Davletova and R. Mittler 2004. When defense pathways collide. The response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress. *Plant Physiol.* 134: 1683–1696.
- Rizza, F., F.W. Badeck, L. Cattivelli, O. Li Destri, N. Di Fonzo and A.M. Stanca 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Sci.* 44: 2127–2137.
- Rodrigues, M.L., C.M.A. Pacheco and M.M. Chaves 1995. Soil-plant relations, root distribution and biomass partitioning in *Lupinus albus* L. under drought conditions. *J. Exp. Bot.* 46: 947-956.
- Royo, C., V. Martos, A. Ramdani, D. Villegas, Y. Rharrabti and L.F. García del Moral 2008. Genetic improvements in yield and carbon isotope discrimination in Italian and Spanish durum wheat during the 20th century. *Agron. J.* 100: 352–360.
- Saini, H.S. and D. Aspinall 1981. Effect of water deficit on sporogenesis in wheat (*Triticum aestivum* L). *Ann. Bot.* 48: 623–633.
- Saini, H.S. and D. Aspinall 1982. Sterility in wheat (*Triticum aestivum* L) induced by water deficit or high temperature: possible mediation by abscisic acid. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 529–537.
- Saini, H.S. 1997. Effects of water stress on male gametophyte development in plants. *Sex Plant Reprod.* 10:67–73.
- Saini, H.S. and M.E. Westgate 2000. Reproductive development in grain crops during crops. *Adv. Agron.* 68: 59-96.
- Salter, P.J. and J.E. Goode 1967. *Crop Responses to Water at Different Stages of growth*. Commonw. Bur. Hort. Plantation Crops, Res. Rev. 2, 256 p.

- Savin, R. and G.A. Slafer 1991. Shading effects on the yield of an Argentinean wheat cultivar. *J. Agric. Sci.* 116: 1–7.
- Sayre, K.D., S. Rajaram and R.A. Fischer 1997. Yield potential progress in short bread wheats in northwest Mexico. *Crop Sci.* 37: 36–42.
- Schollander, P.F., H.T. Hammel, E.A. Hemmingsen and E.D. Bradstreet 1964. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 52:119-125.
- Schooper, J.B., R.J. Lambert and B.L. Vasilas 1986. Maize pollen viability and ear receptivity under water and high temperature stress. *Crop Sci.* 26 (5): 1029-1033.
- Serrago, R.A., D.J. Miralles and G.A. Slafer 2008. Floret fertility in wheat as affected by photoperiod during stem elongation and removal of spikelets at booting. *Europ. J. Agron.* 28: 301–308.
- Shah, N. and G. Paulsen 2003. Interaction of drought and high temperature on photosynthesis and grain-filling of wheat. *Plant Soil* 257: 219–226.
- Sharma, R.C. 1995. Tiller mortality and its relationship to grain yield in spring wheat. *Field Crops Res.* 41: 55-60.
- Shearman, V.J., R. Sylvester-Bradley and M.J. Foulkes 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Sci.* 45: 175–185.
- Sibony, M. and M.J. Pinthus 1988. Floret initiation and development in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Bot.* 62: 473–479.
- Sibounheuang, V., J. Basnayake, and S. Fukai 2006. Genotypic consistency in the expression of leaf water potential in rice (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Res.* 97 2-3: 142-154.
- Siddique, K.H.M., E.J.M. Kirby and M.W. Perry 1989. Ear stem ratio in old and modern wheat varieties: relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* 21: 59–78.

- Simane, B., B.C. Struik, M.M. Nachit and J.M. Peacock 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica* 71: 211-219.
- Simpson, G.M. 1981. *Water stress on plants*. Praeger Publ. Corp., New York.
- Sinclair, T.R. and P.D. Jamieson 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: an analysis. *Field Crops Res.* 98: 60–67.
- Singh, V.P., M. Singh and M.S. Kairon 1984. Physiological maturity in aestivum wheat: Visual determination. *J. Agric. Sci. Camb.* 102: 285-287.
- Single, W.V. 1964. The influence of nitrogen supply on the fertility of the wheat ear. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 4: 165-168.
- Sionit, N., I.D. Teare, and P.J. Kramer 1980. Effects of repeated application of water stress on water status and growth of wheat. *Physiol. Plant.* 50: 11-15.
- Skazkin, F. D. and M. N. Fontalina 1951. Reaction of barley (*Hordeum vulgare*) to an insufficiency of water in the soil during the light stage of development. *Dokl. Akad.Nauk SSSR* 81: 281-284.
- Skazkin, F.D. 1961. The critical period in plants as regards insufficient water supply. *Timiryazevskie Chteniya Akad Nauk SSSR* 21:1–51.
- Slafer, G.A and F.H. Andrade 1989. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. *Field Crops Res.* 21: 351–367.
- Slafer, G.A. 1994. *Genetic Improvement of Field Crops*. Marcel Dekker Inc, New York. 488 pp.
- Slafer, G.A. and R. Savin 1994. Grain mass change in a semi-dwarf and a standard height wheat cultivar under different sink-source relationships. *Field Crops Res.* 37: 39–49.
- Slafer, G.A. and H.M. Rawson 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.* 21: 393–426.

- Slafer, G.A., E.H. Satorre and H. Andrade 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: *Genetic Improvement of Field Crops* (ed. G.A. Slafer), pp. 1-67, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Slafer, G.A., D.F. Calderini and D.J. Miralles 1996. Yield components and compensation in wheat: Opportunities for further increasing yield potential. In: *Increasing yield potential in wheat: Breaking the Barriers* (M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab, eds.), pp. 101-133, Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Slafer, G.A., J.L. Araus and R.A. Richards 1999. Physiological traits that increase the yield potential of wheat. In: *Wheat: ecology and physiology of yield determination* (E.H. Satorre and G.A. Slafer, eds), pp. 379-415, Food Products Press, New York.
- Slafer, G.A., L.G. Abeledo, D.J. Miralles, F.G. Gonzalez and E.M. Whitechurch 2001. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. *Euphytica* 119: 191–197.
- Slafer, G.A. and D.F. Calderini 2005. Importance of breeding for further improving durum wheat yield. In: *Durum wheat breeding: current approaches and future strategies* (C. Royo, M.M. Nachit, N. di Fonzo, J.L. Araus, W.H. Pfeiffer and G.A. Slafer, eds), pp. 22–41, Food Product Press, New York.
- Slafer, G.A., A.G. Kantolic, M.L. Appendino, D.J. Miralles and R. Savin 2009. Crop development: genetic control, environmental modulation and relevance for genetic improvement of crop yield. In: *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomy* (V. Sadras and D. Calderini, eds), pp. 277-308, Academic Press, USA.
- Slatyer, R.O. and S.A. Taylor 1960. Terminology in plant and soil water relations. *Nature* 187: 922-924.
- Slatyer, R.O. 1967. *Plant-water relationships*. Academic Press, New York, 366 p.
- Slatyer, R.O. 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: *Physiological Aspects of Grain Yield* ( J. D. Eastin, F.A. Haskins, C.Y.

- Sullivan, C.H.M. Van Bavel, and R.C. Dinauereds, eds), pp. 53-83. Amer. Soc. Agron. And Crop Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.
- Smit, M.A. and A. Singels 2006. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Res.* 98: 91-97.
- Soika, R.E., L.H. Stolzy and R.A. Fischer 1981. Seasonal drought response of selected wheat cultivars. *Agron. J.* 73: 838–845.
- Spiertz, J.H.J. and N.M. de Vos 1983. Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. *Plant Soil* 75: 379-391.
- Stefany, P. 1993. Vernalization requirement and response to day length in guiding development in wheat. Wheat Special Report No. 22, Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Stern, W.R. and E.J.M. Kirby 1979. Primordium initiation at the shoot apex in four contrasting varieties of spring wheat in response to sowing date. *J. Agric. Sci.* 93: 203-15.
- Stockman, Y.M., R.A. Fischer and E.G. Brittain 1983. Assimilate supply and floret development within the spike of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 585–594.
- Stričević, R. and E. Čaki 1997. Relationships between available soil water and indicators of plant water status of sweet sorghum to be applied in irrigation scheduling. *Irrigation Sci.* 18: 17–21.
- Svenningsson M. and C. Liljenberg 1986. Changes in cuticular transpiration rate and cuticular lipids of oat (*Avena sativa*) seedlings induced by water stress. *Plant Physiol.* 66: 9–14.
- Taylor, H.M., W.R. Jordan and T.R. Sinclair 1983. Limitations to efficient water use in crop production. Crop Science of Am., Inc, American Soc. Of Agron. Inc., Soil Science of America, Inc. pp. 227-340.
- Thomas, H. 1997. Drought resistance in plants. In: *Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants* (A.S. Basra and R.K. Basra, eds), pp.1-42, Harwood Academic Publishers, Netherlands.

- Thorne, G.N. and D.W. Wood 1987. Effects of radiation and temperature on tiller survival, grain number and grain yield in winter wheat. *Ann. Bot.* 59: 413–426.
- Tjørve, E. and K. Tjørve 2010. A unified approach to the Richards-model family for use in growth analyses: Why we need only two model forms. *J. Theor. Biol.* 267: 417-425.
- Trought, M.C.T. and M.C. Drew 1980. The development of waterlogging damage in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). I. Shoot and root growth in relation to changes in the concentrations of dissolved gases and solutes in the soil solution. *Plant Soil* 54: 77-94.
- Turner, N.C. 1986. Crop water deficits: a decade of progress. *Adv. Agron.* 39: 1-51.
- Turner, N.C., A.B. Hearn, J.E. Begg and G.A. Constable 1986. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.): physiological and morphological responses to water deficits and their relationship to yield. *Field Crop Res.* 14: 153–170.
- Turner, N. C. and I. E. Henson 1989. Comparative water relations and gas exchange of wheat and lupins in the field. In: *Structural and Functional Responses to Environmental Stresses: Water Shortage* (K. H. Kreeb, H. Richter, and T. M. Hinckley, eds.), pp. 293-304, SPB Academic, The Hague, Netherlands.
- Tweeten, L. and S.R. Thompson 2008. Long-term agricultural output supply-demand balance and real farm and food prices. Working Paper AEDE-WP 0044-08, Ohio State University, Columbus, OH.
- Tyree, M.T., J. Dainty and D.M. Hunter 1974. The water relations of hemlock (*Tsuga Canadensis*) IV. The dependence of the balance pressure on the temperature as measured by the pressure-bomb technic. *Can. J. Bot.* 5: 973-978.
- Tyree, M.T. and A.J. Karamanos 1981. Water stress as an ecological factor. In: *Plants and their Atmospheric Environment* (J. Grace, E.D. Ford and P.G. Jarvis, eds), pp. 237-261, Backwell, Oxford.
- Ugarte, C.C., S.A. Trupkin, H. Ghiglione, G.A. Slafer and J.J. Casal 2010. Low red/far red ratios delay spike and stem growth in wheat. *J. Exp. Bot.* 61: 3151–3162.



- Vaadia, Y., F.C. Raney and R.M. Hagan 1961. Plant water deficits and physiological processes. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 12: 265-292.
- Valancogne, C., T. Améglio, I. Ferreira, M. Cohen, P. Archer, S. Dayau and F.A. Daulet 1997. Relations between relative transpiration and predawn leaf water potential in different fruit trees species. In: (ed. Chartzoulakis K.S.), Proceedings of the 2nd International Symposium on Irrigation of Hort. Crops. *Acta Hort.* 449: 423–430.
- Verdoy, D., M.M. Lucas, E. Manrique, A.A. Covarrubias, R. De Felipe and J.J. Pueyo J.J. 2004. Differential organ-specific response to salt stress and water deficit in nodulated bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Cell Environ.* 27: 757–767.
- Voltas, J., H. Lopez-Corcoles and G. Borrás 2005. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multienvironment trials. *Eur. J. Agron.* 22: 309–324.
- Waddington, S.R., P.M. Cartwright and P.C. Wall 1983. A quantitative scale of spike initial and pistil development in barley and wheat. *Ann. Bot.* 51: 119-130.
- Waldren, R.P. and A.D. Flowerday 1979. Growth stages and distribution of dry matter, N, P, and K in winter wheat. *Agron. J.* 71: 391-397.
- Wall, P.C. 1979. An analysis of factors limiting grain numbers and yield of spring wheat in a low-latitude environment. *Ph.D. Thesis*, University of Reading, August.
- Waring, R.H. and B.D. Cleary 1967. Plant moisture stress: evaluation by pressure bomb. *Science* 155: 1248-1254.
- Weatherley, R.E. 1965. Water in the leaf. In the state and movement of water in living organisms. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 19: 157:184. London, Cambridge University Press.
- Westgate, M.E. and J.S. Boyer 1985. Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Sci.* 25: 762-769.
- Westgate, M.E. and J.S. Boyer 1986. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Sci.* 26: 951 -956.

- Westgate, M.E., J.B. Passioura and R. Munns 1996. Water status and ABA content of floral organs in drought-stressed wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 23: 763–772.
- Wheeler, T.R., G.R. Batts, R.H. Ellis, P. Hadley and J.I.L. Morison 1996a. Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) crops in response to CO<sub>2</sub> and temperature. *J. Agric. Sci. Camb.* 127: 37–48.
- Wheeler, T.R., T.D. Hong, R.H. Ellis, G.R. Batts, J.I.L. Morison and P. Hadley 1996b. The duration and rate of grain growth, and harvest index, of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to temperature and CO<sub>2</sub>. *J. Exp. Bot.* 47: 623–630.
- Whingwiri, E.E., J. Kuo and W.R. Stern 1981. The vascular system in the rachis of a wheat ear. *Ann. Bot.* 84: 189-201.
- Whingwiri, E.E. and W.R. Stern 1982. Floret survival in wheat: Significance of the time of floret initiation relative to terminal spikelet formation. *J. Agric. Sci. Camb.* 98: 257-268.
- Whitechurch, E.M. and G.A. Slafer 2002. Contrasting Ppd alleles in wheat: effects on sensitivity to photoperiod in different phases. *Field Crops Res.* 73: 95–105.
- Wiebe, H.H. 1966. Matric Potential of several plant tissues and biocolloids. *Pl. Physiol.* 41: 1439-1442.
- Wilhelm, W.W. and G.S. McMaster 1995. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Sci.* 35: 1-3.
- Wilhelm, W.W. and G.S. McMaster 1996. Spikelet and floret naming scheme for grasses with spike inflorescence. *Crop Sci.* 36: 1071-1073.
- Willey, R.W. and R. Holliday 1971. Plant population, shading and thinning studies in wheat. *J. Agric. Sci. Camb.* 77: 453-461.
- Williams R.F. 1966a. The physiology of growth in wheat plant. III. Growth of the primary shoot and inflorescence. *Aust. J. Biol. Sci.* 19: 949-966.
- Williams, R.F. 1966b. Development of the inflorescence in gramineae. In: *The growth of cereals and grasses* (F.L. Milthorpe and J.D. Ivins, eds.), pp. 74-87, Butterworth, London.

- Williams, R.F. 1975. *The Shoot Apex and Leaf Growth: a Study in Quantitative Biology*. Cambridge, CUP, 263 p.
- Wilson, W.J. 1967. The components of leaf water potential.III. Effects of tissue characteristics and relative water content on water potential. *Aust. J. Soil. Sci.* 20: 359-367.
- Winkel, T., J.F. Renno and W.A. Payne 1997. Effect of timing of water deficit on growth, phenology and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L) R BR) grown in Sahelian conditions. *J. Exp. Bot.* 48: 1001-1009.
- Woodford, E.K. and S.A. Evans 1965. *Weed Control Handbook*. 4th Edition. Blackwell Scientific, 434 p.
- Wopereis, M.C.S., M.J. Kropff, A.R. Maligaya and T.P. Tuong 1996. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status. *Field Crops Res.* 46: 21-39.
- Xu, Z.Z. and G.S. Zhou 2006. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. *Planta* 224: 1080–1090.
- Xue, Q., Z. Zhu, J. T. Musick, B.A. Stewart and D.A. Dusek 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *J. Plant Physiol* 163: 154-164.
- Yadav, O.P. and S.K. Bhatnagar 2001. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non-stress conditions. *Field Crop Res.* 70: 201–208.
- Yang, J.C., J.H. Zhang, Z.Q. Wang, Q.S. Zhu and W. Wang 2001. Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. *Field Crops Res.* 71: 47-55.
- Yang, J. and J. Zhang 2006. Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytol.* 169: 223–236.

- Young, T.E., D.R. Gallie and D.A. DeMason 1997. Ethylene-mediated programmed cell death during maize endosperm development of wild-type and shrunken2 genotypes. *Plant Physiol.* 115: 737–751.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zamski, E. and Y. Grunberger 1995. Short- and long-eared high-yielding hexaploid wheat cultivars: which has unexpected potential for higher yield? *Ann. Bot.* 75: 501–506.
- Zeng, Z.R., J.M. Morgan and R.W. King 1985. Regulation of grain number in wheat: genotypic difference and response to applied abscisic acid and to high temperature. *Aust. J. Plant Physiol.* 12: 609–619.
- Zhou, J., X. Wang, Y. Jiao, Y. Qin, X. Liu, K. He, C. Chen, L. Ma, J.Wang, L. Xiong, Q. Zhang, L. Fan and X. Wang 2007. Global genome expression analysis of rice in response to drought and high-salinity stresses in shoot, flag leaf, and panicle. *Plant Mol. Biol.* 63: 591–608.
- Zhu, X., H. Gong, G. Chen, S. Wang and C. Zhang 2005 Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different developmental stages. *J. Arid Environ.* 62: 1–14.
- Βαχαμίδης, Π. 2006. Ανάπτυξη του κορυφαίου μεριστώματος επιλεγμένων εγχώριων πληθυσμών σκληρού και μαλακού σιταριού σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης. *Μεταπτυχιακή διατριβή*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.
- Βαχαμίδης, Π., Κοτζαμανίδης Σ., Οικονόμου Γ., Καραμάνος Α., 2008. Συμπεριφορά ποικιλιών σκληρού σίτου σε συνθήκες αγρού και υδατικής καταπόνησης. *12ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρίας Γενετικής Βελτίωσης Φυτών*, Νάουσα.
- Βαχαμίδης, Π., Σ. Κοτζαμανίδης, Γ. Οικονόμου και Α. Καραμάνος, 2010. Εκτίμηση της αποδοτικότητας ποικιλιών και τοπικών πληθυσμών σκληρού σιταριού σε συνθήκες διαβαθμισμένης υδατικής καταπόνησης και σε συνθήκες αγρού.

*Πρακτικά 13<sup>ου</sup> πανελληνίου συνέδριου της ελληνικής επιστημονικής εταιρείας γενετικής βελτίωσης φυτών*, Καλαμάτα, pp. 314-319.

Βαχαμίδης, Π., Γ. Οικονόμου και Α. Καραμάνος 2012. Παραγωγικότητα σιταριού και έλλειψη νερού. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία* 6: 40-45.

Δροσόπουλος, Β.Ι. 1998. *Φυσιολογία Φυτών: ΜΕΡΟΣ 1: Ενεργειακά, Ένζυμα, Αναπνευστικός μεταβολισμός, Φωτοσύνθεση, Ωσμωτική συμπεριφορά, Υδατικές σχέσεις των φυτών*. Εκδόσεις Γ.Π.Α, Αθήνα, 364p.

Καλτσίκης, Π.Ι. 1992. *Ειδική Βελτίωση Φυτών*. Εκδόσεις Σταμούλης, Πειραιάς, 394 p.

Καραμάνος, Α. και Π. Βαχαμίδης 2012. Η τεχνική της καλλιέργειας των χειμερινών σιτηρών. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία* 6: 14-20.

Καραμπουρνιώτης, Γ.Α. 2003. *Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών*. Εκδόσεις Έμβρυο, Αιγάλεω, 274 p.

Μανέτας, Ι. 2003. Πρόσληψη και μεταφορά νερού. In: *Φυσιολογία φυτών, από το μόριο στο περιβάλλον* (ed. Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ.Α.), pp. 41-98, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

Ομάδα Σύνταξης του ΑγροΤύπου 2012. Οι κυριότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες χειμερινών σιτηρών στην Ελλάδα. *Περιοδικό Γεωργία-Κτηνοτροφία* 6: 27-32.

Παπασταύρου, Α.Θ. 2009. Οικοφυσιολογική προσέγγιση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία δέκα εγχώριων πληθυσμών μαλακού σιταριού *Triticum aestivum* L. Em Thell. *Διδακτορική διατριβή*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.

Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ.Α. 2003. Μορφογένεση. In: *Φυσιολογία φυτών, από το μόριο στο περιβάλλον* (ed. Ρουμπελάκη-Αγγελάκη, Κ.Α.), pp. 425-498, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Πίνακας 1.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow TS}$  για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0200542	2	0.0100271	3.14	0.0616
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.426558	3	0.142186	44.48***	0.0000
Γονότυποι (B)	1.03894	3	0.346314	91.55***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.189025	9	0.0210028	6.57***	0.0001
Υπόλοιπο (A)	0.0226958	6	0.00378264		
Υπόλοιπο	0.0767167	24	0.00319653		
Σύνολο	1.77399	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 2.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow TS}$  για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00497778	2	0.00248889	0.83	0.4463
Επίπεδα άρδευσης (A)	1.32022	3	0.440072	145.88***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.98914	5	0.197828	162.75***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.32281	15	0.0215206	7.13***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	0.0121556	10	0.00121556		
Υπόλοιπο	0.1086	36	0.00301667		
Σύνολο	2.7579	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 3.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow Booting}$  για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0272625	2	0.0136312	9.11	0.0011
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.807292	3	0.269097	179.90***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0563417	3	0.0187806	3.24ns	0.1026
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0797583	9	0.00886204	5.92***	0.0002
Υπόλοιπο (A)	0.0347708	6	0.00579514		
Υπόλοιπο	0.0359	24	0.00149583		
Σύνολο	1.04132	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 4.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow Booting}$  για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00480833	2	0.00240417	1.26	0.2964
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.895449	3	0.298483	156.18***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.354029	5	0.0708058	20.04***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.116476	15	0.00776509	4.06***	0.0003
Υπόλοιπο (A)	0.035325	10	0.0035325		
Υπόλοιπο	0.0688	36	0.00191111		
Σύνολο	1.47489	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 5.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$  για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0154292	2	0.00771458	10.16	0.0006
Επίπεδα άρδευσης (A)	1.13146	3	0.377152	496.89***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0726562	3	0.0242187	7.23*	0.0203
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0779021	9	0.00865579	11.40***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	0.0200875	6	0.00334792		
Υπόλοιπο	0.0182167	24	0.00075902		
Σύνολο	1.33575	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 6.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{Tillering \rightarrow Anthesis}$  για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0119528	2	0.00597639	3.71	0.0343
Επίπεδα άρδευσης (A)	1.991	3	0.663667	411.93***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.386244	5	0.0772489	28.56***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.1554	15	0.01036	6.43***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	0.0270472	10	0.00270472		
Υπόλοιπο	0.058	36	0.00161111		
Σύνολο	2.62964	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 7.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$  για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0118042	2	0.00590208	8.12	0.0020
Επίπεδα άρδευσης (A)	1.28617	3	0.428724	589.65***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0252396	3	0.00841319	3.54ns	0.0880
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0558021	9	0.00620023	8.53***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	0.0142792	6	0.00237986		
Υπόλοιπο	0.01745	24	0.00072708		
Σύνολο	1.41075	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 8.** Η ανάλυση της διασποράς του  $WPI_{\text{Tillering} \rightarrow \text{Milk development}}$  για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00985833	2	0.00492917	3.14	0.0551
Επίπεδα άρδευσης (A)	2.27728	3	0.759093	484.24***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.245133	5	0.0490267	22.38***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.157389	15	0.0104926	6.69***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	0.0219083	10	0.00219083		
Υπόλοιπο	0.0564333	36	0.00156759		
Σύνολο	2.768	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 9.** Η ανάλυση της διασποράς του τελικού μήκους της ταξιανθίας για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	65.3461	2	32.673	5.22	0.0131
Επίπεδα άρδευσης (A)	3661.51	3	1220.5	194.95***	0.0000
Γονότυποι (B)	45678.6	3	15226.2	1419.55***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	265.913	9	29.5458	4.72**	0.0011
Υπόλοιπο (A)	96.579	6	10.7261		
Υπόλοιπο	118.035	24	6.26074		
Σύνολο	49886.0	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.



**Πίνακας 10.** Η ανάλυση της διασποράς του τελικού μήκους της ταξιανθίας για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	15.9528	2	7.97642	1.28	0.2909
Επίπεδα άρδευσης (A)	2588.6	3	862.866	138.26***	0.0000
Γονότυποι (B)	12780.6	5	2556.12	701.19***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	1200.16	15	80.0108	12.82***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	36.454	10	3.6454		
Υπόλοιπο	224.673	36	6.2409		
Σύνολο	16846.4	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 11.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου σταθμισμένου ρυθμού αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	60.1352	2	30.0676	7.84	0.0024
Επίπεδα άρδευσης (A)	20.1221	3	6.70735	1.75ns	0.1837
Γονότυποι (B)	816.091	3	272.03	10.83**	0.0078
Αλληλεπίδραση (A x B)	50.6356	9	5.62617	1.47ns	0.2161
Υπόλοιπο (A)	150.646	6	25.1077		
Υπόλοιπο	92.0049	24	3.83354		
Σύνολο	1189.64	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 12.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου σταθμισμένου ρυθμού αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0828389	2	0.0414195	0.12	0.8853
Επίπεδα άρδευσης (A)	2.55307	3	0.851024	2.51ns	0.0741
Γονότυποι (B)	23.0331	5	4.60662	5.91**	0.0085
Αλληλεπίδραση (A x B)	6.18319	15	0.412213	1.22ns	0.3045
Υπόλοιπο (A)	7.79698	10	0.779698		
Υπόλοιπο	12.201	36	0.338917		
Σύνολο	51.8502	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 13.** Η ανάλυση της διασποράς του μέγιστου ρυθμού αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	27.1142	2	13.5571	2.30	0.1217
Επίπεδα άρδευσης (A)	121.776	3	40.5918	6.89**	0.0016
Γονότυποι (B)	513.071	3	171.024	5.89*	0.0321
Αλληλεπίδραση (A x B)	121.41	9	13.49	2.29ns	0.0508
Υπόλοιπο (A)	174.358	6	29.0597		
Υπόλοιπο	141.314	24	5.8881		
Σύνολο	1099.04	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 14.** Η ανάλυση της διασποράς του μέγιστου ρυθμού αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	0.828426	2	0.414213	0.24	0.7862
Επίπεδα άρδευσης (A)	10.7798	3	3.59326	2.10ns	0.1172
Γονότυποι (B)	68.2738	5	13.6548	3.87*	0.0327
Αλληλεπίδραση (A x B)	22.9305	15	1.5287	0.89ns	0.5767
Υπόλοιπο (A)	35.272	10	3.5272		
Υπόλοιπο	61.5686	36	1.71024		
Σύνολο	199.653	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 15 .** Η ανάλυση της διασποράς του χρονικού διαστήματος (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι την εμφάνιση του σημείου αντιστάθμισης (inflection point) στη σιγμοειδή καμπύλη, η οποία εκφράζει την αύξηση του μήκους της ταξιανθίας για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	17.3541	2	8.67706	2.30	0.1216
Επίπεδα άρδευσης (A)	100.276	3	33.4255	8.87***	0.0004
Γονότυποι (B)	3509.53	3	1169.84	197.5***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	79.6835	9	8.85372	2.35*	0.0458
Υπόλοιπο (A)	35.5394	6	5.92323		
Υπόλοιπο	90.4001	24	3.76667		
Σύνολο	3832.78	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 16.** Η ανάλυση της διασποράς του χρονικού διαστήματος (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι την εμφάνιση του σημείου αντιστάθμισης (inflection point) στη σιγμοειδή καμπύλη, η οποία εκφράζει την αύξηση του μήκους της ταξιανθίας για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	29.3615	2	14.6807	1.28	0.2895
Επίπεδα άρδευσης (A)	481.797	3	160.599	14.04***	0.0000
Γονότυποι (B)	1996.17	5	399.234	45.22***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	336.362	15	22.4242	1.96*	0.0493
Υπόλοιπο (A)	88.2855	10	8.82855		
Υπόλοιπο	411.843	36	11.4401		
Σύνολο	3343.82	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 17.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) για να επιτευχθεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	54.7517	2	27.3758	9.26	0.0010
Επίπεδα άρδευσης (A)	242.318	3	80.7725	27.32***	0.0000
Γονότυποι (B)	3691.44	3	1230.48	66.23***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	144.197	9	16.0219	5.42***	0.0004
Υπόλοιπο (A)	111.48	6	18.58		
Υπόλοιπο	70.955	24	2.95646		
Σύνολο	4315.14	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 18.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) για να επιτευχθεί το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης του μήκους της ταξιανθίας για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	73.4703	2	36.7351	13.7	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	1127.91	3	375.971	140.52***	0.0000
Γονότυποι (B)	3583.03	5	716.606	115.50***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	635.122	15	42.3414	15.82***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	62.0464	10	6.20464		
Υπόλοιπο	96.3233	36	2.67565		
Σύνολο	5577.91	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 19.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι την εμφάνιση του σταδίου της διπλής πλευράς (DR) για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	51.125	2	25.5625	8.33	0.0018
Επίπεδα άρδευσης (A)	244.917	3	81.6389	26.60***	0.0000
Γονότυποι (B)	116.25	3	38.75	2.71ns	0.1382
Αλληλεπίδραση (A x B)	331.417	9	36.8241	12.00***	0.0000
Υπόλοιπο (A)	85.875	6	14.3125		
Υπόλοιπο	73.6667	24	3.06944		
Σύνολο	903.25	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 20.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι την εμφάνιση του σταδίου της διπλής πλευράς (DR) για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	4.36111	2	2.18056	0.54	0.5885
Επίπεδα άρδευσης (A)	5.81944	3	1.93981	0.50ns	0.6963
Γονότυποι (B)	958.903	5	191.781	47.26***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	46.5972	15	3.10648	0.77ns	0.7053
Υπόλοιπο (A)	23.3056	6	3.88426		
Υπόλοιπο	162.333	40	4.05833		
Σύνολο	1201.32	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 21.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	24.5	2	12.25	4.69	0.0191
Επίπεδα άρδευσης (A)	3123.5	3	1041.17	398.74***	0.0000
Γονότυποι (B)	276.167	3	92.0556	50.98***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	63.3333	9	7.03704	2.70*	0.0253
Υπόλοιπο (A)	10.8333	6	1.80556		
Υπόλοιπο	62.6667	24	2.61111		
Σύνολο	3561.0	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 22.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι το στάδιο σχηματισμού του τελευταίου σταχυδίου (TS) για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	15.1944	2	7.59722	4.80	0.0142
Επίπεδα άρδευσης (A)	52.1111	3	17.3704	10.97****	0.0000
Γονότυποι (B)	2283.61	5	456.722	247.25***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	93.3889	15	6.22593	3.93***	0.0004
Υπόλοιπο (A)	18.4722	10	1.84722		
Υπόλοιπο	57.0	36	1.58333		
Σύνολο	2519.78	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 23.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι το στάδιο των πράσινων στημόνων (GA) για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	6.125	2	3.0625	4.24	0.0265
Επίπεδα άρδευσης (A)	28.5625	3	9.52083	13.18****	0.0000
Γονότυποι (B)	5146.23	3	1715.41	1976.15****	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	6.35417	9	0.706019	0.98ns	0.4824
Υπόλοιπο (A)	5.20833	6	0.868056		
Υπόλοιπο	17.3333	24	0.722222		
Σύνολο	5209.81	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 24.** Η ανάλυση της διασποράς του χρόνου που απαιτείται (σε ημέρες μετά τη σπορά) μέχρι το στάδιο των πράσινων στημόνων (GA) για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	1.08333	2	0.541667	0.05	0.9502
Επίπεδα άρδευσης (A)	203.486	3	67.8287	6.41**	0.0014
Γονότυποι (B)	2237.96	5	447.592	34.28****	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	234.764	15	15.6509	1.48ns	0.1654
Υπόλοιπο (A)	130.583	10	13.0583		
Υπόλοιπο	381.0	36	10.5833		
Σύνολο	3188.88	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 25.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των σταχυδίων για το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	4.70159	2	2.35079	5.43	0.0114
Επίπεδα άρδευσης (A)	60.9331	3	20.311	46.88***	0.0000
Γονότυποι (B)	181.704	3	60.5679	11.13**	0.0073
Αλληλεπίδραση (A x B)	9.02153	9	1.00239	2.31*	0.0488
Υπόλοιπο (B)	32.6452	6	5.44086		
Υπόλοιπο	10.3975	24	0.433227		
Σύνολο	299.402	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 26.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των σταχυδίων για το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	28.7427	2	14.3714	15.58	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	95.8683	3	31.9561	34.65***	0.0000
Γονότυποι (B)	305.32	5	61.0641	19.14***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	25.0287	15	1.66858	1.81ns	0.0725
Υπόλοιπο (B)	31.8981	10	3.18981		
Υπόλοιπο	33.2059	36	0.922387		
Σύνολο	520.064	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 27.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου ρυθμού σχηματισμού των ανθέων ανά σταχύδιο για τα μεσαία σταχυδία του κεντρικού στελέχους κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0016	2	0.0008	0.52	0.6010
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0633	3	0.0211	13.65***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0036	3	0.0012	1.19ns	0.3911
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0100	9	0.0011	0.72ns	0.6855
Υπόλοιπο (B)	0.0061	6	0.0010		
Υπόλοιπο	0.0371	24	0.0015		
Σύνολο	0.1217	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 28.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου ρυθμού εκφυλισμού των ανθέων ανά σταχύδιο για τα μεσαία σταχυδία του κεντρικού στελέχους κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0009057	2	0.00045289	1.31	0.2890
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.00668724	3	0.00222908	6.44**	0.0024
Γονότυποι (B)	0.021088	3	0.00702932	6.21*	0.0286
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.00643341	9	0.00071482	2.06ns	0.0757
Υπόλοιπο (B)	0.00679428	6	0.00113238		
Υπόλοιπο	0.008312	24	0.00034634		
Σύνολο	0.050220	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 29.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου ρυθμού σχηματισμού των ανθέων ανά σταχύδιο για τα μεσαία σταχυδία του κεντρικού στελέχους κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0023	2	0.0011	0.76	0.4770
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0090	3	0.0030	1.93ns	0.1414
Γονότυποι (B)	0.0988	5	0.0197	6.45**	0.0063
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0761	15	0.0050	3.27**	0.0018
Υπόλοιπο (B)	0.0306	10	0.0030		
Υπόλοιπο	0.0559	36	0.0015		
Σύνολο	0.2731	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 30.** Η ανάλυση της διασποράς του μέσου ρυθμού εκφυλισμού των ανθέων ανά σταχύδιο για τα μεσαία σταχυδία του κεντρικού στελέχους κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00026674	2	0.00013337	0.49	0.6196
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.00307063	3	0.00102354	3.72*	0.0198
Γονότυποι (B)	0.0153217	5	0.00306433	4.13*	0.0269
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.00390597	15	0.00026039	0.95ns	0.5253
Υπόλοιπο (B)	0.00741252	10	0.00074125		
Υπόλοιπο	0.00989887	36	0.00027496		
Σύνολο	0.0398764	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 31.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής από στάχεις των κύριων στελεγχών κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.2358	2	0.1179	4.60	0.0037
Επίπεδα άρδευσης (A)	7.4403	3	2.4801	96.83***	0.0000
Γονότυποι (B)	5.4625	3	1.8208	31.55***	0.0005
Αλληλεπίδραση (A x B)	4.7385	9	0.5265	20.56***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	0.3463	6	0.0577		
Υπόλοιπο	0.6147	24	0.0256		
Σύνολο	18.838	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 32.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της μέσης από στάχεις των κύριων στελεγχών κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.5054	2	0.2527	4.76	0.0181
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0916	3	0.0305	0.58ns	0.6364
Γονότυποι (B)	0.6250	3	0.2083	1.60ns	0.2853
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.2500	9	0.0277	0.52ns	0.8430
Υπόλοιπο (B)	0.7812	6	0.1302		
Υπόλοιπο	1.2733	24	0.0530		
Σύνολο	3.5266	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 33.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της βάσης από στάχεις των κύριων στελεγχών κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.3134	2	0.1567	4.52	0.0216
Επίπεδα άρδευσης (A)	2.5955	3	0.8651	24.94***	0.0000
Γονότυποι (B)	4.8070	3	1.6023	19.79**	0.0016
Αλληλεπίδραση (A x B)	2.9583	9	0.3287	9.47***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	0.4859	6	0.0809		
Υπόλοιπο	0.8326	24	0.0346		
Σύνολο	11.9929	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.



**Πίνακας 34.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της κορυφής από στάχεις των κύριων στελεχών κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.1345	2	0.0672	0.61	0.5483
Επίπεδα άρδευσης (A)	1.1466	3	0.3822	3.47*	0.0259
Γονότυποι (B)	9.2145	5	1.8429	18.00***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	6.7487	15	0.4499	4.09***	0.0003
Υπόλοιπο (B)	1.0236	10	0.1023		
Υπόλοιπο	3.9618	36	0.1100		
Σύνολο	22.230	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 35.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της μέσης από στάχεις των κύριων στελεχών κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.1909	2	0.0954	0.63	0.5406
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.3172	3	0.1057	0.69ns	0.5622
Γονότυποι (B)	0.4392	5	0.0878	0.63ns	0.6839
Αλληλεπίδραση (A x B)	1.0489	15	0.0699	0.46ns	0.9464
Υπόλοιπο (B)	1.4019	10	0.1401		
Υπόλοιπο	5.4912	36	0.1525		
Σύνολο	8.8896	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 36.** Η ανάλυση της διασποράς για το μέγιστο αριθμό ανθέων/σταχύδιο που κατάφεραν να διαφοροποιηθούν, κατά μέσο όρο, στα σταχύδια της βάσης από στάχεις των κύριων στελεχών κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.1283	2	0.0641	0.68	0.5144
Επίπεδα άρδευσης (A)	7.7521	3	2.5840	27.28***	0.0000
Γονότυποι (B)	10.642	5	2.1284	22.39***	0.0000
Αλληλεπίδραση (A x B)	22.953	15	1.5302	16.15***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	0.9507	10	0.0950		
Υπόλοιπο	3.4101	36	0.0947		
Σύνολο	45.837	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 37.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.1525	2	0.07626	0,78	0.4717
Επίπεδα άρδευσης (A)	7.5059	3	2.50197	25,44***	0,0000
Γονότυποι (B)	6.0367	3	2.01225	3,95ns	0.0719
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.8778	9	0.09754	0,99ns	0.4721
Υπόλοιπο (B)	3.0587	6	0.50978		
Υπόλοιπο	2.3603	24	0.09834		
Σύνολο	19.992	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 38.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.8544	2	0.4272	3,71	0,0395
Επίπεδα άρδευσης (A)	8.7399	3	2.9133	25,30***	0,0000
Γονότυποι (B)	2.9353	3	0.9784	2,67ns	0,1409
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.4356	9	0.0484	0,42ns	0,9113
Υπόλοιπο (B)	2.1947	6	0.3657		
Υπόλοιπο	2.7639	24	0.1151		
Σύνολο	17.924	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 39.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.752731	2	0.376366	1.82	0.1844
Επίπεδα άρδευσης (A)	9.7533	3	3.2511	15.68***	0.0000
Γονότυποι (B)	4.98233	3	1.66078	26.48***	0.0007
Αλληλεπίδραση (A x B)	1.43732	9	0.159702	0.77ns	0.6444
Υπόλοιπο (B)	0.37629	6	0.0627151		
Υπόλοιπο	4.97574	24	0.207322		
Σύνολο	22.2777	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 40.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	209.277	2	104.639	3.04	0.0667
Επίπεδα άρδευσης (A)	6680.8	3	2226.93	64.65***	0.0000
Γονότυποι (B)	1617.79	3	539.264	4.96*	0.0460
Αλληλεπίδραση (A x B)	470.128	9	52.2364	1.52ns	0.1985
Υπόλοιπο (B)	652.67	6	108.778		
Υπόλοιπο	826.676	24	34.4448		
Σύνολο	10457.3	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 41.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδια που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάχων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	1.67495	2	0.837475	6.17	0.0050
Επίπεδα άρδευσης (A)	15.2592	3	5.08641	37.49***	0.0000
Γονότυποι (B)	18.1806	5	3.63611	6.31**	0.0068
Αλληλεπίδραση (A x B)	4.50256	15	0.300171	2.21*	0.0257
Υπόλοιπο (B)	5.76595	10	0.576595		
Υπόλοιπο	4.88457	36	0.135683		
Σύνολο	50.2678	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 42.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδια που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάχων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0117076	2	0.00585378	0,06	0,9411
Επίπεδα άρδευσης (A)	11.0337	3	3.67791	38.24***	0,0000
Γονότυποι (B)	8.02683	5	1.60537	3.73*	0,0363
Αλληλεπίδραση (A x B)	2.7533	15	0.183553	1.91ns	0,0563
Υπόλοιπο (B)	4.30194	10	0.430194		
Υπόλοιπο	3.46292	36	0.0961922		
Σύνολο	29.5904	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 43.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάχων κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.250376	2	0.125188	0.81	0.4512
Επίπεδα άρδευσης (A)	8.00713	3	2.66904	17.35***	0.0000
Γονότυποι (B)	10.1637	5	2.03274	6.19**	0.0073
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.698097	15	0.0465398	0.30ns	0.9920
Υπόλοιπο (B)	3.28598	10	0.328598		
Υπόλοιπο	5.53799	36	0.153833		
Σύνολο	27.9433	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 44.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων ανθέων/στάχυ κατά το στάδιο της άνθησης και κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	764.82	2	382.41	6.34	0.0044
Επίπεδα άρδευσης (A)	7514.87	3	2504,96	41.52***	0.0000
Γονότυποι (B)	2109.57	5	421.914	2.62ns	0.0911
Αλληλεπίδραση (A x B)	1481.43	15	98.7621	1.64ns	0.1121
Υπόλοιπο (B)	1607.4	10	160.74		
Υπόλοιπο	2172.11	36	60.3363		
Σύνολο	15650.2	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 45.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.681443	2	0.340722	3.11	0.0629
Επίπεδα άρδευσης (A)	6.75973	3	2.25324	20.58***	0.0000
Γονότυποι (B)	4.94965	3	1.64988	21.31**	0.0013
Αλληλεπίδραση (A x B)	1.10941	9	0.123268	1.13ns	0.3832
Υπόλοιπο (B)	0.464515	6	0.0774192		
Υπόλοιπο	2.62814	24	0.109506		
Σύνολο	16.5929	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 46.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	1.61572	2	0.807858	6.22	0.0067
Επίπεδα άρδευσης (A)	6.92366	3	2.30789	17.77***	0.0000
Γονότυποι (B)	3.35728	3	1.11909	7.62*	0.0181
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.981929	9	0.109103	0.84ns	0.5875
Υπόλοιπο (B)	0.881162	6	0.14686		
Υπόλοιπο	3.1166	24	0.129858		
Σύνολο	16.8763	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 47.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	2.59168	2	1.29584	12.20	0.0002
Επίπεδα άρδευσης (A)	8.50418	3	2.83473	26.69***	0.0000
Γονότυποι (B)	2.62837	3	0.876123	3.80ns	0.0770
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.967952	9	0.10755	1.01ns	0.4574
Υπόλοιπο (B)	1.38235	6	0.230392		
Υπόλοιπο	2.54902	24	0.106209		
Σύνολο	18.6236	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 48.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.571668	2	0.285834	2.99	0.0632
Επίπεδα άρδευσης (A)	13.9869	3	4.66231	48.69***	0.0000
Γονότυποι (B)	20.3038	5	4.06076	8.44**	0.0023
Αλληλεπίδραση (A x B)	3.66813	15	0.244542	2.55*	0.0107
Υπόλοιπο (B)	4.81244	10	0.481244		
Υπόλοιπο	3.44703	36	0.0957507		
Σύνολο	46.79	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 49.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	1.0455	2	0.522748	4.79	0.0144
Επίπεδα άρδευσης (A)	13.4502	3	4.48341	41.04***	0.0000
Γονότυποι (B)	14.1573	5	2.83147	12.23***	0.0005
Αλληλεπίδραση (A x B)	2.46076	15	0.164051	1.50ns	0.1564
Υπόλοιπο (B)	2.31555	10	0.231555		
Υπόλοιπο	3.93257	36	0.109238		
Σύνολο	37.3619	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 50.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	0.762598	2	0.381299	4.95	0.0126
Επίπεδα άρδευσης (A)	8.62628	3	2.87543	37.36***	0.0000
Γονότυποι (B)	13.4748	5	2.69497	18.03***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	1.69609	15	0.113072	1.47ns	0.1693
Υπόλοιπο (B)	1.49496	10	0.149496		
Υπόλοιπο	2.77077	36	0.0769659		
Σύνολο	28.8255	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 51.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

Πηγή παραλλακτικότητας	A.T.	B.E.	M.T.	F-Ratio	P-Value
Επανάληψη	0.00186165	2	0.00093	3.85	0.0355
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.029476	3	0.009825	40.61***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.00875771	3	0.00291	6.96*	0.0222
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.00822968	9	0.0009	3.78**	0.0044
Υπόλοιπο (B)	0.00251524	6	0.000419		
Υπόλοιπο	0.00580619	24	0.000241		
Σύνολο	0.0566464	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 52.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00375765	2	0.0018788	3.90	0.0343
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0517104	3	0.017236	35.74***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0124342	3	0.0041447	7.10*	0.0212
Αλληλεπίδραση (A x B)	0,0154163	9	0.001712	3.55**	0.0063
Υπόλοιπο (B)	0.00350484	6	0.000584		
Υπόλοιπο	0.0115761	24	0.000482		
Σύνολο	0.0983995	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 53.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00428823	2	0.002144	5.98	0.0078
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0316786	3	0.010559	29.44***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.00581746	3	0.001939	6.09*	0.0298
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.00699358	9	0.000777	2.17ns	0.0632
Υπόλοιπο (B)	0.00190918	6	0,000318		0.5196
Υπόλοιπο	0.00860958	24	0.000358		
Σύνολο	0.0592967	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 54.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της κορυφής των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00620856	2	0.00310428	11.79	0.0001
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0473648	3	0.0157883	59.98***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0411413	5	0.00822826	5.34*	0.0120
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.026254	15	0.00175026	6.65***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	0.0154047	10	0.00154047		
Υπόλοιπο	0.00947589	36	0.0002632		
Σύνολο	0.145849	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 55.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0102507	2	0.00512535	11.54	0.0001
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0846067	3	0.0282022	63.52***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0230291	5	0.00460583	2.56ns	0.0965
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.0288644	15	0.00192429	4.33***	0.0002
Υπόλοιπο (B)	0.0179826	10	0.00179826		
Υπόλοιπο	0.0159839	36	0.00044399		
Σύνολο	0.180717	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 56.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των καρπών/σταχύδιο που υπήρχαν στα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.00575391	2	0.00287695	16,66	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.0443858	3	0.0147953	85,66***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.0171934	5	0.00343869	3,51*	0.0431
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.015075	15	0.001005	5,82***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	0.00979419	10	0.0009794		
Υπόλοιπο	0.00621792	36	0.00017272		
Σύνολο	0.0984202	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 57.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στην κορυφή των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	500.11	2	250.055	3.35	0.0519
Επίπεδα άρδευσης (A)	2645.12	3	881.708	11.83***	0.0001
Γονότυποι (B)	1672.03	3	557.343	11.91**	0.0061
Αλληλεπίδραση (A x B)	1319.12	9	146.568	1.97ns	0.0900
Υπόλοιπο (B)	280.664	6	46.7774		
Υπόλοιπο	1789.3	24	74.5541		
Σύνολο	8206.34	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.



**Πίνακας 58.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στη μέση των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	570.542	2	285.271	5.05	0.0148
Επίπεδα άρδευσης (A)	693.754	3	231.251	4.09*	0.0177
Γονότυποι (B)	737.059	3	245.686	1.46ns	0.3170
Αλληλεπίδραση (A x B)	784.138	9	87.1265	1.54ns	0.1901
Υπόλοιπο (B)	1011,16	6	168.527		
Υπόλοιπο	1356.58	24	56.5241		
Σύνολο	5153.23	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 59.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στη βάση των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	2199.06	2	1099.53	9.17	0.0011
Επίπεδα άρδευσης (A)	3789.99	3	1263.33	10.53***	0.0001
Γονότυποι (B)	635.504	3	211.835	0.57ns	0.6566
Αλληλεπίδραση (A x B)	1157.46	9	128.607	1.07ns	0.4171
Υπόλοιπο (B)	2240.92	6	373.486		
Υπόλοιπο	2878.52	24	119.938		
Σύνολο	12901.5	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 60.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στην κορυφή των στάχων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	13.6029	2	6.80143	0.10	0,9064
Επίπεδα άρδευσης (A)	2931.64	3	977.212	14.15***	0,0000
Γονότυποι (B)	9593.03	5	1918.61	13.53***	0,0004
Αλληλεπίδραση (A x B)	2098.94	15	139.929	2.03*	0,0415
Υπόλοιπο (B)	1418.43	10	141.843		
Υπόλοιπο	2485.54	36	69.0428		
Σύνολο	18541.2	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 61.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στη μέση των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	661.289	2	330.644	5.83	0.0064
Επίπεδα άρδευσης (A)	1967.69	3	655.896	11.56***	0.0000
Γονότυποι (B)	2833.4	5	566.679	8.25**	0.0025
Αλληλεπίδραση (A x B)	784.568	15	52.3045	0.92ns	0.5497
Υπόλοιπο (B)	687.034	10	68.7034		
Υπόλοιπο	2043.37	36	56.7602		
Σύνολο	8977.34	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 62.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού γονιμότητας των σταχυδίων που υπήρχαν στη βάση των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	1805.7	2	902.851	8.33	0.0011
Επίπεδα άρδευσης (A)	3154.09	3	1051.36	9.70	0.0001
Γονότυποι (B)	2666.34	5	533.269	4.12	0.0272
Αλληλεπίδραση (A x B)	2959.33	15	197.289	1.82	0.0703
Υπόλοιπο (B)	1294.94	10	129.494		
Υπόλοιπο	3900.12	36	108.337		
Σύνολο	15780.5	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 63.** Η ανάλυση της διασποράς για την απόδοση ανά φυτό (γρ) κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	7.91121	2	3.9556	1.07	0.3597
Επίπεδα άρδευσης (A)	328.331	3	109.444	29.53***	0.0000
Γονότυποι (B)	50.7726	3	16.9242	2.54ns	0.1531
Αλληλεπίδραση (A x B)	20.2079	9	2.24532	0.61ns	0.7798
Υπόλοιπο (B)	40.038	6	6.67299		
Υπόλοιπο	88.9432	24	3.70597		
Σύνολο	536.204	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 64.** Η ανάλυση της διασποράς για την απόδοση ανά φυτό (γρ) κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	10.9928	2	5.49641	17.08	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	103.232	3	34.4107	106.92***	0.0000
Γονότυποι (B)	33.7349	5	6.74698	4.94*	0.0155
Αλληλεπίδραση (A x B)	36.1929	15	2.41286	7.50***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	13.6689	10	1.36689		
Υπόλοιπο	11.5861	36	0.321836		
Σύνολο	209.408	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 65.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων στελεχών ανά φυτό κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	7.01316	2	3.50658	3.15	0.0608
Επίπεδα άρδευσης (A)	84.1015	3	28.0338	25.22***	0.0000
Γονότυποι (B)	48.5567	3	16.1856	8.07*	0.0158
Αλληλεπίδραση (A x B)	29.7778	9	3.30865	2.98*	0.0158
Υπόλοιπο (B)	12.0368	6	2.00614		
Υπόλοιπο	26.6796	24	1.11165		
Σύνολο	208.166	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 66.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των γόνιμων στελεχών ανά φυτό κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	2.09153	2	1.04577	6.72	0.0033
Επίπεδα άρδευσης (A)	15.6509	3	5.21697	33.51***	0.0000
Γονότυποι (B)	4.29178	5	0.858356	5.77**	0.0093
Αλληλεπίδραση (A x B)	2.82653	15	0.188435	1.21ns	0.3084
Υπόλοιπο (B)	1.48842	10	0.148842		
Υπόλοιπο	5.60409	36	0.155669		
Σύνολο	31.9533	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 67.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών ανά στάχυ κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	496.656	2	248.328	10.14	0.0006
Επίπεδα άρδευσης (A)	4678.86	3	1559.62	63.69***	0.0000
Γονότυποι (B)	1748.03	3	582.677	9.81**	0.0099
Αλληλεπίδραση (A x B)	635.048	9	70.5608	2.88*	0.0185
Υπόλοιπο (B)	356.203	6	59.3672		
Υπόλοιπο	587.701	24	24.4876		
Σύνολο	8502.5	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 68.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών ανά στάχυ κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	619.185	2	309.593	16,47	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	5200.44	3	1733.48	92,22***	0,0000
Γονότυποι (B)	3101.9	5	620.38	6,94**	0.0048
Αλληλεπίδραση (A x B)	1010.61	15	67.3739	3,58***	0.0008
Υπόλοιπο (B)	893.484	10	89.3484		
Υπόλοιπο	676.695	36	18.7971		
Σύνολο	11502.3	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 69.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών ανά φυτό κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	2468.34	2	1234.17	1.07	0.3591
Επίπεδα άρδευσης (A)	171829.	3	57276.2	49.61***	0.0000
Γονότυποι (B)	11550.5	3	3850.15	1.29ns	0.3618
Αλληλεπίδραση (A x B)	13452.9	9	1494.77	1.29ns	0.2903
Υπόλοιπο (B)	17975.0	6	2995.84		
Υπόλοιπο	27707.9	24	1154.5		
Σύνολο	244983.	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 70.** Η ανάλυση της διασποράς του αριθμού των καρπών ανά φυτό κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	4398.09	2	2199.05	23.44	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	40313.0	3	13437.7	143.25***	0.0000
Γονότυποι (B)	18701.8	5	3740.36	5.79**	0.0091
Αλληλεπίδραση (A x B)	8493.47	15	566.231	6.04***	0.0000
Υπόλοιπο (B)	6463.64	10	646.364		
Υπόλοιπο	3377.12	36	93.8089		
Σύνολο	81747.1	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 71.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των χιλίων κόκκων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	144.584	2	72.2921	0.80	0.4614
Επίπεδα άρδευσης (A)	5463.16	3	1821.05	20.13***	0.0000
Γονότυποι (B)	1326.21	3	442.069	3.03ns	0.1149
Αλληλεπίδραση (A x B)	2408.27	9	267.586	2.96*	0.0163
Υπόλοιπο (B)	874.73	6	145.788		
Υπόλοιπο	2171.44	24	90.4768		
Σύνολο	12388.4	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 72.** Η ανάλυση της διασποράς του βάρους των χιλίων κόκκων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	610.441	2	305.221	7.92	0.0014
Επίπεδα άρδευσης (A)	4375.67	3	1458.56	37.83***	0.0000
Γονότυποι (B)	558.147	5	111.629	0.71ns	0.6284
Αλληλεπίδραση (A x B)	2186.04	15	145.736	3.78***	0.0005
Υπόλοιπο (B)	1567.94	10	156.794		
Υπόλοιπο	1388.02	36	38.5561		
Σύνολο	10686.3	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 73.** Η ανάλυση της διασποράς της απόδοσης σε βιομάζα κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	11.76	2	5.88001	0.16	0.8563
Επίπεδα άρδευσης (A)	4769.65	3	1589.88	42.23***	0.0000
Γονότυποι (B)	2036.76	3	678.92	3.84ns	0.0758
Αλληλεπίδραση (A x B)	1014.32	9	112.703	2.99*	0.0154
Υπόλοιπο (B)	1062.1	6	177.017		
Υπόλοιπο	903.634	24	37.6514		
Σύνολο	9798.23	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 74.** Η ανάλυση της διασποράς της απόδοσης σε βιομάζα κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	76.7982	2	38.3991	13.32	0.0000
Επίπεδα άρδευσης (A)	836.498	3	278.833	96.76***	0.0000
Γονότυποι (B)	35.5989	5	7.11978	0.71ns	0.6309
Αλληλεπίδραση (A x B)	115.514	15	7.70091	2.67**	0.0079
Υπόλοιπο (B)	100.563	10	10.0563		
Υπόλοιπο	103.746	36	2.88184		
Σύνολο	1268.72	71			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 75.** Η ανάλυση της διασποράς του συντελεστή συγκομιδής κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0524596	2	0.0262298	2.87	0.0765
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.136125	3	0.0453749	4.96**	0.0081
Γονότυποι (B)	0.285805	3	0.0952682	5.14*	0.0427
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.327093	9	0.0363436	3.97**	0.0033
Υπόλοιπο (B)	0.111223	6	0.0185372		
Υπόλοιπο	0.219655	24	0.0091523		
Σύνολο	1.13236	47			

\*,\*\*,\*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 76.** Η ανάλυση της διασποράς του συντελεστή συγκομιδής κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	0.0000752	2	0.00003763	0.01	0.9867
Επίπεδα άρδευσης (A)	0.088568	3	0.0295227	10.49***	0.0000
Γονότυποι (B)	0.378816	5	0.0757631	16.71***	0.0001
Αλληλεπίδραση (A x B)	0.156128	15	0.0104086	3.70***	0.0007
Υπόλοιπο (B)	0.0453294	10	0.00453294		
Υπόλοιπο	0.101339	36	0.00281496		
Σύνολο	0.770255	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 77.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της βάσης των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	30.9356	2	15.4678	0.34	0.7133
Επίπεδα άρδευσης (A)	981.396	3	327.132	7.25**	0.0013
Γονότυποι (B)	734.357	3	244.786	1.26ns	0.3690
Αλληλεπίδραση (A x B)	674.087	9	74.8985	1.66ns	0.1546
Υπόλοιπο (B)	1165.46	6	194.243		
Υπόλοιπο	1083.32	24	45.1384		
Σύνολο	4669.55	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 78.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της μέσης των στάχων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	51.9112	2	25.9556	1.48	0.2488
Επίπεδα άρδευσης (A)	1205.24	3	401.748	22.83***	0.0000
Γονότυποι (B)	599.997	3	199.999	2.45ns	0.1612
Αλληλεπίδραση (A x B)	92.9038	9	10.3226	0.59ns	0.7950
Υπόλοιπο (B)	489.485	6	81.5808		
Υπόλοιπο	422.293	24	17.5955		
Σύνολο	2861.83	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 79.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της κορυφής των στάξεων κατά το 1<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	115.664	2	57.8321	1.33	0.2828
Επίπεδα άρδευσης (A)	2404.41	3	801.47	18.46***	0,0000
Γονότυποι (B)	1400.02	3	466.673	19.81**	0.0016
Αλληλεπίδραση (A x B)	264.935	9	29.4372	0.68ns	0.7209
Υπόλοιπο (B)	141.33	6	23.555		
Υπόλοιπο	1042.03	24	43.418		
Σύνολο	5368.39	47			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 80.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της βάσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	382.579	2	191.29	5,18	0.0105
Επίπεδα άρδευσης (A)	2571.92	3	857.307	23,22***	0.0000
Γονότυποι (B)	2800.4	5	560.081	4,07*	0.0281
Αλληλεπίδραση (A x B)	1535.73	15	102.382	2,77**	0.0061
Υπόλοιπο (B)	1374.54	10	137.454		
Υπόλοιπο	1329.43	36	36.9285		
Σύνολο	9994.6	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.

**Πίνακας 81.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της μέσης των στάξεων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	2.77982	2	1.38991	0.07	0.9354
Επίπεδα άρδευσης (A)	1427.85	3	475.952	22.90***	0.0000
Γονότυποι (B)	1308.61	5	261.723	3.33*	0.0496
Αλληλεπίδραση (A x B)	502.071	15	33.4714	1.61ns	0.1197
Υπόλοιπο (B)	784.889	10	78.4889		
Υπόλοιπο	748.196	36	20.7832		
Σύνολο	4774.4	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.



**Πίνακας 82.** Η ανάλυση της διασποράς του ποσοστού επιβίωσης των ανθέων για τα σταχύδια της κορυφής των στάχων κατά το 2<sup>ο</sup> πειραματικό έτος.

<b>Πηγή παραλλακτικότητας</b>	<b>A.T.</b>	<b>B.E.</b>	<b>M.T.</b>	<b>F-Ratio</b>	<b>P-Value</b>
Επανάληψη	48.8368	2	24.4184	0.43	0.6570
Επίπεδα άρδευσης (A)	441.107	3	147.036	2.56	0.0702
Γονότυποι (B)	2677.42	5	535.484	4.44	0.0216
Αλληλεπίδραση (A x B)	3153.77	15	210.251	3.66	0.0007
Υπόλοιπο (B)	1205.37	10	120.537		
Υπόλοιπο	2068.31	36	57.453		
Σύνολο	9594.8	71			

\*, \*\*, \*\*\*: Σημαντικό για  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$  και  $p < 0,001$  αντίστοιχα, ns: μη σημαντικό.