



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

*«Βιοδραστικά Προϊόντα και πρωτεϊνική τεχνολογία»*

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ**

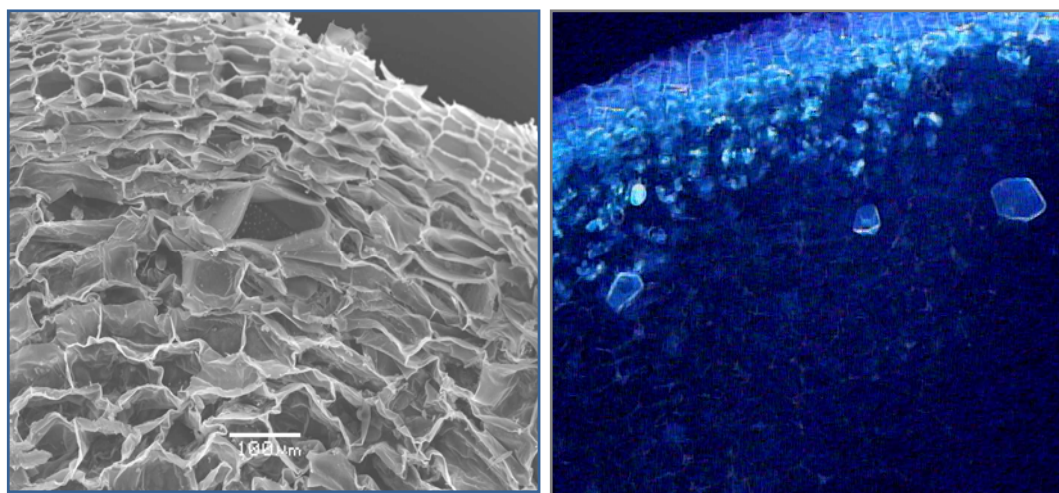
Μεταπτυχιακή Διατριβή της Φοιτήτριας

**Αναστασίας .Π. Σταματίου**

με θέμα:

*Δομικές αλλοιώσεις του κονδύλου της πατάτας*

*(Solanum tuberosum) κατά την συντήρησή του*



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΦΑΣΣΕΑΣ**

**ΑΘΗΝΑ 2014**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΒΙΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

*«Βιοδραστικά Προϊόντα και πρωτεϊνική τεχνολογία»*

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή της Φοιτήτριας

**Αναστασίας .Π. Σταματίου**

με θέμα:

*Δομικές αλλοιώσεις του κονδύλου της πατάτας*

*(Solanum tuberosum) κατά την συντήρησή του*

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

Φασσέας Κωνσταντίνος

**ΜΕΛΗ**

Αϊβαλάκης Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Ακουμιανάκης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Καραμπουρνιώτης Γεώργιος, Καθηγητής

Μπουράνης Δημήτριος, Καθηγητής



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Πριν ξεκινήσω την παρουσίαση και ανάλυση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να απευθύνω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στους ανθρώπους οι οποίοι συνέβαλλαν σημαντικά στην ολοκλήρωσή της:

Στον κ.Κωνσταντίνο Φασσέα, καθηγητή και διευθυντή του εργαστηρίου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την επιστημονική καθοδήγηση και πάνω από όλα για την πολύ καλή συνεργασία μας καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Στον κ.Ιωάννη Ψαροκωστόπουλο, Ε.Τ.Ε.Π. του εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας, για τη σημαντική συμβολή του στην επίλυση κάθε είδους τεχνικού προβλήματος που προέκυπτε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ.Αϊβαλάκη Γεώργιο, αναπληρωτή καθηγητή, κ.Ακουμιανάκη Κωνσταντίνο, αναπληρωτή καθηγητή, κ.Καραμπουρνιώτη Γεώργιο, καθηγητή και κ.Μπουράνη Δημήτριο, επίκουρο καθηγητή, για το χρόνο που διέθεσαν για τη μελέτη και αξιολόγηση της εργασίας αυτής.

Στους φοιτητές του εργαστηρίου για την άριστη συνεργασία μας και για το ευχάριστο κλίμα μέσα στο οποίο εκπονήθηκε η εργασία αυτή.

Στην οικογένειά μου και στους φίλους μου που με στήριξαν με κάθε τρόπο στην προσπάθειά μου αυτή καθώς επίσης και καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρατηρηθούν οι μεταβολές της δομής των κυττάρων του περιδέματος και των εξωτερικών στρώσεων του αποθηκευτικού παρεγχύματος των κονδύλων της πατάτας (*Solanum tuberosum*), τόσο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης όσο και κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στις θερμοκρασίες των 25°C και 2°C, με τη βοήθεια του Οπτικού Μικροσκοπίου και των Ηλεκτρονικών Μικροσκοπίων Διέλευσης και Σάρωσης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία έγινε μια συγκριτική μελέτη της δομής των κυττάρων του περιδέρματος και των εξωτερικών στρώσεων του αποθηκευτικού παρεγχύματος κονδύλων διαφόρων σταδίων ανάπτυξης αμέσως μετά την συγκομιδή και κατά την αποθήκευσή τους στους 25° C και στους 2° C.

Κατά την παρατήρηση αρχικά με το Οπτικό Μικροσκόπιο, είναι εμφανής στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού των κονδύλων αμέσως μετά την συγκομιδή η μεγαλύτερη συσσώρευση αμύλου με τη μορφή αμυλοκόκκων σε σύγκριση με την αντίστοιχη συσσώρευση των αποθηκευμένων κονδύλων. Εμφανής επίσης είναι η διαφοροποίηση του περιδέρματος μεταξύ των αποθηκευμένων και των μη αποθηκευμένων κονδύλων, το οποίο στην πρώτη περίπτωση κονδύλων φαίνεται να έχει υποστεί συρρίκνωση, ενώ στη δεύτερη εμφανίζεται συνεκτικό. Διαφορά επιπλέον, παρατηρείται στο εύρος των μεσοκυττάρων χώρων του φλοιώδους παρεγχύματος το οποίο διακρίνεται μεγαλύτερο στην περίπτωση των μη αποθηκευμένων κονδύλων. Οι μεταβολές αυτές μεταξύ των δειγμάτων πιθανόν να σχετίζονται με το διαφορετικό ρυθμό αναπνοής που έχουν οι κόνδυλοι στις διάφορες θερμοκρασίες.

Κατά την παρατήρηση στη συνέχεια με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης τα οργανίδια τα οποία φαίνεται να μεταβάλλονται είναι οι αμυλοπλάστες, ο πυρήνας και η κυτταρική μεμβράνη των αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιού.

Οι αμυλοπλάστες των αποθηκευμένων κονδύλων εμφανίζουν κενό στο κέντρο τους πιθανόν λόγω της υδρόλυσης του αμύλου που συμβαίνει κατά την αναπνοή. Η υδρόλυση αυτή του αμύλου φαίνεται να συμβαίνει, σε μικρότερο ωστόσο ποσοστό, και στην περίπτωση των μη αποθηκευμένων κονδύλων και να ξεκινάει, και σε αυτήν την περίπτωση, από το κέντρο του αμυλόκοκκου. Επιπλέον, στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων η πλαστιδιακή μεμβράνη παρατηρείται να απομακρύνεται από την περιφέρεια του αμυλόκοκκου, και να εφάπτεται (στην περιφέρεια του αμυλόκοκκου) στην περίπτωση των κονδύλων αμέσως μετά την συγκομιδή, ως συνέπεια του μεγαλύτερου ρυθμού αναπνοής των αποθηκευμένων κονδύλων. Διαφοροποίηση παρατηρείται επίσης στη μορφή της πλαστιδιακής μεμβράνης μεταξύ

των αποθηκευμένων και των μη αποθηκευμένων κονδύλων, η οποία στην πρώτη περίπτωση εμφανίζεται να έχει εγκολπώσεις.

Όσον αφορά τη δομή του πυρήνα αυτή εμφανίζεται αμοιβαδοειδής στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25° C και σφαιρική στα αντίστοιχα κύτταρα κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 2° C. Και αυτή η παρατήρηση πιθανόν να σχετίζεται με το διαφορετικό ρυθμό αναπνοής που έχουν οι κόνδυλοι στις δυο διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Η εμφάνιση διαφορετικού αριθμού μεμβρανών ενδοπλασματικού δικτύου και μιτοχονδρίων καθώς επίσης και διαφορετικών δομών (κυστίδια), στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στις δυο περιπτώσεις θερμοκρασιών πιθανόν να οφείλεται στο διαφορετικό ρυθμό αναπνοής.

Αλλοίωση επιπλέον παρατηρείται στη δομή της κυτταρικής μεμβράνης των αποθηκευτικών κυττάρων των αποθηκευμένων κονδύλων. Ειδικότερα, κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης διακρίνονται εγκολπώσεις στις οποίες φαίνεται να προσκολλώνται κυστίδια. Η μεταβολή αυτή δεν παρατηρείται στην περίπτωση των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή.

Ανάλογες παρατηρήσεις δεν αναφέρονται σε παλαιότερες εργασίες.

Οι δομές των αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιού οι οποίες φαίνεται να παραμένουν αμετάβλητες κατά την αποθήκευση των κονδύλων είναι οι πρωτεϊνικοί κρύσταλλοι, οι πλασμοδέσμες και τα παχύτοιχα κύτταρα.

Οι πρωτεϊνικοί κρύσταλλοι κατά την παρατήρηση με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης εμφανίζονται σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων μέσα σε κυστίδια τα οποία διακρίνεται να περιβάλλονται από μονή μεμβράνη. Πιθανόν η πρωτεΐνη αυτή να αποτελεί το ένζυμο καταλάση το οποίο καταλύει την αντίδραση  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Είναι γνωστό ότι το  $\text{H}_2\text{O}_2$  αποτελεί ένα πολύ τοξικό υποπροϊόν του μεταβολισμού.

Ένας επιπλέον ανατομικός σχηματισμός που εμφανίζεται κοινός σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων κατά την παρατήρηση με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης είναι οι πλασμοδέσμες οι οποίες παρατηρείται να είναι γραμμικές και να καταλήγουν σε ένα κοινό θάλαμο του μεσοτοιχίου. Οι δομές αυτές πιθανόν να σχετίζονται με τη διακίνηση των συστατικών του μεταβολισμού μεταξύ των



κυτταρικών διαμερισμάτων. Δεν βρέθηκαν βιβλιογραφικές αναφορές που να σχετίζονται με την ύπαρξη παρόμοιων δομών στους κονδύλους της πατάτας.

Τέλος, ένα δομικό στοιχείο το οποίο εμφανίζεται σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων κατά την παρατήρηση και με τα τρία διαφορετικά είδη μικροσκοπίων είναι τα παχύτοιχα κύτταρα τα οποία στην παρούσα εργασία εντοπίζονται στο φλοιώδες αποθηκευτικό παρέγχυμα. Πρόκειται για ζωντανά κύτταρα τα οποία ωστόσο φαίνεται σταδιακά να νεκρώνονται. Τα κυτταρικά τους τοιχώματα όπως αποδείχθηκε κατά τη διέγερση με υπεριώδη ακτινοβολία είναι εμποτισμένα με σουβερίνη. Επιπλέον, στα τοιχώματα των κυττάρων αυτών διακρίνονται αντικλινή βοθρία τα οποία δηλώνουν μετακίνηση συστατικών με κατεύθυνση προς το εσωτερικό του κονδύλου, παρατήρηση και αυτή που δεν επιβεβαιώνεται από παλαιότερη εργασία.

Λέξεις κλειδιά: *Solanum tuberosum*, αποθήκευση, αναπνοή, αμυλοπλάστες, πυρήνας, πρωτεϊνικοί κρύσταλλοι, πλασμοδέσμες, παχύτοιχα κύτταρα.

## **ABSTRACT**

In the present study was done a comparative study of the cellular structure of the cellular skin of *Solanum tuberosum* in different stages of development, immediately after the harvest and when saving at 25° C and 2°C.

During observation initially with Optical Microscope, is apparent in storage cells of the peel of condyles immediately after harvesting the higher accumulation of starch in the form of starch granules compared with respective accumulation of stored condyles. Also is visible the diversification of periderma between stored and non-stored condyles, which in the first case condyles seems to have undergone shrinkage, while the second appears consistent. An extra difference observed in the range of intercellular spaces of the cortical parenchyma, which distinguished largest in case of stored condyles. These variations between samples may be related to the different rhythm of breathing of the condyles in various temperatures.

When observing then by electron microscope organelles that seem to change are the amyloplasts, the cell core and the cell membrane of the storage cells of the peel.

The stored condyles amyloplasts appearing a gap at their center, probably because of hydrolysis of the starch which happens during respiration. This hydrolysis seems to be happen, in a smaller percentage, also in case of non- stored condyles, and in this case is starting also from the center of starch granules. In addition, in the case of stored condyles the plastid membrane is observed to put aside the periphery of the starch grain and to be tangential in the case of condyles immediately after harvest, as a result of a higher breath rate of stored condyles. Diversification is also observed in the form of plastid membrane between nonn stored condyles, which in the first case appears to have invaginations.

Regarding the structure of the cell core, appears amoeboid in storage cells of the peel of the condyles stored in 25° C and spherical in the respective cells of condyles stored in 2° C. This observation also may be related to the different breathing pattern having condyles in two different storage temperatures.

The appearance of different number of endoplasmic reticulum membranes and mitochondria , as well as different structures (vesicles) in the cytoplasm of the storage cells of condyles stored in both cases of temperatures possibly due to different of respiration rate.

Moreover, deterioration observed in the structure of the cell membrane of the storage cells of the condyles. Especially, invaginations appeared along the cell membrane in which vesicles seemed to be adhered. This change was not observed in the case of the condyles immediately after harvest.

Such remarks are not mentioned in previous studies.

The structures of the storage cells which appears to remain unchanged during storage of the condyles are the protein crystals, the plasmodesmata and the thick- walled cells.

Protein crystals during observation with the electron microscope appeared in all cases of samples within vesicles, which seems to be surrounded by single membrane. Probably this protein is the enzyme catalase, which catalyzes the chemical reaction  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . It is known that  $\text{H}_2\text{O}_2$  is a highly toxic by-product of metabolism.

An additional anatomical formation that appears common to all cases samples during observation with electron microscope are plasmodesmata which is observed to be linear and arrive at a common chamber partition wall. These structures may be related to the movement of the components of metabolism between cellular compartments. Not found the references related to the existence of similar structures in potato condyles.

Finally, a component which appears in all cases of samples during the observation with the three different types of microscopes are the thick-walled cells in this study are found in cortical parenchyma storage. These are living cells which however seems to be gradually die off. The cell walls as demonstrated by excitation by ultraviolet radiation is impregnated with suberin. Moreover, in the cell walls of these cells are divided anticline which indicate movement of contents towards the interior of the condyle, and observation was not confirmed by prior study.



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 Βοτανική ταξινόμηση.....	17
1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες.....	17
1.3 Μορφολογία φυτού.....	18
1.4 Ανατομία κονδύλων.....	20
1.5 Η συμβολή των μορφολογικών χαρακτήρων στην θεμελιώδη άμυνα.....	21
1.5.1 Εφυμενίδα, κυτταρικό τοίχωμα και περιδέρμα.....	22
1.6 Ανατομικά χαρακτηριστικά ώριμου και μη ώριμου περιδέρματος .....	25
1.7 Πλασμοδέσμες .....	27
1.7.1 Προέλευση και ποικιλομορφία.....	27
1.7.2 Συχνότητα εμφάνισης και κατανομή πλασμοδεσμών . . .	28
1.8 Χημική σύσταση κονδύλων πατάτας .....	29
1.8.1 Ξηρή μάζα .....	32
1.8.2 Άμυλο .....	33
1.8.3 Σάκχαρα.....	34
1.8.4 Γλυκοαλκαλοειδή πατάτας .....	35
1.9 Απαιτήσεις σε κλίμα.....	37
1.10 Απαιτήσεις σε έδαφος.....	38
1.11 Ανάπτυξη φυτού.....	38
1.11.1 Ανάπτυξη φύτρων.....	38

1.11.2	Βλαστική ανάπτυξη.....	39
1.11.3	Άνθιση .....	39
1.11.4.	Σχηματισμός στόλωνα και κονδύλου.....	39
1.11.5.	Ωρίμανση.....	40
1.12	Ληθαργική περίοδος.....	40
1.13	Κονδυλοποίηση.....	42
1.14	Αναπνοή.....	44
1.15	Αναπνοή των κονδύλων της πατάτας.....	45
1.16	Μεταβολισμός αμύλου κατά τη διάρκεια ανάπτυξης και αποθήκευσης κονδύλων.....	46
1.17	Βιογένεση και αποδόμηση του αμύλου .....	48
1.18	Συγκομιδή.....	52
1.19	Μεθωρίμανση .....	52
1.20	Αποθήκευση .....	53
2.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	55
2.1	Προετοιμασία παρασκευασμάτων για παρατήρηση ημίλεπτων τομών με οπτικό μικροσκόπιο (Ο.Μ.) και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (Η.Μ.Δ).....	56
2.2	Παρατήρηση δειγμάτων με το Μικροσκόπιο Φθορισμού.....	57
2.3	Προετοιμασία παρασκευασμάτων για παρατήρηση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Η.Μ.Σ.).....	58
2.4	Τμήση τομών και χρώση μονιμοποιημένων παρασκευασμάτων για παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο (Ο.Μ.) και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (Η.Μ.Δ.).....	60

2.5	Ιστοχημεία.....	61
2.6	Μικροσκόπια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις μορφολογικές, ανατομικές και ιστοχημικές παρατηρήσεις.....	62
2.7	Φωτογράφιση.....	62
2.8	Σύσταση διαλυμάτων .....	63
3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	64
3.1	Δείγμα 1 (έλεγχος).....	64
3.1.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	64
3.1.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	65
3.2	Δείγμα 2 (έλεγχος).....	66
3.2.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	66
3.2.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	66
3.3	Δείγμα 3 (έλεγχος).....	67
3.3.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	67
3.3.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	68
3.4	Δείγμα 4.....	68
3.4.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	68
3.4.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	69
3.5	Δείγμα 5.....	70
3.5.1	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	70
3.6	Δείγμα 6.....	71
3.6.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	71

3.6.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	72
3.7	Δείγμα 7.....	73
3.7.1	Οπτικό μικροσκόπιο.....	73
3.7.2	Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	74
4	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	77
4.1	Οπτικό μικροσκόπιο- Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.....	77
4.1.1	Κόνδυλοι λίγο μετά τη συγκομιδή.....	77
4.1.2	Κόνδυλοι που αποθηκεύτηκαν στους 25°C.....	83
4.1.3	Κόνδυλοι που αποθηκεύτηκαν στους 2 °C.....	89
4.2	Μικροσκόπιο Φθορισμού - Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης.....	94
5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	99
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	109



## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Βοτανική ταξινόμηση**

Το φυτικό είδος *Solanum tuberosum* L. ανήκει:

στο άθροισμα *Spermatophyta*,

στο υποάθροισμα *Angiospermae*,

στην κλάση *Dicotyledones*,

στην τάξη *Scrophulariales*

στην οικογένεια *Solanaceae*,

στο γένος *Solanum*

### **1.2 Βοτανικοί χαρακτήρες**

Η πατάτα (*Solanum tuberosum*) ανήκει στο γένος *Solanum* της οικογένειας *Solanaceae*. Στην οικογένεια αυτή περιλαμβάνονται φυτά ετήσια, διετή ή πολυετή, ποώδη, θαμνώδη, όρθια ή αναρριχόμενα. Οι ηθμαγγειώδεις δεσμίδες των βλαστών είναι αμφίπλευρες. Τα φύλλα συνήθως είναι απλά, φέρονται κατ' εναλλαγή και σπανιότερα αντίθετα.

Τα άνθη είναι αρρενοθήλυκα, σπάνια δίκλινα, ακτινόμορφα, σπάνια ελαφρά ζυγόμορφα. Η ταξιανθία είναι κυματοειδής, συνήθως χωρίς βράκτεια. Ο κάλυκας είναι πενταμερής ή αποτελείται από 4 σέπαλα ή 5 λοβούς. Οι στήμονες είναι 5, διδύναμοι, εκφυόμενοι από τη στεφάνη και εναλλασσόμενοι με τους λοβούς της. Συνήθως σε κάθε άνθος υπάρχουν 1-2 στημονώδη. Η ωοθήκη είναι επιφυής, έχει παχύ πλακούντα και αποτελείται από δύο καρπόφυλλα. Ο στύλος είναι 1 και το στίγμα ακέραιο. Ο καρπός χωρίζεται συνήθως σε δύο μέρη. Κάθε χώρος περιέχει μια ή περισσότερες σπερμοβλάστες.

Ο καρπός είναι ράγα ή πολύσπερμη κάψα. Τα σπέρματα είναι λεία ή βοθρυωτά εξωτερικά. Το σπέρμα περιέχει κυρτό έμβρυο και ενδοσπέρμιο. Ορισμένα είδη της

οικογένειας αυτής είναι ζιζάνια, ενώ άλλα είδη είναι εδώδιμα, φαρμακευτικά ή καλλωπιστικά.

Τα σημαντικότερα γένη της οικογένειας αυτής είναι τα παρακάτω: *Atropa*, *Solanum*, *Datura*, *Capsicum*, *Nicotiana*, *Cestrum*, *Lycium*, *Petunia*, *Physalis*, *Lycopersicum*, *Solandra*, *Mandragora*, *Browallia*. (Βαρδαβάκης, 1993).

Η πατάτα καλλιεργείται σαν ετήσιο φυτό με βιολογικό κύκλο από 3-5 μήνες και πολλαπλασιάζεται αγενώς με τους κονδύλους (πατατόσπορος). Ο βοτανικός σπόρος χρησιμοποιείται κυρίως όταν επιδιώκεται η δημιουργία νέων ποικιλιών. Ο σπόρος προέρχεται είτε από ελεγχόμενη είτε από ελεύθερη διασταύρωση. Τα καλλιεργούμενα είδη πατάτας είναι συνολικά οκτώ από τα οποία τα τέσσερα είναι διπλοειδή, τα δύο είναι τριπλοειδή και τα υπόλοιπα δύο είναι τετραπλοειδή, στα οποία περιλαμβάνεται και το *Solanum tuberosum* L. Στο είδος αυτό περιλαμβάνονται οι καλλιεργούμενες ποικιλίες πατάτας και δύο σημαντικά υποείδη τα *tuberosum* και *andigena*. Υπάρχουν ενδείξεις ότι το *Solanum tuberosum* είναι τεχνητό δημιούργημα του ανθρώπου λόγω του ότι δεν έχει βρεθεί στην άγρια μορφή του (Ολύμπιος, 1996)

### 1.3 Μορφολογία φυτού

Το φυτό της πατάτας παρουσιάζει είτε συμπαγή, θαμνώδη ανάπτυξη είτε πολύ ζωνηρή με μακρούς βλαστούς. Η τελική μοφή που θα αποκτήσει το φυτό εξαρτάται από γενετικούς παράγοντες αλλά και από τις αποστάσεις φύτευσης.

Η ρίζα της πατάτας αποτελείται από πολλά λεπτά ινώδη ριζίδια που ο λειτουργικός τους ρόλος είναι η απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος. Οι απορροφητικές ρίζες ξεκινούν από τη βάση των βλαστών. Η ρίζα της πατάτας είναι ανεπτυγμένη αλλά στερείται της ικανότητας διείσδυσης σε πολύ συνεκτικά εδάφη. Για το λόγο αυτό ευδοκίμει καλύτερα σε εδάφη ελαφρά.

Οι βλαστοί της πατάτας είναι δύο ειδών, οι εναέριοι ή υπέργειοι και οι υπόγειοι. Ο εναέριοι βλαστοί είναι κυρίως πράσινου χρώματος. Αρχικά έχουν όρθια ανάπτυξη αργότερα όμως διακλαδίζονται, πέφτουν και αναπτύσσονται προς τα πλάγια. Οι

υπόγειοι βλαστοί, που αλλιώς ονομάζονται ριζώματα ή στόλωνες, διογκώνονται στην άκρη τους και έτσι σχηματίζονται οι κόνδυλοι. Σε κάθε στόλωνα σχηματίζεται ένας κόνδυλος, δεν είναι όμως σπάνιο το φαινόμενο του σχηματισμού περισσότερων του ενός κονδύλων στον ίδιο στόλωνα. Ο αριθμός και το μήκος των στολώνων επηρεάζεται από τις συνθήκες καλλιέργειας είναι όμως και χαρακτηριστικό της κάθε ποικιλίας. Ειδικότερα, στις άγριες ποικιλίες το μήκος τους είναι μεγαλύτερο από εκείνο των καλλιεργούμενων ποικιλιών (Ολύμπιος, 1996).

Οι κόνδυλοι είναι σαρκώδεις, υπόγειοι βλαστοί που προκύπτουν από τη διόγκωση στου στόλωνα. Έχουν οφθαλμούς ή μάτια οι οποίοι είναι τοποθετημένοι κατ' εναλλαγή και ελικοειδώς επί του κονδύλου. Κατά μέσο όρο ανά 1 εκ. στην επιφάνεια του κονδύλου βρίσκεται ένα μάτι. Ωστόσο, διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των οφθαλμών ανά μονάδα μήκους εξαρτάται από το μέγεθος των κονδύλων. Πιο συγκεκριμένα, οι μικρότεροι σε μέγεθος κόνδυλοι έχουν περισσότερους οφθαλμούς ανά μονάδα μήκους από ότι οι μεγαλύτεροι (Harris, 1992). Ανάλογα με την ποικιλία, οι οφθαλμοί είναι βαθιά ή επιφανειακά και φέρουν «ώμους» ή «φρύδια» (Ολύμπιος, 1996). Σε κάθε μάτι του κονδύλου υπάρχουν τρεις οφθαλμοί οι οποίοι σχηματίζουν τρίγωνο. Σύμφωνα όμως με άλλους ερευνητές οι μασχαλιαίοι οφθαλμοί που υπάρχουν σε κάθε μάτι του κονδύλου είναι περισσότεροι. Στο αντίθετο άκρο του στόλωνα βρίσκεται ο ακραίος ή επιτακτικός οφθαλμός ο οποίος επηρεάζει τη δραστηριότητα των οφθαλμών που βρίσκονται κατω από αυτόν. Οι οφθαλμοί που βρίσκονται κοντά στον στόλωνα είναι μικρότεροι σε σχέση με εκείνους που βρίσκονται στη μεσαία ζώνη του κονδύλου (Haris, 1992). Οι κυριότερες ομάδες ιστών των κονδύλων είναι το περίδερμα, ο φλοιός, ο αγγειακός δακτύλιος και η εντεριώνη. Το χρώμα του περιδέρματος των κονδύλων μπορεί να είναι λευκοκίτρινο, κοκκινωπό, ιώδες, ή πορφυρό. Επίσης, η περιοχή των ματιών μπορεί να έχει διαφορετικό χρώμα από την υπόλοιπη επιφάνεια του κονδύλου. Η σάρκα των κονδύλων μπορεί να είναι λευκή ή κίτρινη ή να έχει ενδιάμεσο χρωματισμό.

Τα φύλλα της πατάτας είναι ως επί το πλείστον σύνθετα. Ο αριθμός των φυλλαρίων που έχουν τα φύλλα διαφέρει στις διάφορες ποικιλίες και στις διάφορες ηλικίες. Τα φυλλάρια έχουν χρώμα βαθύ πράσινο, ελλειπτικό σχήμα και φέρουν χνούδι. Επίσης έχουν στόματα τόσο στην άνω επιφάνεια όσο και στην κάτω επιφάνεια. Ανάλογα με την ποικιλία το φύλλωμα είναι λείο ή ζαρωμένο. Τα φύλλα της πατάτας καθώς και

όλα τα πράσινα μέρη του φυτού είναι δηλητηριώδη λόγω της σολανίνης που περιέχουν.

Τα άνθη φέρονται επί ταξιανθιών με άξονα μακρύ ο οποίος αναπτύσσεται από τη μασχάλη του τελευταίου φύλλου. Το άνθος της πατάτας αποτελείται από πενταμερή στεφάνη ιώδη ή υπόλευκη ή κίτρινη και συμπέταλη. Έχει πέντε στήμονες που σχηματίζουν γύρω από τον ύπερο έναν κώνο. Ο στύλος είναι μακρύς και βρίσκεται έξω από τον κώνο των ανθέρων. Η ωθήκη είναι συνήθως δίχωρη. Τέλος, τα άνθη της πατάτας είναι ερμαφρόδιτα και μπορεί να είναι και αυτόστειρα αλλά και γόνιμα. Ο καρπός είναι ράγα, σφαιρικός διαμέτρου 1-2 εκατοστά, πράσινος η πρασινοιώδης, πολύ τοξικός και περιέχει μερικές εκατοντάδες σπέρματα. (Ολύμπιος, 1996).

#### **1.4 Ανατομία κονδύλων**

Οι κυριότεροι τύποι ιστών των κονδύλων είναι το περίδερμα, ο φλοιός, ο αγγειακός δακτύλιος και η εντεριώνη (Ολύμπιος, 1996).

Το περίδερμα είναι ένας προστατευτικός ιστός που αποτελείται από τα κύτταρα του φελλοκαμβίου, του φελλού και του φελλοδέρματος. Το φελλοκάμβιο είναι μεριστωματικός ιστός που παράγει προς τα έξω το φελλό και προς τα μέσα το φελλόδερμα. Στα τοιχώματα των κυττάρων του φελλού εναποτίθεται φελλίνη οπότε νεκρώνονται. Αντίθετα τα κύτταρα του φελλοδέρματος είναι ζωντανά (Δροσόπουλος, 1992). Στα κύτταρα του περιδέρματος διακρίνονται με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης πολυάριθμα μιτοχόνδρια και ριβοσώματα. Επιπλέον, χαρακτηριστικό του ιστού αυτού είναι τα παχιά κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία προκύπτουν από την εναπόθεση πολλών στρωμάτων σουβερίνης. Πιθανόν η παραγωγή της σουβερίνης να οφείλεται στην αυτόλυση του κυτοπλάσματος. Ο λειτουργικός ρόλος των κυττάρων αυτών είναι η συγκράτηση του νερού κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Στο φλοιό υπάρχουν τρεις κατηγορίες κυττάρων, τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος, τα εξειδικευμένα παρεγχυματικά κύτταρα και τα βοηθητικά κύτταρα. Τα αποθηκευτικά κύτταρα, στην πλειονότητά τους, έχουν περίπου την ίδια διάμετρο. Ωστόσο τα κύτταρα που βρίσκονται κοντά στο στόλωνα είναι μεγαλύτερα σε σχέση

με εκείνα που βρίσκονται στο αντίθετο άκρο. Ο λειτουργικός ρόλος των κυττάρων αυτών είναι η αποθήκευση αμύλου με τη μορφή αμυλοκόκκων.

Οι αμυλόκοκκοι αρχίζουν να σχηματίζονται μέσα στους αμυλοπλάστες. Έχουν κέντρα διάφορων μορφών γύρω από τα οποία τοποθετούνται εναλλάξ στρώσεις αμύλου. Η συσσώρευση του αμύλου έχει ως αποτέλεσμα να είναι ορατή με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μόνο η εξωτερική μεμβράνη του αμυλοπλάστη. Μερικές φορές η μεμβράνη αυτή καταστρέφεται τελείως και οι αμυλόκοκκοι μένουν γυμνοί. Η περιεκτικότητα των κονδύλων σε άμυλο αποτελεί το 10-25% του καθαρού τους βάρους. Το ποσοστό αυτό διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία και η μέγιστη τιμή είναι 35%. Μεγάλο ποσοστό αμύλου έχουν τα κύτταρα που περιβάλλουν τις αγγειώδεις δεσμίδες. Επίσης, μεγάλο ποσοστό αμύλου έχουν τα ευμεγέθη κύτταρα. Το ποσοστό του αμύλου μειώνεται κατά την αποθήκευση των κονδύλων σε χαμηλές θερμοκρασίες, (Harris 1992). Το μήκος τους είναι πάνω από 100 μm (Ψαράς *et al*, 2002). Στα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος περιέχεται, επιπλέον, καλλόζη. Στα εξειδικευμένα παρεγχυματικά κύτταρα υπάρχουν πλαστίδια με λίγο ή καθόλου άμυλο καθώς επίσης και πρωτεΐνη με τη μορφή κρυστάλλων.

Ο αγγειακός δακτύλιος των ώριμων κονδύλων καταλαμβάνει μόνο το 5% της περιοχής το φλοιού και αποτελείται μόνο από αγγεία ξύλου. Τα αγγεία αυτά διακρίνονται σε πρωτοξυλικά και μεταξυλικά. Οι όροι έχουν σχέση με το χρόνο εμφάνισης του ξύλου από την δραστηριότητα του καμβίου. Το κάμβιο στους ώριμους κονδύλους δεν σχηματίζει συνεχή αλλά διακεκομμένο δακτύλιο (Harris, 1992).

## **1.5 Η συμβολή των μορφολογικών χαρακτήρων στην θεμελιώδη άμυνα**

Η στρατηγική της αποφυγής, ταυτίζεται με την ύπαρξη της θεμελιώδους προϋπάρχουσας άμυνας. Πρόκειται για ένα σύνολο αμυντικών μηχανισμών, οι οποίοι έχουν αναλάβει τη μόνιμη προστασία των φυσικών ιστών και οργάνων. Περιλαμβάνει μορφολογικούς χαρακτήρες οι οποίοι παρέχουν κυρίως μηχανική προστασία, όπως διάφορα εξαρτήματα της επιδερμίδας. Έτσι, ενισχύουν αμυντικά τους ιστούς τους, ώστε να αποκλείσουν την είσοδο των παθογόνων στο εσωτερικό, ή να αποτρέψουν την κατανάλωσή τους από τα φυτοφάγα. Σε αυτά περιλαμβάνεται η

εφυμενίδα (ένα κηρώδες εξωτερικό στρώμα) και το περίδερμα (δευτερογενής προστατευτικός ιστός) τα οποία εκτός από την επιβράδυνση της απώλειας του νερού αποτελούν φράγματα για την είσοδο βακτηρίων και μυκήτων. (Καραμπουρνιώτης 2003, Τσέκος 2003, Καραμπουρνιώτης & Λιακόπουλος 2009).

Σε αυτό συμβάλλουν και οι σκληροεγχυματικοί ιστοί ενισχύοντας την αμυντική θωράκιση, λειτουργώντας κυρίως ως μηχανικοί φεαγμοί προστατεύοντας τα από τα φυτοφάγα, λόγω φυσικής σκληρότητας. Ταυτόχρονα, η κυτταρίνη και η λιγνίνη, τους καθιστά δύσπεπτους και χαμηλής θρεπτικής αξίας λόγω έλλειψης αζώτου. Σημαντική συνεισφορά στην άμυνα ενός φυτικού οργανισμού μπορεί να έχουν και απονεκρωμένοι ιστοί στους οποίους όμως σε ορισμένα στάδια της ανάπτυξής τους έχουν συσσωρευτεί δευτερογενείς μεταβολίτες, συνήθως φαινολικές ουσίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων ιστών αποτελούν το εγκάρδιο ξύλο του κορμού ορισμένων δένδρων, καθώς και ορισμένα επιδερμικά εξαρτήματα (Καραμπουρνιώτης 2003, Τσέκος 2003, Καραμπουρνιώτης & Λιακόπουλος 2009).

### **1.5.1 Εφυμενίδα, κυτταρικό τοίχωμα και περίδερμα**

Η εφυμενίδα και ο **αποφελωμένος ιστός** παρέχουν κάποιο βαθμό αντίστασης στους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα έντομα, προστατεύοντας τους ιστούς από μηχανικές καταπονήσεις και εμποδίζοντας την εισχώρηση των υφών των μυκήτων και των μυζητήρων των εντόμων. Λόγω του ισχυρά υδρόφοβου χαρακτήρα τους, εξασφαλίζουν ένα φράγμα έναντι της απώλειας του νερού που είναι και ο κύριος ρόλος αυτών των στρωμάτων. Επίσης εμποδίζεται η διαβροχή της επιφάνειας με αποτέλεσμα να περιορίζεται η βλάστηση των σπορίων και η επιβίωση των μικροοργανισμών αλλά και η επικάθιση ρυπαντών. Ακόμα, η εφυμενίδα και η επιδερμίδα μπορεί, μέσω ανάκλασης και απορρόφησης να περιορίζουν τη διείσδυση της υπεριώδους ακτινοβολίας (Καραμπουρνιώτης 2003, Τσέκος 2003).

Η εφυμενίδα είναι μία πολύστρωμη δομή που είναι αποτέλεσμα έκκρισης. Αποτελείται από ένα εξωτερικό περίβλημα από κηρό (επιεφυμενιδικός κηρός), ένα παχύ μέσο στρώμα που περιέχει κουτίνη ενποτισμένη με κηρό (η κύρια εφυμενίδα) και ένα βαθύτερο στρώμα που σχηματίζεται από κουτίνη και κηρό που αναμιγνύονται με τις ουσίες του κυτταρικού τοιχώματος (το εφυμενιδικό στρώμα). Το κύριο συστατικό της εφυμενίδας είναι η κουτίνη (ή υμενίνη), που είναι ένας λιπιδικός πολυεστέρας. Η κουτίνη είναι ένα πολυμερές δικτυωτό οξυγονωμένων C<sub>10</sub> & C<sub>18</sub>

λιπαρών οξέων τα οποία σχηματίζουν μίγματα διαφορετικών αναλογιών και συνδέονται μεταξύ τους με εστερικούς δεσμούς. Οι αλληλοεστεροποιημένες ακυλικές αλυσίδες σχηματίζουν μια μη-ελαστική τρισδιάστατη δικτυωτή διάταξη με ισχυρά υδρόφοβο χαρακτήρα. Κατά πάσα πιθανότητα η κουτίνη δρα ως ένα σχετικώς μη ελαστικό εξωτερικό περίβλημα που βοηθά στο να προσφέρει μια δυσκαμψία στους φυτικούς ιστούς όταν βρίσκονται σε σπαργή, καθώς και να εξασφαλίζει κάποια άμυνα έναντι της εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών. Εξαιτίας των σχετικά μεγάλων πόρων του πλέγματος της κουτίνης, δεν είναι πολύ πιθανό να παρέχει ένα ουσιαστικό φράγμα στην απώλεια του ύδατος από μόνη της. Άλλη έρευνα προτείνει ότι εκτός από την κουτίνη, η εφυμενίδα πιθανόν περιέχει ένα δεύτερο λιπιδικό πολυμερές, το οποίο δομείται από μία επιμήκη αλυσίδα υδρογονανθράκων που ονομάζεται κυτάνη (cutan), (Τσέκος 2003).

Οι κηροί αναφέρονται και ως επιεφυμενιδικά συστατικά. Είναι μίγμα (ακυλολιπιδίων) εστέρων λιπαρών οξέων και μη πολυμερισμένων υδρογονανθράκων με πολύ υδρόφοβο χαρακτήρα. Τα πιο συνηθισμένα συστατικά του κηρού είναι ευθύγραμμες αλυσίδες αλκανίων και αλκοολών με 25 έως 35 άτομα και εστέρες λιπαρών οξέων των οποίων οι αλυσίδες είναι επιμήκεις και περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό ατόμων άνθρακα, καθώς και μη πολυμερισμένων υδρογονανθράκων. Το εξαιρετικά υδρόφοβο στρώμα των κηρών συνήθως περιλαμβάνει λιπόφιλα συστατικά με αμυντικό προορισμό, όπως στερόλες και μεθυλιωμένα φλαβονοειδή. Απαντώνται επίσης επιμήκεις αλυσίδες αλδεϋδών, κετονών, εστέρων και ελευθέρων λιπαρών οξέων.

Το **κυτταρικό τοίχωμα** των φυτών συγκροτείται από δύο φάσεις. Μία μικροϊνδιακή (κρυσταλλική) φάση προσηλωμένη σε μια περισσότερο άμορφη και μια μη κρυσταλλική βλενωδή φάση (matrix). Η κρυσταλλική φάση αποτελείται από κυτταρίνη ή ξυλάνη, στην οποία οι μεμονωμένες πολυσακχαριτικές αλυσίδες που συγκροτούν τα μικροϊνίδια είναι ευθύγραμμες και σε στενούς δεσμούς μεταξύ τους κατασκευάζοντας κρυσταλλική δομή. Η μη κρυσταλλική φάση αποτελείται από ημικυτταρίνες, πηκτίνες και δομικές γλυκοπρωτεΐνες.

Οι ημικυτταρίνες είναι εύκαμπτοι πολυσακχαρίτες που πρέπει να σχηματίζουν «σχοινιά» που συνδέουν μικροϊνίδια κυτταρίνης, σε ένα συνεκτικό δίκτυο ή δρουν ως ένα ολισθηρό περίβλημα για να εμποδίζουν την άμεση επαφή μικροϊνιδίου προς μικροϊνίδιο. Οι πηκτίνες σχηματίζουν μια φάση πηκτής, στην οποία είναι προσηλωμένο το δίκτυο κυτταρίνης-ημικυτταρίνης. Αυτές δρουν ως υδρόφιλο

γέμισμα και εμποδίσουν τη σύζευξη και κατάρρευση του δικτύου της κυτταρίνης, ενώ καθορίζουν την πορώδη υφή του κυτταρικού τοιχώματος (Τσέκος 2003).

Στα πρωτογενή κυτταρικά τοιχώματα, τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης, προσηλώνονται σε μια υψηλώς ενυδατωμένη άμορφη φάση (matrix), η οποία αποτελείται πιθανόν από 75 έως 80% από νερό. Η απομάκρυνση νερού καθιστά το τοίχωμα πιο δύσκαμπτο και λιγότερο εκτατό. Αυτή η δυσκαμψία που προκαλείται σε συνθήκες αφυδάτωσης, θα πρέπει να παίζει ένα ρόλο στην αναστολή της αύξησης από την έλλειψη ύδατος. (Τσέκος 2003).

Ένα συστατικό στοιχείο του κυτταρικού τοιχώματος που απαντάται σε πολλές θέσεις σε όλο το φυτικό σώμα είναι η σουβερίνη, που είναι ένας λιπιδικός πολυεστέρας.

Ειδικότερα, η σουβερίνη αποτελεί ένα δικτυωτό πολυμερές οξυγονωμένων λιπαρών οξέων με περισσότερα από 18 άτομα άνθρακα τα οποία σχηματίζουν μίγματα διαφορετικών αναλογιών και συνδέονται μεταξύ τους με εστερικούς δεσμούς. Στο σχηματισμό του πολυμερούς της σουβερίνης συμμετέχουν και δικαρθοξυλικά οξέα. Επιπρόσθετα, η σουβερίνη έχει ένα σχετικά υψηλό περιεχόμενο σε φαινολικές ενώσεις (όπως p-κουμαρικό οξύ). Αποτελεί το κύριο συστατικό των εξωτερικών κυτταρικών τοιχωμάτων όλων των υπογείων οργάνων και συζεύγνυται με τα κύτταρα του φελλού του περιδέρματος, που σχηματίζει τον εξωτερικό δευτερογενή φλοιό (bark) των βλαστών και ριζών κατά τη διάρκεια της δευτερογενούς αύξησης των ξυλωδών φυτών. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία της στην λωρίδα Caspari της ενδοδερμίδας της ρίζας, η οποία σχηματίζει ένα φράγμα ανάμεσα στον αποπλάστη του φλοιού και στη στήλη. Η σουβερίνη σχηματίζεται επίσης στις θέσεις της αποκοπής των φύλλων και σε περιοχές που υπέστησαν βλάβες από ασθένειες ή τραυματισμούς. Ακόμα απαντάται να περιβάλλει επίσης τα κύτταρα του περιδεσμικού κολεού στα C<sub>4</sub> φυτά. Η λειτουργία σε αυτήν την περίπτωση πιθανόν συνίσταται στο να εμποδίσει τη διάχυση του CO<sub>2</sub> το οποίο παράγεται από τις αντιδράσεις αποκαρβοξυλίωσης, έξω από τα κύτταρα του περιδεσμικού κολεού.

Επιπλέον, ένα συστατικό στοιχείο του κυτταρικού τοιχώματος, το οποίο απαντάται σε υψηλή περιεκτικότητα στα φυτά είναι η λιγνίνη, η οποία αποτελεί ένα πολυμερές των ομάδων του φαινυλοπροπανοειδούς. Η λιγνίνη γενικά σχηματίζεται από τρεις διάφορες φαινυλοπροπανοειδείς αλκοόλες, την κωνιφερόλη, την κουμαρόλη και την σιναπυλική αλκοόλη. Οι φαινυλοπροπανοειδείς αλκοόλες συνενώνονται σε ένα πολυμερές διαμέσου της δράσεως ενζύμων που παράγουν ελεύθερες ρίζες ενδιάμεσων ενώσεων. Υπάρχουν συχνά πολλαπλοί δεσμοί C-C και C-O-C σε κάθε



μονάδα προπανοειδούς αλκοόλης στη λιγνίνη, που οδηγούν στο σχηματισμό μιας σύμπλοκης δομής, η οποία διακλαδίζεται σε τρεις διαστάσεις. Στην πολυπλοκότητα προστίθεται το γεγονός ότι οι αναλογίες των τριών μονάδων των μονομερών στη λιγνίνη ποικίλουν ανάμεσα στα στρώματα ενός μεμονωμένου κυτταρικού τοιχώματος.

Η λιγνίνη απαντάνται στα κυτταρικά τοιχώματα διαφόρων τύπων στηρικτικού και αγωγού ιστού και συγκεκριμένα στις τραχείδες και τα αγγειώδη στοιχεία του ξυλώματος. Αυτή αποτίθεται κυρίως στα παχιά δευτερογενή τοιχώματα, αλλά δύναται να εμφανισθεί επίσης στο πρωτογενές τοίχωμα και τη μέση πλάκα σε στενή επαφή με τις κυτταρίνες και ημικυτταρίνες που ήδη είναι παρούσες. Η μηχανική δυσκαμψία των ενισχυμένων με λιγνίνη κορμών και αγωγού ιστού επιτρέπει από τη μια μεριά την προς τα άνω αύξηση και από την άλλη τη μεταφορά του νερού και των ανόργανων αλάτων διαμέσου του ξυλώματος κάτω από αρνητική πίεση χωρίς την κατάρρευση των ιστών. Επειδή η λιγνίνη είναι ένα τέτοιο συστατικό-κλειδί του ιστού που μεταφέρει το νερό, η ικανότητα να κατασκευάζεται λιγνίνη θα πρέπει να είναι μια από τις πιο σημαντικές προσαρμογές που επέτρεψαν στα αρχέγονα φυτά να εποικίσουν την ξερή στεριά.

Παράλληλα με την εξασφάλιση μηχανικής στήριξης, η λιγνίνη έχει σημαντικές προστατευτικές λειτουργίες στα φυτά. Η φυσική της σκληρότητα εμποδίζει τη βορά από τα ζώα ενώ η χημική της σταθερότητα την καθιστά πολύ δύσπεπτη από τα φυτοφάγα ζώα. Συνδεδεμένη με την κυτταρίνη και τις πρωτεΐνες, η λιγνίνη καθιστά και τις ουσίες αυτές δύσπεπτες. Η αποξύλωση εμποδίζει την αύξηση των παθογόνων μικροοργανισμών και είναι μια συχνή απόκριση στη μόλυνση ή τον τραυματισμό. (Τσέκος, 2003).

## **1.6 Ανατομικά χαρακτηριστικά ώριμου και μη ώριμου περιδέρματος των κονδύλων της πατάτας.**

Η επιδερμίδα των ανώριμων κονδύλων είναι αρκετά λεπτή και εύθραυστη και κατά συνέπεια ευπαθής σε τραυματισμούς τόσο κατά την συγκομιδή όσο και κατά τη διάρκεια των μετασυλλεκτικών μεταχειρίσεων. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα επιζήμιο για τον παραγωγό για το λόγο αυτό η ωρίμανση της επιδερμίδας

των κονδύλων αποτελεί μια αναγκαία πρακτική στην καλλιέργεια της πατάτας (Lulai and Orr, 1993).

Η μορφολογία των κυττάρων του περιδέρματος των μη ώριμων κονδύλων διαφέρει από αυτήν των κονδύλων των οποίων το περίδερμα έχει ωριμάσει. Στη διαπίστωση αυτή κατέληξαν οι Lulai και Freeman (2001) μετά από μικροσκοπικές παρατηρήσεις και ιστοχημικές αναλύσεις σε δείγματα κονδύλων με ώριμο και με μη ώριμο περίδερμα. Η ωρίμανση του περιδέρματος επιτεύχθηκε με την αποθήκευση των κονδύλων, αμέσως μετά τη συγκομιδή, στους 9 °C για δύο μήνες.

Προκειμένου να διακριθούν τα όρια κάθε ιστού του περιδέρματος, στο δείγμα εφαρμόστηκε η χρωστική Neutral Red και η παρατήρηση έγινε με το μικροσκόπιο φθορισμού.

Τα σουβερinoποιημένα κυτταρικά τοιχώματα του φελλού φθορίζουν έντονα κίτρινα, ενώ η χρώση των κυτταρικών τοιχωμάτων των κατώτερων ιστών (φελλογόνο, φελλόδερμα) είναι αρνητική.

Η ιστοχημική αυτή μέθοδος εφαρμόστηκε και στις δύο περιπτώσεις δειγμάτων, δηλαδή σε τομές από το περίδερμα των μη ώριμων κονδύλων και σε τομές από το περίδερμα ώριμων κονδύλων. Στην πρώτη περίπτωση δείγματος, ο φελλός φαίνεται να διαχωρίζεται από τους κατώτερους ιστούς του περιδέρματος. Κατά την παρατήρηση του διαχωρισμού αυτού σε μεγαλύτερη μεγέθυνση, φαίνεται μαζί με τα κύτταρα του φελλού να αποκολλάται και μια στρώση κυττάρων του φελλογόνου. Επίσης, στην ίδια μεγέθυνση τα κύτταρα του φελλογόνου εμφανίζονται καταπονημένα και με πολύ εύθραυστα κυτταρικά τοιχώματα. Το γεγονός ότι τα κύτταρα αυτά φθορίζουν πολύ αμυδρά υποδηλώνει ότι δεν εναποτίθεται στα τοιχώματά τους σουβερίνη, λιγνίνη ή κάποιο άλλο φαινολικό συστατικό.

Στη δεύτερη περίπτωση δείγματος (ώριμο περίδερμα) δεν φαίνεται να συμβαίνει διαχωρισμός μεταξύ του φελλού και του φελλοδέρματος. Επιπλέον, τα κυτταρικά τοιχώματα του φελλογόνου φαίνονται να είναι σκληρά και ανθεκτικά σε πιθανή καταπόνηση χωρίς ωστόσο να εναποτίθεται σε αυτά σουβερίνη ή λιγνίνη, όπως και στην περίπτωση του ανώριμου περιδέρματος.

Κατά την παρατήρηση των ιστών μη ώριμου και ώριμου περιδέρματος κονδύλων πατάτας με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης προέκυψαν τα εξής:

Τα κυτταρικά τοιχώματα στην περιοχή του φελλογόνου του ώριμου περιδέρματος εμφανίζονται πολύ παχιά σε αντίθεση με τα αντίστοιχα τοιχώματα του μη ώριμου περιδέρματος. Επιπλέον, στα τοιχώματα του φελλογόνου του ώριμου περιδέρματος

διακρίνονται πλασμοδέσμες χωρίς ωστόσο να διακρίνονται στα τοιχώματα του μη ώριμου περιδέρματος. Οι πλασμοδέσμες χαρακτηρίζονται ως δευτερογενείς για το λόγο ότι απαντούν σε ώριμα κυτταρικά τοιχώματα.

Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές προκύπτει το συμπέρασμα ότι κόνδυλοι των οποίων το περιδέρμα είναι ώριμο εμφανίζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε μηχανικές καταπονήσεις σε σχέση με κονδύλους των οποίων το περιδέρμα είναι ανώριμο. Η ανθεκτικότητα αυτή σχετίζεται με την πάχυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων στην περιοχή του φελλογόνου του ώριμου περιδέρματος (Lulai and Freeman, 2001).

## **1.7 Πλασμοδέσμες**

### **1.7.1 Προέλευση και ποικιλομορφία**

Η επικοινωνία και η ανταλλαγή ουσιών ανάμεσα στους πρωτοπλάστες γειτονικών κυττάρων των πολυκύτταρων φυτών δυσχεραίνεται σημαντικά λόγω της παρουσίας του κυτταρικού τοιχώματος. Τα φυτά, αντιμετωπίζοντας την αδυναμία αυτή, έχουν αναπτύξει και αξιοποιήσει αποτελεσματικά μια εναλλακτική δομή, τις πλασμοδέσμες. **Πλασμοδέσμες** (plasmodesmata) είναι λεπτές, σωληνοειδείς, κυτοπλασματικές ίνες που συνδέουν τους πρωτοπλάστες γειτονικών κυττάρων, διερχόμενες μέσα από λεπτούς πόρους ή διαύλους του κυτταρικού τοιχώματος. Λειτουργικά, οι πλασμοδέσμες θεωρούνται ανάλογες δομές προς τους **χασμοσυνδέσμους** (gap junctions) των ζωικών κυττάρων, δομικά όμως είναι διαφορετικές κατασκευές. Από αναπτυξιακή άποψη, οι πλασμοδέσμες διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Οι **πρωτογενείς πλασμοδέσμες** σχηματίζονται κατά την κυτοκίνηση, όταν ασκίδια ΕΔ (ενδοπλασματικού δικτύου) παρεμβάλλονται ανάμεσα στα κυστίδια της κυτταρικής πλάκας και τα παρεμποδίζουν να ενωθούν σε μια αδιάκοπη δομή. Με την αύξηση και πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος και τροποποίηση του ΕΔ οι θέσεις αυτές μετατρέπονται σε πλασμοδέσμες.

Οι **δευτερογενείς πλασμοδέσμες** σχηματίζονται σε ώριμα κυτταρικά τοιχώματα μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξής τους. Απαντώνται μεταξύ των μητρικών κυττάρων των γυρεοκόκκων, καμβιακών κυττάρων, χιμαιρικών κυττάρων, στις εντεριόνιες ακτίνες, ανάμεσα στο παράσιτο και τον ξενιστή, στο εμβόλιο και το υποκείμενο σε εμβολιασμούς των φυτών κ.λ.π.

Ο σχηματισμός των δευτερογενών πλασμοδεσμών αρχίζει με παροδικές σταθεροποιήσεις του ΕΔ με την πλασματική μεμβράνη, ενζυμική απομάκρυνση του τοιχωματικού υλικού και λέπτυνση του υπάρχοντος τοιχώματος. Η πολύ χαλαρή δομή του επιτρέπει στις μεμβράνες των γειτονικών κυττάρων να έλθουν σ' επαφή και να ενωθούν μεταξύ τους. Συνδέονται πάντοτε πλασματική μεμβράνη με πλασματική μεμβράνη και ΕΔ με ΕΔ, ποτέ πλασματική μεμβράνη με ΕΔ. Ακολουθεί απόθεση νέου υλικού τοιχώματος, που εγκλωβίζει τμήματα του ΕΔ μέσα στο τοίχωμα. Βαθμιαία το κυτταρικό τοίχωμα ανακτά το αρχικό του πάχος, αλλά διακόπτεται από τις πλασμοδέσμες. Για τον επιτυχή σχηματισμό ολοκληρωμένων πλασμοδεσμών απαιτείται η ταυτόχρονη και στην ίδια θέση απόκριση των δύο γειτονικών κυττάρων. Διαφορετικά σχηματίζονται ατελείς ή μισές πλασμοδέσμες.

Οι πλασμοδέσμες στους διάφορους κυτταρικούς τύπους, ακόμα και του ίδιου φυτού, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μορφής. Η ποικιλομορφία προκαλείται από διαφορές στο μήκος και τη διάμετρο, τη διεύρυνση στο κέντρο του τοιχώματος ή όχι, τη διακλάδωση στη μια ή και στις δύο πλευρές κ.λ.π. Η λειτουργική σημασία της μορφολογικής ποικιλότητας δεν είναι γνωστή.

### **1.7.2 Συχνότητα εμφάνισης και κατανομή πλασμοδεσμών**

Οι πλασμοδέσμες συναντώνται σε όλα τα ζωντανά κύτταρα των ανώτερων φυτών. Η συχνότητα εμφάνισής τους κυμαίνεται ευρύτατα από 0,1-20 πλασμοδέσμες ανά  $\mu\text{m}^2$  κυτταρικού τοιχώματος, αν και εξαιρέσεις υπάρχουν και προς τα δυο άκρα. Οι πλασμοδέσμες δεν εμφανίζονται με την ίδια συχνότητα στα διάφορα τοιχώματα ενός κυττάρου. Η ανισομερής κατανομή είναι ενδεικτική της κατεύθυνσης ή των θέσεων όπου υπάρχει ενισχυμένη μεταφορά ουσιών δια των πλασμοδεσμών.

Διαφορές παρατηρούνται επίσης και ως προς τον τρόπο κατανομής των πλασμοδεσμών. Σε ορισμένα τοιχώματα απαντώνται ομοιόμορφα ή τυχαία σε ολόκληρο το τοίχωμα ενώ σε άλλα συγκεντρώνονται σε βοθηρικά πεδία. Η πυκνότητα των πλασμοδεσμών μέσα στα βοθηρικά πεδία είναι πολύ μεγάλη, της τάξης  $50/\mu\text{m}^2$  αναφορικά όμως προς ολόκληρο το τοίχωμα είναι ανάλογη προς τα τοιχώματα με τυχαία κατανομή (περίπου  $15/\mu\text{m}^2$ ). (Ελευθερίου 2007).

## 1.8 Χημική σύσταση κονδύλων πατάτας

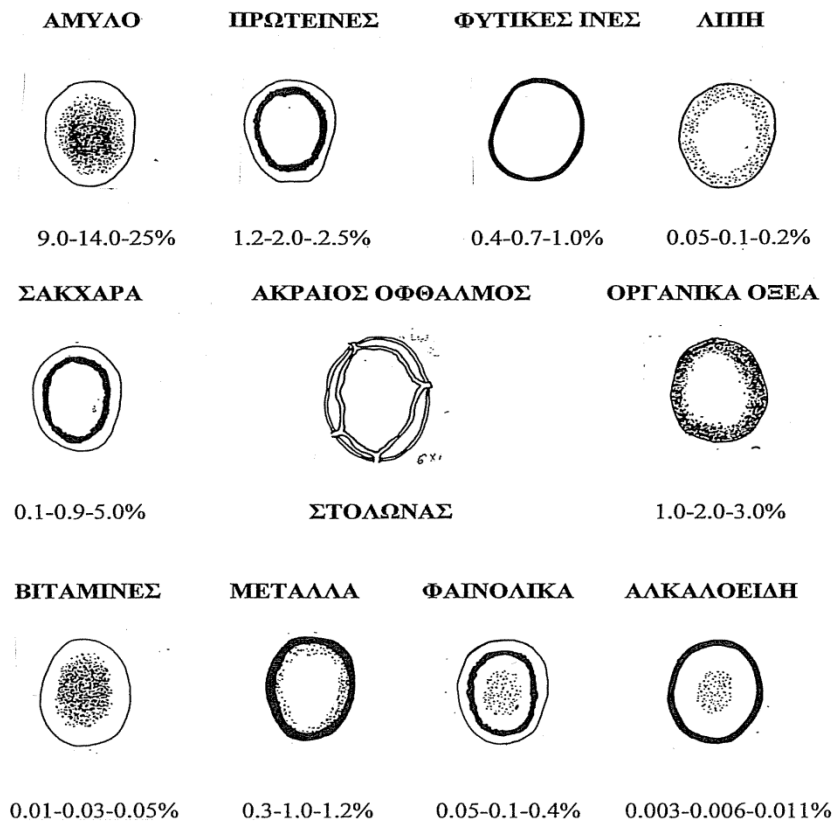
Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των συστατικών των κονδύλων της πατάτας αποτελεί μια σημαντική πληροφορία που καθορίζει τις συνθήκες αποθήκευσης αλλά και τις μεθόδους επεξεργασίας της. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση των σακχάρων αποτελεί βασική παράμετρο που λαμβάνεται υπόψη κατά την παρασκευή των chips. Επιπλέον, για τον καταναλωτή είναι χρήσιμο να γνωρίζει το είδος και την περιεκτικότητα των θρεπτικών συστατικών που λαμβάνει κατά την κατανάλωση προϊόντων πατάτας.

Η χημική σύσταση των κονδύλων πατάτας ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία, τις συνθήκες ανάπτυξης, τον τύπο του εδάφους, την λίπανση που χρησιμοποιείται, τον βαθμό ωρίμανσης. Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται τα επίπεδα που κυμαίνονται οι συγκεντρώσεις των συστατικών των κονδύλων :

<b>ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ</b>	<b>Painter και Burton(1966) Augustin (1976)</b>	<b>ΕΥΡΟΣ</b>	<b>ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ</b>
Ξηρή ουσία (%)	22.48		
Φυτικές ίνες (%)	1.08	1-10	2-4
Άμυλο (%)	74.24	60-80	70
Αναγωγικά σάκχαρα(%)	0.55	0.25-3*	0.5-2*
Συνολικά σάκχαρα(%)	1.28		
Συνολικό άζωτο (%)	1.16	1-2	1-2
Αμίδια (%)	4.09		
Ασκορβικό οξύ (mg//100gr)	92.8		
Θειαμίνη (mg//100gr)	0.73		
Νιασίνη (mg//100gr)	10.08		
Ριβοφλαβίνη(mg//100gr)	0.118		
Τέφρα (%)	4.20	4-6	4-6
Ασβέστιο (%)	0.019		
Μαγνήσιο	0.084		
Κάλιο (%)	1.47		
Χαλκός (%)	0.022		
Σίδηρος (ppm)	15.70		
Νάτριο (ppm)	1.30		
Κιτρικό οξύ (%)		0.5-7	2
Πρωτεϊνικό άζωτο (%)		0.5-1	0.5-1
Λίπη (%)		0.1-1	0.3-0.5
Σουκρόζη (%)		0.25-1.5*	0.5-1.0*

Τα χημικά συστατικά παρουσιάζουν ανομοιογενή κατανομή μέσα στον κόνδυλο. Για παράδειγμα, η μεγαλύτερη ποσότητα σολανίνης συσσωρεύεται γύρω από την περιοχή των οφθαλμών, ενώ αντίθετα το ένζυμο φαινόλαση εντοπίζεται σε όλους τους ιστούς του κονδύλου ( Harris, 1992).

Η κατανομή των κυριότερων χημικών συστατικών μέσα στον κόνδυλο φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:



*Διάγραμμα 1:* Κατανομή των χημικών συστατικών στον κόνδυλο (% ναπού βάρους)  
(van Loon and Muller, 1984)

Επίσης, στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρεται η διαβάθμιση της συγκέντρωσης ορισμένων από τα συστατικά των κονδύλων στην περιοχή μεταξύ του ακραίου οφθαλμού και του σχηματιζόμενου στόλωνα:

Συστατικά	Ζώνες κονδύλου (Reeve et.al. 1969)			
	Περιοχή οφθαλμών	Ακραίος οφθαλμός	Μεσαία ζώνη	Σχηματιζόμενος στόλωνα
Χλωρογενικό οξύ	+	+	++	++
Τοροσίνη		+	++	+++
Ασκορβικό οξύ	+	+	++	+++
Κιτρικό οξύ		+++	++	+
Οξέα		+	++	++
Σίδηρος	++	+	++	+++
Φώσφορος		+++	++	+
Κάλιο		+++	++	+
Σολανίνη	+++	++	+	+

+ = χαμηλή συγκέντρωση, ++ = μεσαία συγκέντρωση, +++ = υψηλή συγκέντρωση

### 1.8.1 Ξηρή μάζα

Το 25% περίπου του κονδύλου αποτελεί την ξηρή βάση ενώ τα υπόλοιπα 3/4 είναι νερό. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος της ξηρής μάζας σε γραμμάρια:

Συστατικό	Μέσος όρος (g)
Άμυλο	75.30
Ολικά σάκχαρα	2.10
Ακατέργαστες Ίνες	2.32
Πρωτεΐνες	7.94
Λιπίδια	0.50
Τέφρα	4.41

Όπως αναφέρεται και στον παραπάνω πίνακα το 60-80% της ξηρής ουσίας του κονδύλου αποτελείται από άμυλο. Συνεπώς υπάρχει στενή συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας του κονδύλου σε άμυλο και της περιεκτικότητάς του σε ξηρά ουσία. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ποσοστό της ξηρής μάζας του κονδύλου είναι η ποικιλία, το στάδιο ωρίμανσης, η θερμοκρασία του εδάφους καθώς επίσης και το είδος της λίπανσης που εφαρμόζεται.



Το ποσοστό της ξηρής ουσίας αποτελεί χαρακτηριστικό ποιότητας κονδύλων που προορίζονται για την παρασκευή τηγανητών ή αφυδατωμένων προϊόντων . Ειδικότερα, κόνδυλοι με υψηλό ποσοστό ξηρής μάζας προορίζονται κυρίως για την παραγωγή αφυδατωμένων προϊόντων.

Επιπλέον, υπάρχει συσχέτιση του ποσοστού ξηρής μάζας και της ευπάθειας των κονδύλων σε τραυματισμούς (παραδείγματα χάριν μαύρες βούλες) κατά την αποθήκευσή τους. Πιο συγκεκριμένα, κόνδυλοι με υψηλό ποσοστό ξηρής ουσίας δεν τραυματίζονται εύκολα κατά την συγκομιδή, μεταφορά και αποθήκευσή τους.

Μετά από ένα μήνα αποθήκευσης, με ρυθμό αναπνοής  $3 \text{ ml kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  οι κόνδυλοι χάνουν το 0,3% του ξηρού βάρους τους ενώ ταυτόχρονα κερδίζουν 0,15% στο βάρος τους με τη μορφή νερού το οποίο παράγεται κατά την αναπνοή (Harris, 1992).

### **1.8.2. Άμυλο**

Το άμυλο αποτελεί την κύρια αποθησαυριστική μορφή του άνθρακα, στα περισσότερα φυτικά είδη και διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, το παροδικό και το μόνιμο. Το παροδικό συντίθεται κατά κύριο λόγο στα φωτοσυνθετικά ενεργά φύλλα και θεωρείται ότι υδρολύεται και μετακινείται από αυτά, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των ετερότροφων ιστών. Το μόνιμο άμυλο απαντάται στους ετερότροφους ιστούς, όπως είναι οι ρίζες, οι κόνδυλοι, οι καρποί. Το μόνιμο άμυλο αποτελείται από δύο συστατικά, την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη, ενώ το παροδικό μόνο από την αμυλοπηκτίνη. Οι δύο τύποι πολυσακχαριτών, η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη, είναι οργανωμένες σε μια τριδιάστατη ημικρυσταλλική δομή, τον αμυλόκοκκο. Το άμυλο συντίθεται στα πλαστίδια και ειδικότερα στους αμυλοπλάστες και στους χλωροπλάστες (Neuhaus and Emes 2000).

Η αμυλόζη είναι ένας γραμμικός πολυσακχαρίτης μοριακού βάρους 105-106 KD. Αποτελείται από 100 μέχρι 2000 μόρια α-D-γλυκόζης που συνδέονται μεταξύ τους με α-(1,4) γλυκοζιτικούς δεσμούς σε μακρομόρια χωρίς διακλαδώσεις. Η αμυλοπηκτίνη είναι ένας διακλαδιζόμενος πολυσακχαρίτης μοριακού βάρους μεγαλύτερου των 300 KD. Αποτελείται από μόρια α-D-γλυκόζης τα οποία ενώνονται με γλυκοζιτικούς δεσμούς α-(1,4) σε βραχείες αλυσίδες με μικρό βαθμό πολυμερισμού. Οι τελευταίες ενώνονται με πλευρικές αλυσίδες με α-(1,6) γλυκοζιτικούς δεσμούς που κατευθύνονται προς το εσωτερικό του μορίου. Στο μόριο της αμυλοπηκτίνης ο

μεγαλύτερος αριθμός μορίων α-D-γλυκόζης είναι ενωμένος με δεσμούς 1-4, ενώ οι δεσμοί 1-6 περιορίζονται στα σημεία διακλαδώσεων (Δροσόπουλος 1998).

Στους κονδύλους της πατάτας η αμυλόζη αποτελεί το 20-25% του συνολικού αμύλου, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό της αμυλοπηκτίνης είναι 75-80%. Η αναλογία μεταξύ γραμμικών και διακλαδιζόμενων μορίων του αμύλου αποτελεί παράμετρο που προσδιορίζει τον τρόπο μαγειρικής των κονδύλων καθώς επίσης και τις συνθήκες αποθήκευσής τους. (Smith and Martin 1993).

### **1.8.3. Σάκχαρα**

Τα πιο συνήθη σάκχαρα που εντοπίζονται στους κονδύλους της πατάτας είναι ο δισακχαρίτης σακχαρόζη (μη αναγωγικό σάκχαρο) και οι μονοσακχαρίτες γλυκόζη και φρουκτόζη (αναγωγικά σάκχαρα) (Harris 1992).

Η σακχαρόζη αποτελεί την κύρια μορφή μεταφερόμενου υδατάνθρακα από τα φύλλα σε όλα τα μέρη του φυτού για άμεση μεταβολική χρήση ή για σύνθεση αμύλου.

Στα αποθηκευτικά όργανα του φυτού όπως είναι ο κόνδυλος της πατάτας, η σακχαρόζη υδρολύεται από το ένζυμο συνθετάση της σακχαρόζης και η αντίδραση είναι αντιστρεπτή. (Δροσόπουλος, 1998).

Η συγκέντρωση των αναγωγικών σακχάρων στον κόνδυλο της πατάτας εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία, το στάδιο ωρίμανσης και τις συνθήκες αποθήκευσης.

Η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει σημαντικά την συσσώρευση των αναγωγικών σακχάρων. Ειδικότερα, κόνδυλοι μιας συγκεκριμένης ποικιλίας πατάτας όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 7° C και 10° C η συγκέντρωση των αναγωγικών σακχάρων είναι μικρότερη από την αντίστοιχη συγκέντρωση κονδύλων που αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 2° C και 4° C.

Γενικά, κατά την αποθήκευση βασικών κονδύλων μιας συγκεκριμένης ποικιλίας πατάτας σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10° C παρατηρείται αυξημένη συσσώρευση τόσο των αναγωγικών σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη) όσο και των μη αναγωγικών (σακχαρόζη).

Στην περίπτωση αποθήκευσης των κονδύλων σε υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 25°C και 36°C η συγκέντρωση των σακχάρων αυξάνεται, όπως στην περίπτωση αποθήκευσης στις χαμηλές θερμοκρασίες, με τη διαφορά ότι η αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων στις υψηλές θερμοκρασίες είναι μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη αύξηση στις χαμηλές θερμοκρασίες.

Επιπλέον, ένας από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την συσσώρευση σακχάρων στον κόνδυλο κατά την διάρκεια αποθήκευσης είναι η ποικιλία.

Σύμφωνα με τον Sowokinos (1973), το ποσοστό μεταβολής της συγκέντρωσης των υδατανθράκων κονδύλων κατά την αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες σχετίζεται άμεσα με την συγκέντρωση υδατανθράκων που έχουν οι κόνδυλοι τις πρώτες ημέρες αποθήκευσής τους.

Τέλος, τα επίπεδα συγκέντρωσης τόσο των αναγωγικών όσο και των μη αναγωγικών σακχάρων την στιγμή της συγκομιδής καθορίζονται από το στάδιο ωρίμανσης των κονδύλων. Φυσιολογικά, οι μη ώριμοι κόνδυλοι εμφανίζουν μεγαλύτερη συσσώρευση σακχάρων, αναγωγικών και μη, σε σχέση με τους ώριμους.

Κατά τον Wiese (1975) το ποσοστό των σακχάρων στους κονδύλους της πατάτας εξαρτάται από το μέγεθός τους. Οι μεγάλοι κόνδυλοι έχουν μικρά ποσοστά αναγωγικών σακχάρων και αντιστρόφως. Αυτό εξαρτάται άμεσα και από την ξηρή μάζα του κονδύλου. Απ'την άλλη, μεγάλοι κόνδυλοι έχουν υψηλότερα ποσοστά μη αναγωγικών σακχάρων σε σχέση με τους μικρότερους κονδύλους ( Harris, 1992).

#### **1.8.4 Γλυκοαλκαλοειδή πατάτας**

Τα γλυκοαλκαλοειδή έχουν ανιχνευθεί σε πλήθος φρούτων και λαχανικών, όπως για παράδειγμα στα μήλα, στα κεράσια, στα παντζάρια, στις πιπεριές, υψηλές ωστόσο συγκεντρώσεις των χημικών αυτών ουσιών έχουν εντοπιστεί στους κονδύλους της πατάτας, οι οποίοι αποτελούν καθημερινό είδος διατροφής για εκατομμύρια ανθρώπους ανά τον κόσμο.

Τα γλυκοαλκαλοειδή που απαντώνται στους κονδύλους της πατάτας είναι η ασολανίνη και η  $\alpha$ -χακονίνη, καθεμία από τις οποίες αποτελείται από ένα μη πολικό λιπόφιλο στεροειδές μόριο. Η τοξικότητα των αλκαλοειδών αυτών προσδιορίζεται από τον αριθμό και από την στερεοχημική διάταξη των σακχάρων που εμπεριέχονται στο μόριό τους. Πιο συγκεκριμένα, η  $\alpha$ -στερεοχημική διάταξη είναι περισσότερο τοξική από την  $\beta$ , η οποία και αυτή κατ' ακολουθία είναι περισσότερο τοξική από την  $\gamma$  διάταξη.

Μετά από πειράματα σε ζώα αποδείχθηκε ότι το πλέον τοξικό αλκαλοειδές των κονδύλων της πατάτας είναι η χακονίνη η οποία έχει την ιδιότητα να αναστέλλει τη

δράση συγκεκριμένων ενζύμων, όμως για παράδειγμα είναι η ακετιλοχολινεστεράση, προκαλώντας τερατογενέσεις

Οι συνθήκες που επικρατούν κατά την ανάπτυξη του φυτού της πατάτας όσο και κατά την αποθήκευση των κονδύλων μπορεί να συμβάλλουν στη συσσώρευση αυξημένων ποσοτήτων γλυκοαλκαλοειδών σε επίπεδα που να είναι τοξικά.

Πιο συγκεκριμένα, υψηλές συγκεντρώσεις γλυκοαλκαλοειδών ανιχνεύθηκαν σε κονδύλους τραυματισμένους καθώς επίσης και σε κονδύλους οι οποίοι κατά την αποθήκευσή τους είχαν εκτεθεί σε φως.

Η κατανάλωση από τον άνθρωπο κονδύλων πατάτας που περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις γλυκοαλκαλοειδών προκαλεί νευρολογικές διαταραχές, πυρετό, χαμηλή πίεση αίματος.

Στα κτηνοτροφικά ζώα η κατανάλωση κονδύλων με υψηλής συγκέντρωση γλυκοαλκαλοειδών επιφέρει τον θάνατο. Σε χαμηλότερες δόσεις τα γλυκοαλκαλοειδή προκαλούν στον άνθρωπο γαστρεντερικές διαταραχές όπως εμετό, διάρροια. Η συγκέντρωση των γλυκοαλκαλοειδών στους κονδύλους πατάτας που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση έχει προσδιοριστεί ότι είναι 200 mg/kg. Η περιεκτικότητα αυτή έχει οριστεί ως το ανώτερο επιτρεπτό όριο που διασφαλίζει την ανθρώπινη υγεία.

Εκτός από τις επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία, παρενέργειες που προκαλούν τα γλυκοαλκαλοειδή έχει αποδειχθεί ότι οι ουσίες αυτές έχουν αντικαρκινική δράση. Πιο συγκεκριμένα το αλκαλοειδές σολαμαργίνη που απομονώθηκε από το είδος *Solanum incanum* χρησιμοποιήθηκε σαν φυσικό αντιβιοτικό στη θεραπεία καρκινικών κυττάρων του ανθρώπινου ήπατος. Αποδείχθηκε ότι κατά την εφαρμογή του φυσικού αυτού αντιβιοτικού τα καρκινικά κύτταρα εισήλθαν στη διαδικασία απόπτωσης. Παρόμοια δράση αποδείχθηκε ότι έχουν τα γλυκοαλκαλοειδή σολασονίνη και σολασοδίνη που απομονώθηκαν από τα είδη *Solanum crinitum* και *Solanum jabrense* αντίστοιχα. *In vitro* πειράματα έδειξαν ότι η εφαρμογή των φυσικών αυτών προϊόντων παρεμποδίζει την περαιτέρω αύξηση των λευκών αιμοσφαιρίων ασθενών που έπασχαν από λευχαιμία (Yaroslav I. Korpan,"et.al" 2004).

## 1.9. Απαιτήσεις σε κλίμα

Η πατάτα είναι φυτό ψυχρής εποχής. Οι άριστες μέσες θερμοκρασίες αέρα για μέγιστη παραγωγή κυμαίνονται μεταξύ 16<sup>o</sup>-21 °C. Είναι φυτό το οποίο ευνοείται από αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία, ενώ προσβάλλεται εύκολα από παγετούς. Ωστόσο σε θερμές περιοχές η εμφάνιση των συμπτωμάτων εκφυλισμού είναι περισσότερο έντονη απ' ό,τι είναι στις ψυχρές περιοχές στις οποίες η μετάδοση των ιώσεων είναι σχετικά περιορισμένη.

Στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού της πατάτας σημαντικό ρόλο παίζουν η θερμοκρασία εδάφους και αέρα καθώς και η φωτοπερίοδος.

Ειδικότερα κατά το στάδιο του φυτρώματος και της αρχικής ανάπτυξης οι χαμηλές θερμοκρασίες καθυστερούν σημαντικά την εμφάνιση και ανάπτυξη των βλαστών. Για παράδειγμα σε θερμοκρασία εδάφους 12 °C απαιτούνται 30-35 ημέρες μετά τη φύτευση για πλήρη βλάστηση. Σε αυτό το στάδιο ανάπτυξης η άριστη θερμοκρασία είναι 22 °C. Υψηλότερες θερμοκρασίες εμποδίζουν τη βλάστηση.

Στο στάδιο της κονδυλοποίησης σημαντικό ρόλο παίζουν η θερμοκρασία αέρα και εδάφους αλλά και το μήκος της ημέρας. Πιο συγκεκριμένα αν η θερμοκρασία εδάφους είναι πάνω από 20 °C η κονδυλοποίηση περιορίζεται σημαντικά και σταματάει τελείως επάνω από τους 29 °C. Πειράματα έδειξαν ότι θερμοκρασίες εδάφους 16 °C κατά τη νύχτα και 18 °C κατά την ημέρα έδωσαν την πιο υψηλή παραγωγή και στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άμυλο. Πιο υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν την εμφάνιση εξογκωμάτων στους κονδύλους. Η άριστη θερμοκρασία νύχτας για κονδυλοποίηση είναι αυτή των 12 °C. Ως προς την φωτοπερίοδο, μήκος ημέρας 12 περίπου ωρών είναι ευνοϊκό για την κονδυλοποίηση του φυτού. Παρολαυτά, κάτω από συνθήκες μακράς ημέρας λαμβάνει χώρα κονδυλοποίηση, όταν η νυχτερινή θερμοκρασία είναι κάτω από 20 °C.

Με βάση τα παραπάνω ιδανικό κλίμα για την καλλιέργεια της πατάτας είναι αυτό της εύκρατης ζώνης λόγω του ότι τα φυτά αρχίζουν να μεγαλώνουν νωρίς την άνοιξη και έτσι το υπέργειο μέρος τους αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών. Αργότερα όσο οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν και οι ημέρες μεγαλώνουν οι υδατάνθρακες μεταφέρονται γρήγορα στους κονδύλους και εξασφαλίζονται υψηλές αποδόσεις (Ολύμπιος, 1996).

## 1.10. Απαιτήσεις σε έδαφος

Οι απαιτήσεις του φυτού ως προς το έδαφος είναι αυξημένες. Αναπτύσσεται και αποδίδει καλύτερα σε εδάφη ελαφρά, συγκεκριμένα αμμώδη έως αμμοπηλώδη, καθώς και σε οργανικά εδάφη με ελαφριά δομή τα οποία στραγγίζουν ικανοποιητικά. Τα βαριά πηλώδη εδάφη πρέπει να αποφεύγονται για την καλλιέργεια της πατάτας, γιατί στραγγίζουν δύσκολα και προκαλούν παραμόρφωση στους κονδύλους.

Η επιθυμητή αντίδραση του εδάφους είναι η ελαφρώς όξινη, δηλαδή το pH να κυμαίνεται μεταξύ 5-6,5. Ωστόσο, οι καλλιέργειες δίνουν καλά αποτελέσματα και σε ουδέτερα ή ακόμη και σε ελαφρώς αλκαλικά εδάφη.

Το βάθος του εδάφους πρέπει να είναι τουλάχιστον 60-100 εκ. γιατί οι ρίζες αναπτύσσονται πέραν του βάθους αυτού.

Για την αποφυγή ασθενειών, η καλλιέργεια της πατάτας πρέπει να εντάσσεται σε σύστημα τριετούς ή τετραετούς αμειψισποράς με μη συγγενικά φυτά. Στην Ελλάδα η αμειψισπορά που ακολουθείται είναι απλή με εναλλαγή πατάτας-σιτηρών και καλοκαιρινών λαχανικών (Ολύμπιος, 1996).

## 1.11. Ανάπτυξη φυτού

### 1.11.1. Ανάπτυξη φύτρων

Το στάδιο αυτό αρχίζει με την εμφάνιση μικρών κλειστών φύτρων στους οφθαλμούς των κονδύλων της πατάτας και τελειώνει με την ανάπτυξή τους.

Η ανάπτυξη των φύτρων ευνοείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους είναι υψηλότερη των 8 °C, ενώ σε αντίθετη περίπτωση η ανάπτυξη αυτή αναστέλλεται. Τα φύτρα μπορεί να είναι λεπτά με τάση να διακλαδώνονται, αποθηκευτικά και φυσιολογικά. Υγιές στέλεχος θα δημιουργηθεί από την ανάπτυξη αποθηκευτικών ή φυσιολογικών φύτρων.

### **1.11.2. Βλαστική ανάπτυξη**

Στο στάδιο αυτό δημιουργείται ένα καινούριο στέλεχος με την ανάπτυξη των φύτρων. Σχηματίζονται ο βλαστός και τα φύλλα και η ταχύτητα της ανάπτυξης του εξαρτάται από την καλλιεργούμενη ποικιλία.

Μερικές πρώιμες ποικιλίες αρχίζουν μια νέα αύξηση στο τέλος της βλαστικής τους περιόδου, με συνέπεια η βλαστική ανάπτυξη να ολοκληρώνεται στο τέλος της βλαστικής ζωής των φυτών.

Απ' την άλλη, μερικές όψιμες ποικιλίες σταματούν τη βλαστική τους ανάπτυξη όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές και την συνεχίζουν όταν οι συνθήκες αυτές γίνουν ευνοϊκές. Συνεπώς, οι ποικιλίες αυτές έχουν τη δυνατότητα ν' αναπτύσσονται συνεχώς.

Ωστόσο οι ποικιλίες αυτές εμφανίζουν τα εξής μειονεκτήματα: δυσμορφίες, ανομοιογενή περιεκτικότητα των κονδύλων σε ξηρά ουσία, καθώς επίσης και προβλήματα στην πώληση και αποθήκευση του προϊόντος.

### **1.11.3. Άνθιση**

Το άνθος δεν παίζει κάποιο ρόλο στην καλλιέργεια του φυτού της πατάτας λόγω του ότι το φυτό αυτό πολλαπλασιάζεται με βλαστικό τρόπο. Η εμφάνιση των ανθέων στο φυτό αποτελεί ανεξάρτητο γεγονός από τον σχηματισμό των κονδύλων ή από άλλα φαινοτυπικά στάδια.

Το χρώμα και το μέγεθος των ανθέων αποτελούν αξιόπιστους δείκτες της ποικιλίας.

### **1.11.4. Σχηματισμός στόλων και κονδύλου**

Η κονδυλοποίηση αποτελεί ανεξάρτητο γεγονός από τα υπόλοιπα στάδια ανάπτυξης και εξαρτάται κυρίως από την καλλιεργούμενη ποικιλία πατάτας. Ειδικότερα, ο σχηματισμός κονδύλων αρχίζει λίγο μετά από τη βλάστηση στις πρώιμες ποικιλίες, ενώ στις όψιμες ποικιλίες ξεκινάει μετά από την άνθιση.

Προκειμένου για τον καλύτερο σχηματισμό κονδύλων πρέπει η παροχή νερού και θρεπτικών στοιχείων να είναι συνεχής και σταθερή. Για παράδειγμα, όταν η παροχή

νερού είναι μη σταθερή προκαλούνται προεξοχές και δυσπλασίες. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως στα βαριά αργιλώδη εδάφη και λιγότερο στα αμμώδη. Επίσης, όταν η παροχή νερού είναι μη σταθερή προκαλείται σχίσσιμο των κονδύλων. Το σχήμα του σχισίματος μπορεί να είναι παρόμοιο με ένα αστέρι ή να είναι μια γραμμή.

#### **1.11.5. Ωρίμανση**

Η ωρίμανση φυσιολογικά αποτελεί την κατάσταση ληθάργου των κονδύλων της πατάτας

Το περίδερμα του ώριμου κονδύλου πατάτας καθορίζεται από την περιεκτικότητά του σε ξηρά ουσία η οποία είναι χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Οι ώριμοι κόνδυλοι έχουν περίδερμα με σκασίματα. Στο έδαφος οι ώριμοι κόνδυλοι αναπτύσσουν σκληρό ανθεκτικό περίδερμα, ωστόσο σε μερικές ποικιλίες παραμονή στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει σοβαρές μυκητολογικές προσβολές.

Οι μη ώριμοι κόνδυλοι έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, υψηλή αναπνευστική δραστηριότητα καθώς επίσης και υψηλή προδιάθεση στις μολύνσεις, σε αντίθεση με τους ώριμους κονδύλους. Συνεπώς, καλό είναι να αποθηκεύονται μόνο οι εντελώς ώριμοι κόνδυλοι.

### **1.12 Ληθαργική περίοδος**

Ως ληθαργική ονομάζεται η περίοδος της φυσιολογικής ηλικίας του πατατόσπορου η οποία χαρακτηρίζεται από την αδυναμία των φύτρων να αναπτυχθούν (Ολύμπιος, 1996). Η αναστολή αυτή της ανάπτυξης ενός μεριστώματος οποιουδήποτε φυτικού ιστού, αποτελεί έναν μηχανισμό άμυνας που ευνοεί την επιβίωσή του σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.

Σύμφωνα με τον Emilsson (1949) το χρονικό σημείο έναρξης του ληθάργου είναι η στιγμή της αποκοπής του κονδύλου από το φυτό και τα στάδια της ληθαργικής



περιόδου είναι τα εξής δύο: η περίοδος «ανάπαυσης» ή αλλιώς εσωτερικός λήθαργος και η περίοδος «ύπνου» ή αλλιώς εξωτερικός λήθαργος. Κατά την περίοδο ανάπαυσης, η βλάστηση των οφθαλμών κονδύλων που μόλις έχουν συγκομιστεί είναι αδύνατη, ακόμα και αν οι συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας είναι ιδανικές για βλάστηση. Μετά την περίοδο αυτή, οι κόνδυλοι εξακολουθούν να βρίσκονται σε λήθαργο, εάν ωστόσο τοποθετηθούν σε περιβάλλον με ευνοϊκές συνθήκες θα βλαστήσουν. Το στάδιο αυτό αποτελεί τον εξωτερικό λήθαργο.

Η έναρξη της πρώτης φάσης του ληθάργου (περίοδος ανάπαυσης), σύμφωνα με τον Burton (1963), συμπίπτει χρονικά με την έναρξη σχηματισμού του κονδύλου. Στο στάδιο αυτό ανάπτυξης πραγματοποιείται αλλαγή στη βιοχημική ισορροπία στο άκρο του στόλωνα. Η αλλαγή αυτή έχει ως συνέπεια τη διακοπή της επιμήκυνσης του στόλωνα και την έναρξη της κατά μήκος διαίρεσης και μεγέθυνσης των επιφανειακών κυττάρων στην περιοχή που βρίσκεται ακριβώς κάτω από την άκρη του στόλωνα.

Σήμερα, είναι κοινά αποδεκτό ότι η έναρξη της ληθαργικής περιόδου συμπίπτει με την έναρξη της κονδυλοποίησης. Παρολαυτά, το γεγονός ότι η χρονική στιγμή κατά την οποία διακόπτεται ο λήθαργος είναι διαφορετική για κάθε οφθαλμό υποδηλώνει ότι η εγκατάσταση του ληθάργου σε κάθε οφθαλμό δεν γίνεται ταυτόχρονα. Σύμφωνα με την Classens (2002) ο οφθαλμός που βρίσκεται στην κορυφή του κονδύλου εισέρχεται τελευταίος σε λήθαργο.

Κατά τον Ακουμιανάκη κ.α. (2003) έναρξη του φαινομένου του ληθάργου είναι η χρονική στιγμή που ένας τουλάχιστον οφθαλμός του κονδύλου σχηματίζεται πλήρως οργανογενετικά και το αποθησαυριστικό δυναμικό του κονδύλου βρίσκεται σε τέτοιο επίπεδο που μπορεί να τον οδηγήσει σε βλάστηση *in vivo* έστω και αν αποκοπεί πολύ νωρίς από το μητρικό φυτό.

Η διάρκεια της ληθαργικής περιόδου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η ποικιλία, το στάδιο ωρίμανσης του κονδύλου, η θερμοκρασία αποθήκευσης, το φως και ο τύπος του εδάφους (Harris, 1992).

Η επίδραση των παραγόντων αυτών στη διάρκεια του ληθάργου περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω:

α) *Ποικιλία*: Οι πρώιμες ποικιλίες θεωρείται ότι εμφανίζουν μεγαλύτερη διάρκεια ληθάργου από τις όψιμες (Ολύμπιος 1994), ωστόσο σύμφωνα με τον Ακουμιανάκη (1998) δεν μπορεί να αποδοθεί μια συγκεκριμένη σχέση μεταξύ πρωϊμότητας και διάρκειας ληθάργου.

β) *Θερμοκρασία:* Κατά την αποθήκευση των κονδύλων στους 10 °C ο λήθαργος διακόπτεται και οι οφθαλμοί αρχίζουν να βλαστάνουν. Εάν οι κόνδυλοι αυτοί μεταφερθούν στους 2 °C για διάστημα μερικών εβδομάδων και στη συνέχεια επανέλθουν στη θερμοκρασία των 10 °C, οι οφθαλμοί που θα σχηματιστούν θα είναι παχύτεροι σε σχέση με εκείνους που θα σχηματίζοντας αν οι κόνδυλοι παρέμεναν αποθηκευμένοι μόνο στη θερμοκρασία των 10 °C. (Burton, 1966).

Επίσης, η ληθαργική περίοδος διακόπτεται κατά τη μεταφορά των κονδύλων από τη θερμοκρασία των 3 °C, στην οποία παρέμειναν αποθηκευμένοι για δύο εβδομάδες, στη θερμοκρασία των 15 °C. Σε ορισμένες ποικιλίες η μεταχείριση αυτή των κονδύλων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των αναπτυσσόμενων οφθαλμών ανά κόνδυλο. (Wurr and Allen, 1976).

γ) *Στάδιο ωρίμανσης:* Οι μη ώριμοι κόνδυλοι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ληθάργου σε σχέση με τους ώριμους, παρόλ' αυτά οι μη ώριμοι φυτρώνουν νωρίτερα από τους ώριμους, επειδή συγκομίστηκαν νωρίτερα (Ολύμπιος, 1996).

δ) *Εδαφος:* Η ληθαργική περίοδος κονδύλων που παράγονται σε αμμώδη εδάφη έχει μικρότερη διάρκεια σε σχέση με την αντίστοιχη κονδύλων - της ίδιας ποικιλίας - που παράγονται σε αργιλώδη εδάφη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αμμώδη εδάφη θερμαίνονται περισσότερο σε σχέση με τα αργιλώδη (Gray, 1973).

ε) *Φως:* Η ανάπτυξη των οφθαλμών παρεμποδίζεται όταν οι κόνδυλοι αποθηκεύονται σε φωτεινό περιβάλλον. Αντίθετα, στο σκοτάδι ο λήθαργος διακόπτεται (Harris, 1992). Σύμφωνα με τον Ακουμιανάκη (1998) δεν έχει προσδιοριστεί ο ακριβής ρόλος του φωτός στη διάρκεια του ληθάργου των κονδύλων της πατάτας.

### 1.13 Κονδυλοποίηση

Το πρώτο στάδιο για την έναρξη της κονδυλοποίησης είναι ο σχηματισμός των στολώνων στο φυτό, γεγονός που επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και από την εξωγενή εφαρμογή ορμονών. Ειδικότερα, οι συνθήκες που ευνοούν τον σχηματισμό στολώνων είναι η μικρή διάρκεια ημέρας, η χαμηλή θερμοκρασία, η υψηλή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και η περιορισμένη αζωτούχος λίπανση. Προκειμένου για το σχηματισμό κονδύλων στην κορυφή των στολώνων πρέπει οι

συνθήκες που προαναφέρθηκαν να παραμείνουν ίδιες καθόλη τη διάρκεια της κονδυλοποίησης (Harris, 1992).

Επιπλέον, ο σχηματισμός στολώνων ευνοείται όταν ο λόγος κυτοκινίνες/γιββερελλίνες έχει μικρή τιμή (Woolley and Wareing, 1972). Συνεπώς η εξωγενής εφαρμογή κυτοκινινών ευνοεί την ανάπτυξη φυλλοφόρων βλαστών. (Kumar and Wareing, 1972).

Σύμφωνα με τον Rowe (1993), διακρίνονται πέντε στάδια κατά την ανάπτυξη φυτών που προέρχονται από πατατόσπορο. Στα δύο πρώτα παρατηρείται μόνο βλαστική ανάπτυξη του φυτού και σχηματισμός στολώνων. Στο τρίτο στάδιο ξεκινά ο σχηματισμός των κονδύλων, που αναπτύσσονται σε μέγεθος κατά τη διάρκεια του τέταρτου σταδίου. Τέλος, το πέμπτο στάδιο συμπίπτει με τη γήρανση του υπέργειου μέρους των φυτών, τη βαθμιαία μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των κονδύλων, την αύξηση του ξηρού τους βάρους και την πάχυνση της επιδερμίδας τους.

Μεταξύ του δεύτερου και τρίτου σταδίου ανάπτυξης, λίγο πριν δηλαδή τον σχηματισμό του κονδύλου, ξεκινά στην περιοχή της κορυφής του στόλωνα η κατά μήκος διαίρεση και μεγέθυνση των επιφανειακών κυττάρων και των κυττάρων της εντεριώνης με αποτέλεσμα να δημιουργείται κάτω από την κορυφή του στόλωνα ένας ιστός που έχει σχήμα αγκίστρου. Στη συνέχεια η διαίρεση των κυττάρων περιμετρικά της εντεριώνης γίνεται προς τυχαίες κατευθύνσεις σχηματίζοντας έτσι τον κύριο όγκο των ιστών του κονδύλου. (Artschwager, 1918, 1924).

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των κονδύλων, σχηματίζονται και διαφοροποιούνται σταδιακά οι οφθαλμοί τους. Αρχικά, διαφοροποιείται ο οφθαλμός που βρίσκεται κοντά στον στόλωνα και τελευταίος διαφοροποιείται ο οφθαλμός της κορυφής του κονδύλου. Μετά τη διαφοροποίηση κάθε οφθαλμού ξεκινά η σταδιακή εγκατάσταση του ληθάργου ξεκινώντας από τον οφθαλμό που βρίσκεται κοντά σε στόλωνα ενώ τελευταίος εισέρχεται σε λήθαργο ο οφθαλμός της κορυφής. (van Es and Hartmans, 1978).

## 1.14 Αναπνοή

Αναπνοή ονομάζεται η διαδικασία της σταδιακής και ελεγχόμενης οξειδωσης οργανικών μορίων προς H<sub>2</sub>O και CO<sub>2</sub> με ταυτόχρονη παραγωγή ATP, αναγωγικών ισοδυνάμων και δομικών βιομορίων που αιτούνται για όλες τις φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες των κυττάρων.

Ως υποστρώματα για την αναπνοή μπορούν να λειτουργήσουν διάφορες χημικές ενώσεις όπως υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες, αμινοξέα και οργανικά οξέα.

Η ενέργεια που παράγεται κατά την διεργασία της αναπνοής χρησιμοποιείται για να κατευθύνει μεταβολικές αντιδράσεις που σχετίζονται με τη φυτική αύξηση, ανάπτυξη και διατήρηση του φυτού.

Τα κύρια υποστρώματα για την αναπνοή του φυτού παρέχονται από τη φωτοσύνθεση και είναι η σακχαρόζη και το άμυλο. Χρησιμοποιώντας για παράδειγμα ως αναπνευστικό υπόστρωμα μια εξόζη, η συνολική διεργασία της αερόβιας αναπνοής είναι η ακόλουθη:



Η διεργασία της αερόβιας αναπνοής εμπεριέχει μια σειρά αντιδράσεων καθεμία από τις οποίες καταλύεται από ένα εξειδικευμένο ένζυμο. Τα μεταβολικά μονοπάτια είναι τα ακόλουθα:

1. Γλυκόλυση: Είναι η διαδικασία οξειδωσης της γλυκόζης σε πυροσταφυλικό οξύ από μια σειρά διαλυτών ενζύμων που εντοπίζονται στο κυτταρόπλασμα.
2. Κύκλος του κιτρικού οξέος: Είναι η διαδικασία οξειδωσης του πυροσταφυλικού οξέος σε CO<sub>2</sub>. Τα ένζυμα που καταλύουν την αντίδραση εντοπίζονται στο μιτοχονδριακό στρώμα.
3. Οξειδωτική φωσφορυλίωση: Είναι η διαδικασία κατά την οποία το χαμηλής ενέργειας νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NAD) ανάγεται στο υψηλής ενέργειας NADH. Η ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή αυτή προήλθε από την απελευθέρωση των ηλεκτρονίων κατά τη διάρκεια των οξειδωτικών βημάτων της γλυκόλυσης και του κύκλου του κιτρικού οξέος. Ο

μηχανισμός αυτός πραγματοποιείται στην εσωτερική μεμβράνη των μιτοχονδρίων (Harris, 1992).

### 1.15 Αναπνοή των κονδύλων της πατάτας

Η αναπνευστική δραστηριότητα των κονδύλων εντείνεται αρχικά στο στάδιο του σχηματισμού τους. Με την περαιτέρω ανάπτυξή τους παρατηρείται σταδιακή μείωση του ρυθμού αναπνοής. Κατά την συγκομιδή η αναπνευστική δραστηριότητα σταθεροποιείται. Στο στάδιο αυτό οι ανώριμοι κόνδυλοι παρουσιάζουν μεγαλύτερο ρυθμό αναπνοής σε σχέση με τους ώριμους. Σε μικρό χρονικό διάστημα ο ρυθμός αναπνοής των ώριμων και των μη ώριμων κονδύλων μειώνεται και παραμένει σε ένα σταθερό επίπεδο καθόλη τη διάρκεια της περιόδου του λήθαργου. (Burton, 1974).

Η θερμοκρασία που επικρατεί κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των κονδύλων επηρεάζει την αναπνευστική τους δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα, ο ρυθμός αναπνοής των κονδύλων κυμαίνεται σε σχετικά υψηλά επίπεδα ( $6-8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται στους  $0-2^\circ\text{C}$ , σε χαμηλά επίπεδα ( $3-4,5 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) στους  $5-15^\circ\text{C}$  και σε υψηλά επίπεδα ( $8-11 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) στους  $20-25^\circ\text{C}$ . (Hooker 1986).

Κατά τη μεταληθαργική περίοδο η αναπνευστική δραστηριότητα των κονδύλων αυξάνεται από τη χρονική στιγμή που τα φύτρα έχουν αποκτήσει μήκος 1 cm. Ειδικότερα, ο ρυθμός αναπνοής κονδύλων, των οποίων τα φύτρα αποτελούν το 1% του συνολικού τους βάρους, είναι μεγαλύτερος κατά 50% από το ρυθμό αναπνοής κονδύλων που βρίσκονται σε λήθαργο. Στην περίπτωση μεταχείρισης ώριμων κονδύλων με κάποιο χημικό παρεμποδιστή εκβλάστησης (π.χ. μηλεϊνική υδραζίνη) ο ρυθμός αναπνοής είναι μικρότερος κατά 30% σε σχέση με αυτόν κονδύλων που δεν έχουν υποστεί τέτοια μεταχείριση. (Burton, 1989).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση της αναπνευστικής δραστηριότητας των κονδύλων είναι η ποικιλία, το μέγεθος, η περιεκτικότητά τους σε νερό, οι τραυματισμοί, η φυσιολογική ηλικία (Harris, 1992).

## 1.16 Μεταβολισμός αμύλου κατά τη διάρκεια ανάπτυξης και αποθήκευσης κονδύλων

Στη διαδικασία μεταβολισμού του αμύλου κονδύλων πατάτας κατά τη διάρκεια ανάπτυξης και αποθήκευσής τους συμμετέχουν πολυσακχαρίτες, ένζυμα και σάκχαρα. Τα ένζυμα που εμπλέκονται διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε εκείνα που σχετίζονται με τη σύνθεση του αμύλου και σε εκείνα που σχετίζονται με την αποδόμησή τους. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα ένζυμα ADP -γλυκόζη-πυροφωσφοριλάση, συνθετάση του αμύλου και το ένζυμο παραγωγής διακλαδώσεων στο μόριο της αμυλοπηκτίνης. Τα ένζυμο συνθετάση του αμύλου έχει εντοπιστεί στον αμυλόκοκκο καθώς επίσης και στο στρώμα του πλαστιδίου. Στη δεύτερη κατηγορία ενζύμων ανήκουν η φωσφορυλάση του αμύλου και η αμυλάση.

Ορισμένες από τις αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τη διαδικασία μεταβολισμού του αμύλου μπορεί, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, να είναι αντιστρεπτές.

Κατά τον προσδιορισμό των μεταβολών των συγκεντρώσεων των σακχάρων, του αμύλου και των ενζύμων κονδύλων πατάτας σε διάφορα στάδια ανάπτυξης προκύπτουν τα εξής:

Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης, η συγκέντρωση του αμύλου κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Σε υψηλά επίσης επίπεδα προσδιορίστηκε και η ενεργότητα του ενζύμου συνθετάση του αμύλου γεγονός που σχετίζεται με την αυξημένη συσσώρευση αμύλου. Την πέμπτη εβδομάδα μετά τον σχηματισμό του κονδύλου η συγκέντρωση της αμυλοπηκτίνης κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, γεγονός που συνδέεται με την υψηλή ενεργότητα του ενζύμου συνθετάση του αμύλου που εντοπίζεται στο στρώμα του πλαστιδίου την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Κατά τη συγκομιδή και σε θερμοκρασία εδάφους 11 °C η ενεργότητα του ενζύμου συνθετάση του αμύλου που εντοπίζεται στο στρώμα του πλαστιδίου είναι μειωμένη. Στο στάδιο αυτό και υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες μειωμένη επίσης προσδιορίζεται η συγκέντρωση της αμυλοπηκτίνης, σε αντίθεση με τις συγκεντρώσεις της γλυκόζης και της σουκρόζης που είναι αυξημένες.

Στην παραπάνω μελέτη του μεταβολισμού του αμύλου δεν ανιχνεύθηκε η δραστηριότητα του ενζύμου ADP-γλυκόζη-πυροφωσφορυλάση. Σε παρόμοια

ωστόσο μελέτη αποδείχθηκε ότι το ένζυμο αυτό διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην συσσώρευση του αμύλου. Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κόνδυλοι μικρότερου βάρους και οι οποίοι είχαν βλαστήσει. Το ένζυμο που εμφάνισε υψηλότερη δραστικότητα στην αποδόμηση του αμύλου ήταν η φωσφορυλάση του αμύλου. Συνεπώς ο μεταβολισμός του αμύλου κονδύλων που έχουν βλαστήσει αποτελεί μια φωσφορολυτική και όχι αμυλολυτική διαδικασία. Επιπλέον, πολύ χαμηλή ενεργότητα εμφάνισε το ένζυμο αμυλάση καθόλη τη διάρκεια ανάπτυξης του κονδύλου. Αντίθετα το ένζυμο φωσφορυλάση του αμύλου παρουσίασε αυξημένη δραστικότητα στα αρχικά στάδια ανάπτυξης των κονδύλων η οποία ελαττώθηκε κατά την ωρίμανσή τους. Από τον ποσοτικό προσδιορισμό των σακχάρων καθώς επίσης και από την ανίχνευση της δράσης των ενζύμων, κατά τη μελέτη του μεταβολισμού του αμύλου, προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο κόνδυλος της πατάτας αποτελεί ένα αποθηκευτικό όργανο το οποίο τροφοδοτεί το φυτό με τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά καθόλη τη διάρκεια της ανάπτυξής του. Πιο συγκεκριμένα, στους αναπτυσσόμενους κονδύλους συνεχώς συσσωρεύεται και αποδομείται άμυλο το οποίο αποτελεί δυναμικό απόθεμα σακχάρων και κατ' επέκταση απόθεμα ενέργειας για όλο το φυτό (Lewis «et al.», 1994).

Η αποθήκευση των κονδύλων της πατάτας σε χαμηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 2 έως 10 °C έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων γεγονός που υποβαθμίζει την ποιότητά τους. Η υποβάθμιση αυτή αποτελεί πρόβλημα στην περίπτωση κυρίως που οι κόνδυλοι προορίζονται για βιομηχανική χρήση, π.χ. παραγωγή chips, λόγω του ότι κατά το τηγάνισμα η πατάτα αποκτά καφέ χρώμα. Εκτός από τον ανεπιθύμητο αυτόν μεταχρωματισμό, υποβαθμίζεται και η θρεπτική αξία της πατάτας.

Η συσσώρευση των αναγωγικών σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη) είναι μεγαλύτερη όταν οι κόνδυλοι αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες 2-4 °C από ότι όταν αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες 7-10 °C (Harris, 1992).

Κατά τον προσδιορισμό των μεταβολών των συγκεντρώσεων των σακχάρων και των ενζύμων κονδύλων πατάτας που αποθηκεύτηκαν σε χαμηλές θερμοκρασίες προκύπτουν τα εξής:

Κατά τη διάρκεια των τεσσάρων πρώτων εβδομάδων αποθήκευσης στη θερμοκρασία των 9 °C η συγκέντρωση της γλυκόζης αυξάνεται σημαντικά. Στη θερμοκρασία αυτή και για το ίδιο χρονικό διάστημα σημαντική επίσης είναι η αύξηση της συγκέντρωσης της σουκρόζης.

Κατά την αποθήκευση των κονδύλων στη θερμοκρασία των 2 °C αρχικά αυξάνεται η συγκέντρωση της σουκρόζης που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη) και τελικά η συγκέντρωση της σουκρόζης μειώνεται. Στην περίπτωση αυτή η σουκρόζη αποτελεί προϊόν υδρόλυσης του αμύλου και εντοπίζεται στο χώρο του αμυλοπλάστη. Στη συνέχεια μεταφέρεται στον κυτταροπλασματικό χώρο όπου ανάγεται στα σάκχαρα γλυκόζη και φρουκτόζη παρουσία του ενζύμου ιμπερτάση.

Επιπλέον, στις χαμηλές αυτές θερμοκρασίες το ένζυμο το οποίο εμφανίζει υψηλή δραστηριότητα είναι η φωσφορυλάση του αμύλου. Η δράση του ενζύμου αυτού έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση του αμύλου και την συσσώρευση των σακχάρων. Συνεπώς, ο μηχανισμός μεταβολισμού του αμύλου στους κονδύλους της πατάτας αποτελεί μια φωσφορολυτική διαδικασία (Lewis et.al,1994).

### **1.17 Βιογένεση και αποδόμηση του αμύλου**

Κατά την αποθήκευση κονδύλων πατάτας διαφόρων σταδίων ανάπτυξης στη θερμοκρασία των 4 °C αλλά και στη θερμοκρασία των 25 °C, παρατηρήθηκαν μεταβολές τόσο στη μορφολογία των κυττάρων όσο και στη χημική σύσταση των κονδύλων.

Όσον αφορά στις μορφολογικές μεταβολές των κυττάρων κονδύλων διαφόρων σταδίων ανάπτυξης, προκύπτουν τα εξής:

45 ημέρες μετά το φύτεμα στα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος παρατηρούνται με το ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης τα προπλαστίδια κυττοπλάσματος τα οποία περιβάλλονται από διπλή μεμβράνη. Εκτός από τα προπλαστίδια, εντός του κυττοπλάσματος διακρίνονται μιτοχόνδρια και πολυάριθμα ριβοσώματα. Με την ανάπτυξη του αμυλοκόκκου το πλαστίδιο φαίνεται να εξωθείται στο χώρο του χυμοτοπίου, ωστόσο όμως εξακολουθεί να συνδέεται με το κυττόπλασμα μέσω ενός κυττοπλασματικού μίσχου. 54 ημέρες μετά το φύτεμα, ο κυτταροπλασματικός μίσχος παύει να συνδέει το πλαστίδιο με το κυτταρόπλασμα και πλέον ο αμυλόκοκκος περιβάλλεται από την πλαστιδιακή μεμβράνη η οποία παραμένει άθικτη και από ένα τμήμα της μεμβράνης του χυμοτοπίου. Επιπλέον εκτός από την πλαστιδιακή μεμβράνη και από τη μεμβράνη του χυμοτοπίου οι αμυλόκοκκοι



σ' αυτό το στάδιο ανάπτυξης φαίνεται να περιβάλλονται και από ένα λεπτό στρώμα κυτταροπλασματικού υλικού. Το στρώμα αυτό με την περαιτέρω ανάπτυξη των αμυλοκόκκων ελαχιστοποιείται όλο και περισσότερο και στο στάδιο ανάπτυξης των τεσσάρων εβδομάδων από το φύτευμα εξαφανίζεται εντελώς.

80 (Ογδόντα) ημέρες μετά το φύτευμα, οι αμυλόκοκκοι έχουν αποκτήσει την τελική τους μορφή. Περιβάλλονται από την πλαστιδιακή μεμβράνη και από τη μεμβράνη του χυμοτοπίου οι οποίες δείχνουν να είναι άθικτες. Επιπλέον σ' αυτό το στάδιο ανάπτυξης δεν εντοπίζεται κυτταροπλασματικό ή πλαστιδιακό υλικό μεταξύ του αμυλόκοκκου και των μεμβρανών που τον περιβάλλουν. Στα επόμενα στάδια ανάπτυξης οι αμυλόκοκκοι αυξάνονται σε μέγεθος συνεχώς.

Όσον αφορά τις μορφολογικές μεταβολές στα κύτταρα αναπτυσσόμενων κονδύλων που αποθηκεύονται σε διάφορες θερμοκρασίες προκύπτουν τα εξής:

46 (Σαράντα έξι) ημέρες μετά το φύτευμα συγκομίστηκαν νεαροί κόνδυλοι οι οποίοι αποθηκεύτηκαν στο σκοτάδι στη θερμοκρασία των 4°C καθώς επίσης και στη θερμοκρασία των 25°C για τριάντα ημέρες. Στις ίδιες συνθήκες και για ίδιο χρονικό διάστημα αποθηκεύτηκαν κόνδυλοι οι οποίοι συγκομίστηκαν 8, 18, 25, 34 ημέρες μετά από την πρώτη συγκομιδή. Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν ήταν από κονδύλους οι οποίοι συγκομίστηκαν 64 ημέρες μετά το φύτευμα. Η παρατήρηση έγινε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης σε δείγματα κονδύλων αμέσως μετά την συγκομιδή και κονδύλων αποθηκευμένων στις συνθήκες που προαναφέρθηκαν. Η αποθήκευση στους 4°C είχε ως αποτέλεσμα την αποδόμηση και εξαφάνιση των μεμβρανών που περιβάλλουν τους αμυλόκοκκους. Η μεμβράνη του χυμοτοπίου και η κυτταροπλασματική μεμβράνη παρέμειναν άθικτες. Αντίθετα κατά την αποθήκευση στους 25°C η μεμβράνη που περιβάλλει τον αμυλόκοκκο παρέμεινε άθικτη.

Όσον αφορά στις μορφολογικές μεταβολές στα κύτταρα ώριμων κονδύλων που αποθηκεύονται σε διάφορες θερμοκρασίες προκύπτουν τα εξής:

Αμέσως μετά τη συγκομιδή οι μεμβράνες που περιβάλλουν τον αμυλόκοκκο παρέμειναν άθικτες. Κατά την αποθήκευση των ώριμων αυτών κονδύλων στους 25°C για 30 ημέρες οι μεμβράνες των αμυλοκόκκων παρέμειναν άθικτες, ωστόσο φάνηκε να απομακρύνονται από τον αμυλόκοκκο. Κατά την παρατήρηση δείγματος από ώριμους κονδύλους οι οποίοι αποθηκεύτηκαν στους 4°C για 12 ημέρες δεν διακρίθηκαν μεμβράνες να περιβάλλουν τους αμυλόκοκκους.

Οι χημικές μεταβολές που προκαλούνται κατά την αποθήκευση κονδύλων πατάτας διαφόρων σταδίων ανάπτυξης στις θερμοκρασίες των 4°C και 25°C συνοψίζονται παρακάτω:

Το ποσοστό της ξηράς ουσίας κονδύλων που βρίσκονται στο στάδιο ανάπτυξης 46 ημέρες μετά το φύτευμα είναι 12% ενώ στο στάδιο 80 ημέρες μετά το φύτευμα είναι 20%. Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης στους 4°C ή στους 25°C κονδύλων που συγκομίστηκαν σε διάφορα στάδια ανάπτυξης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στο ποσοστό ξηράς ουσίας. Τα επίπεδα των ελευθέρων σακχάρων κονδύλων διαφόρων σταδίων ανάπτυξης, αμέσως μετά τη συγκομιδή παραμένουν σταθερά και αποτελούν το 4% με 6% ποσοστό του ξηρού βάρους των κονδύλων. Μετά την πάροδο τεσσάρων ημερών αποθήκευσης κονδύλων διαφόρων σταδίων ανάπτυξης στους 4°C παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης των ελευθέρων σακχάρων. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα της σουκρόζης αυξάνονται στο διάστημα τεσσάρων έως οκτώ ημερών αποθήκευσης των κονδύλων στους 4°C και μετά την όγδοη ημέρα μειώνονται. Τα επίπεδα γλυκόζης και φρουκτόζης φαίνεται να αυξάνονται μετά την τέταρτη ημέρα αποθήκευσης στους 4°C.

Κατά την αποθήκευση μη ώριμων κονδύλων στους 4°C για τριάντα ημέρες η αύξηση της συγκέντρωσης των ελευθέρων σακχάρων είναι πιο σημαντική συγκρινόμενη με την αντίστοιχη αύξηση των σακχάρων των ώριμων κονδύλων. Σε θερμοκρασία αποθήκευσης 25°C παρατηρείται μια μικρή αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων κονδύλων διαφόρων σταδίων ανάπτυξης.

Η περιεκτικότητα των μη ώριμων κονδύλων πατάτας σε άμυλο μειώνεται σταδιακά κατά την αποθήκευσή τους στους 4°C. Μετά από είκοσι ημέρες αποθήκευσης η συγκέντρωση αμύλου αποτελεί το 26% της συνολικής ποσότητας αμύλου που περιέχουν οι μη ώριμοι κόνδυλοι. Στην περίπτωση αποθήκευσης ώριμων κονδύλων στις ίδιες συνθήκες και για το ίδιο χρονικό διάστημα η συγκέντρωση του αμύλου αποτελεί το 19% της συνολικής ποσότητας αμύλου που περιέχουν οι ώριμοι κόνδυλοι. Κατά την αποθήκευση των κονδύλων στους 25°C η συγκέντρωση του αμύλου δεν μεταβάλλεται.

Με βάση τις χημικές και μορφολογικές μεταβολές των κυττάρων κονδύλων πατάτας που προκαλούνται κατά την ανάπτυξη και αποθήκευσή τους προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Σε κάθε στάδιο ανάπτυξης του κονδύλου οι αμυλόκοκκοι περιβάλλονται από την πλαστιδιακή μεμβράνη. Επιπλέον, οι αμυλόκοκκοι εκτός από τη μεμβράνη

περιβάλλονται και από πλαστιδιακό υλικό το οποίο είναι ευδιάκριτο στα αρχικά στάδια ανάπτυξης και δυσδιάκριτο στο στάδιο ωρίμανσης των κονδύλων.

Τα ένζυμα σύνθεσης του αμύλου εντοπίζονται στο χώρο μεταξύ των μεμβρανών του πλαστιδίου. Διαμέσου των μεμβρανών αυτών διαπερνούν η γλυκόζη, η ADP-γλυκόζη και το πυροφωσφορικό οξύ που αποτελούν υπόστρωμα για την σύνθεση του αμύλου.

Τα ένζυμα υδρόλυσης του αμύλου όπως για παράδειγμα η φωσφορυλάση, εντοπίζονται εξωτερικά του αμυλόκοκκου.

Κατά την αποθήκευση ώριμων και μη ώριμων κονδύλων στους 4°C προκαλούνται μεταβολές στη δομική συνέχεια των μεμβρανών που περιβάλλουν τους αμυλόκοκκους και ταυτόχρονα προκαλούνται μεταβολές στις συγκεντρώσεις αμύλου και σακχάρων.

Η εξαφάνιση τελικά των μεμβρανών πιθανόν να παίζει ρόλο στη διατήρηση των αμυλοκόκκων, λόγω του ότι τα ένζυμα υδρόλυσης του αμύλου δεν έρχονται σε επαφή με τα αντίστοιχα υποστρώματά τους.

Παρά το γεγονός ότι οι συγκεντρώσεις του αμύλου και των σακχάρων κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 4°C για μικρό χρονικό διάστημα μεταβάλλονται, η μεμβράνη των αμυλοκόκκων τη δεδομένη χρονική στιγμή δεν φαίνεται να έχει υποστεί κάποια δομική μεταβολή. Αυτό σημαίνει ότι η διαπερατότητα των μεμβρανών αλλοιώνεται πριν γίνει ορατή η δομική καταστροφή κατά την παρατήρηση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Συνεπώς, μέσα στο ίδιο κύτταρο μπορεί να διακρίνονται αμυλόκοκκοι των οποίων η αποδόμηση της μεμβράνης βρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο, καθώς επίσης και αμυλόκοκκοι των οποίων η μεμβράνη έχει παραμείνει άθικτη. Η ίδια παρατήρηση μπορεί να γίνει και στα κύτταρα κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25°C, η αναλογία ωστόσο αποδομούμενων και άθικτων μεμβρανών διαφέρει σε σχέση με την αντίστοιχη των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 4°C.

Προκειμένου ν' ανασταλλεί η περαιτέρω διάσπαση του αμύλου, οι κόνδυλοι αποθηκεύτηκαν στη θερμοκρασία των 25°C. Η μεταφορά αυτή από τη μια θερμοκρασία στην άλλη έγινε τη χρονική στιγμή που οι μεμβράνες των αμυλοκόκκων μόλις είχαν ξεκινήσει να αποδομούνται.

Παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός αποδόμησης του αμύλου μειώθηκε. Η συγκέντρωση των ελευθέρων σακχάρων επίσης μειώθηκε, γεγονός που οφείλεται στην κατανάλωσή τους κατά τη διαδικασία της αναπνοής (Ohad et.al., 1971)

## 1.18 Συγκομιδή

Οι κόνδυλοι της πατάτας είναι έτοιμοι για εξαγωγή όταν το υπέργειο τμήμα του φυτού ξηραίνεται. Το γεγονός αυτό συνήθως πραγματοποιείται 3-5 μήνες μετά τη φύτευση και εξαρτάται από την εποχή φύτευσης, από την ποικιλία και από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Οι κόνδυλοι είναι περισσότερο ώριμοι για συγκομιδή 10-15 ημέρες μετά την ξήρανση του υπέργειου τμήματος του φυτού.

Στο διάστημα αυτό των 15 ημερών έχει αναπτυχθεί πλήρως το φελλώδες περίδερμα οπότε οι κόνδυλοι είναι έτοιμοι να συγκομιστούν χωρίς μεγάλο κίνδυνο τραυματισμού (Βασιλακάκης, 2006).

Η εξαγωγή και συγκομιδή στις εμπορικές φυτείες πατάτας γίνεται με ειδικό υνί ή με ειδικές μηχανές που λέγονται πατατοεξαγωγείς (Ολύμπιος, 1996).

## 1.19 Μεθωρίμανση

Κατά το στάδιο της μεθωρίμανσης οι κόνδυλοι, αμέσως μετά τη συγκομιδή αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 20-25°C και σχετική υγρασία 90-95% για χρονικό διάστημα 5-15 ημερών. Η διάρκεια αυτή εξαρτάται από το βαθμό ωρίμανσης των κονδύλων κατά την συγκομιδή, δηλαδή όσο πιο ώριμοι είναι οι κόνδυλοι τόσο ο απαιτούμενος χρόνος μεθωρίμανσης μειώνεται.

Η διαδικασία της μεθωρίμανσης στοχεύει στην επούλωση των πληγών και των επιφανειακών τραυματισμών των κονδύλων και στο σχηματισμό φελλού, έτσι ώστε οι κόνδυλοι να αντέχουν καλύτερα τις μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις και να μην αφυδατώνονται. Στη συνέχεια αποθηκεύονται χύμα ή αφού τοποθετηθούν σε σάκκους (Βασιλακάκης, 2006).

## 1.20 Αποθήκευση

Οι πατάτες πριν αποθηκευτούν πρέπει να είναι εντελώς στεγνές και όσο το δυνατό πιο καθαρές, ειδικά από το χώμα. Για το λόγο αυτό πλένονται και στη συνέχεια αφήνονται στο χωράφι προκειμένου να στεγνώσουν. Στη συνέχεια μεταφέρονται σε σκιερό μέρος όπου τοποθετούνται σε σωρούς μέχρι και 1 μέτρο ύψος για διάστημα τριών ημερών. Κατά τη μεταφορά αυτή γίνεται μια πρώτη διαλογή ώστε να απομακρυνθούν οι τραυματισμένοι και οι σάπιοι κόνδυλοι. Όταν διαπιστωθεί ότι οι πατάτες έχουν στεγνώσει αρκετά μεταφέρονται στην αποθήκη όπου είτε αποθηκεύονται χύμα είτε τοποθετούνται σε διάτρητους σάκους προκειμένου να αερίζονται.

Στην αποθήκη, αρχικά, πρέπει η θερμοκρασία να μην είναι υψηλή ώστε να αποφεύγεται η αφυδάτωση των κονδύλων. Επιπλέον, πρέπει οι πατάτες να μην εκτίθενται στο φως ώστε να αποφεύγεται το πρασίνισμα που συνοδεύεται από τη συσσώρευση γλυκοαλκαλοειδών όπως η α-σολανίνη. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η συσσώρευση της σολανίνης ευνοείται ακόμη και σε συνθήκες σκότους αν η θερμοκρασία στην αποθήκη είναι μεγαλύτερη των 10°C.

Συνεπώς, ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης των κονδύλων της πατάτας είναι οι θερμοκρασίες μεταξύ 4°C και 10°C και σχετική υγρασία 90%. Η θερμοκρασία των 10°C θεωρείται ιδανική για τη διατήρηση των κονδύλων, που προορίζονται για νωπή ή βιομηχανική χρήση, σε άριστη κατάσταση. Παρόλ' αυτά, στη θερμοκρασία αυτή διακόπτεται ο λήθαργος, οι οφθαλμοί βλαστάνουν με συνέπεια η ποιότητα των κονδύλων να υποβαθμίζεται. Για το λόγο αυτό η πατάτα αποθηκεύεται είτε σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 5°C (3-4°C) είτε στις θερμοκρασίες 5-10°C με την ταυτόχρονη εφαρμογή αντιφυτρωτικών ουσιών. Ειδικότερα, μετά την εφαρμογή αντιφυτρωτικών ουσιών, πατάτες που προορίζονται για νωπή κατανάλωση αποθηκεύονται στους 5-7°C, για παρασκευή προτηγανισμένης και αφυδάτωση στους 5-8°C και για πατατάκια τσιπς στους 7-10°C. Στην περίπτωση αποθήκευσης στους 4°C παρατηρείται αυξημένη συσσώρευση αναγωγικών σακχάρων γεγονός που επηρεάζει το χρώμα των προϊόντων και τα καθιστά μη αποδεκτά στη βιομηχανία. Εάν ωστόσο, στη θερμοκρασία αυτή οι συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> και του O<sub>2</sub> κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, τα προϊόντα πατάτας δεν αποκτούν τον ανεπιθύμητο καφέ μεταχρωματισμό (Βασιλακάκης, 2006)

Η τεχνική που εφαρμόζεται για την αποθήκευση των κονδύλων εξαρτάται από την περιοχή, από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν και από τα οικονομικά κριτήρια που υπάρχουν. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο συνήθεις μέθοδοι αποθήκευσης που εφαρμόζονται σήμερα:

α) *Διατήρηση σε σωρούς*: Κατά τη μέθοδο αυτή οι πατάτες τοποθετούνται σε σωρούς μέσα στο χωράφι. Ο χώρος του χωραφιού αρχικά είναι καθαρός και έχει ισοπεδωθεί. Ακολουθεί σκόνισμα του εδάφους με εντομοκτόνο. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι πατάτες σε σωρούς ύψους 1 μέτρου και πλάτους 1,5 μέτρου. Στους σωρούς εφαρμόζεται το ίδιο εντομοκτόνο που εφαρμόστηκε στο έδαφος. Τέλος, ο σωρός καλύπτεται με αχυρόκολλες και σαν επιστέγασμα τοποθετείται ένα παχύ στρώμα από καλαμιές σιτηρών.

β) *Διατήρηση σε αποθήκες*: Εδώ οι πατάτες διατηρούνται μέσα σε αποθήκες που διαθέτουν καλό αερισμό και η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Οι αποθήκες αυτές πρέπει να έχουν διπλή οροφή και τα παράθυρα να είναι προστατευμένα με ειδικό δίχτυ το οποίο φέρει τρύπες πολύ μικρής διατομής. Ο χρόνος διατήρησης των κονδύλων στις αποθήκες αυτές εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια αποθήκευσης.

γ) *Διατήρηση σε ψυκτικούς θαλάμους*: Η μέθοδος αυτή είναι η πλέον διαδεδομένη σήμερα, για το λόγο ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση εντομοκτόνων και επιπλέον οι πατάτες διατηρούνται καλύτερα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σύγκριση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους. Ειδικότερα, όταν η θερμοκρασία και η υγρασία, καθώς επίσης και οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου είναι οι κατάλληλες, οι πατάτες είναι δυνατό να διατηρηθούν στους ψυκτικούς θαλάμους μέχρι και επτά μήνες.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### Δείγματα

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για μικροσκοπική παρατήρηση προέρχονται από κονδύλους πατάτας διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης οι οποίοι αποθηκεύτηκαν στις θερμοκρασίες των 25°C και των 4° C για διάφορα χρονικά διαστήματα.

Εκτός από τα δείγματα των αποθηκευμένων κονδύλων, παρασκευάστηκαν και δείγματα από φρέσκους κονδύλους τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικότερα τα χαρακτηριστικά των κονδύλων (στάδιο ανάπτυξης, διάρκεια αποθήκευσης στις διαφορετικές θερμοκρασίες) από τους οποίους προέρχονται τα δείγματα:

Δείγμα 1: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 100 ημέρες μετά τη φύτευση, (μάρτυρας).

Δείγμα 2: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 160 ημέρες μετά τη φύτευση, (μάρτυρας).

Δείγμα 3: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 100 ημέρες μετά τη φύτευση και αποθηκεύτηκε στους 25°C για 14 ημέρες.

Δείγμα 4: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 160 ημέρες μετά τη φύτευση και αποθηκεύτηκε στους 25°C για 30 ημέρες.

Δείγμα 5: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 160 ημέρες μετά τη φύτευση και αποθηκεύτηκε στους 25°C για 60 ημέρες.

Δείγμα 6: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 100 ημέρες μετά τη φύτευση και αποθηκεύτηκε στους 2°C για 60 ημέρες.

Δείγμα 7: Προέρχεται από κόνδυλο ο οποίος συγκομίστηκε 160 ημέρες μετά τη φύτευση και αποθηκεύτηκε στους 2°C για 120 ημέρες.

## **2.1 Προετοιμασία παρασκευασμάτων για παρατήρηση ημίλεπτων τομών με το οπτικό μικροσκόπιο (Ο.Μ.) και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (Η.Μ.Δ).**

Τα δείγματα προέρχονται από την επιφάνεια των κονδύλων και μέχρι βάθους περίπου 2-3 mm. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μονιμοποίηση είναι ίδια για κάθε διαφορετικό δείγμα και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Μονιμοποίηση με εμβάπτιση των δειγμάτων σε μονιμοποιητικό διάλυμα Karnovsky χρησιμοποιώντας ως ρυθμιστικό διάλυμα κακοδυλικό νάτριο 0,1 M, pH=7,2, σε φιαλίδια των 5 ml για 24 h στους 4 °C. Στο στάδιο αυτό ακινητοποιούνται οι φυσιολογικές λειτουργίες των κυττάρων και διατηρείται η λεπτή δομή τους.
2. Έκπλυση των δειγμάτων με ρυθμιστικό διάλυμα τρεις φορές. Κάθε φορά τα δείγματα παραμένουν στο ρυθμιστικό διάλυμα για 15 min.
3. Μεταστερέωση με OsO<sub>4</sub> 0,1% για 18 h.
4. Έκπλυση με ρυθμιστικό διάλυμα τρεις φορές. Κάθε φορά τα δείγματα παραμένουν στο ρυθμιστικό διάλυμα για 15 min.
5. Αφυδάτωση με αιθυλική αλκοόλη 30%, 50% από 15 min.
6. Αφυδάτωση σε αιθυλική αλκοόλη 70% στην οποία είχε προστεθεί 1% οξικό ουρανύλιο όπου τα δείγματα παρέμειναν όλη τη νύχτα.
7. Αφυδάτωση με αιθυλική αλκοόλη 90% για 15 min.
8. Αφυδάτωση σε αιθυλική αλκοόλη 100% τρεις φορές. Στις δύο πρώτες αφυδατώσεις τα δείγματα παραμένουν στην αιθανόλη για 15 min, ενώ στην τελευταία για 1 h.
9. Αλλαγή διαλύτη από αιθυλική αλκοόλη σε προπυλενοξείδιο για 1 h. Το προπυλενοξείδιο χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσος διαλύτης μεταξύ της αιθυλικής αλκοόλης και των εποξικών ρητινών που χρησιμοποιούνται στο επόμενο στάδιο.



10. Εμποτισμός με ρητίνη: Στο φιαλίδιο προστίθεται ρητίνη και προπυλενοξείδιο σε ίσες ποσότητες και αφήνεται στον απαγωγό, ανοικτό, υπό συνεχή ανάδευση για 18 h, έτσι ώστε να εξατμιστεί το προπυλενοξείδιο και να μείνουν τα δείγματα σε ρητίνη 100%.
11. Έγκλειση των δειγμάτων σε καλούπια σιλικόνης με εποξική ρητίνη.
12. Πολυμερισμός στον κλίβανο στους 68 °C για 48-72 h.

## 2.2 Παρατήρηση δειγμάτων με το Μικροσκόπιο Φθορισμού

Η τεχνική αυτή μικροσκοπίας εφαρμόζεται για την παρατήρηση ουσιών ή κυτταρικών δομών που είτε φθορίζουν από τη φύση τους (αυτοφθορισμός), είτε γίνονται φθορίζουσες με τη χρήση χημικών ουσιών, «χρωστικών» που φθορίζουν (Φασσέας, 1999). Στην παρούσα μελέτη, τομές νωπών δειγμάτων παρατηρήθηκαν σε σταγόνα νερού (αυτοφθορισμός), αλλά και σε επαγωγέα φθορισμού. Στη δεύτερη περίπτωση, η χρώση των τομών έγινε με τριχλωριούχο αργίλιο ( $AlCl_3$ ) ή με Neutral Red.

### Αυτοφθορισμός

Ο αυτοφθορισμός των διαφόρων συστατικών αναγνωρίστηκε βάσει των χρωμάτων που αναφέρονται από τον Rost (1992), για φυτικούς ιστούς. Τα χρώματα αυτά, όταν ο ιστός φωτιστεί με υπεριώδη ακτινοβολία (330-385 nm) είναι τα εξής:

*Κυτταρίνη* → δεν φθορίζει

*Λιγνίνη* → φωτεινό γαλάζιο

*Χλωροφύλλη* → κόκκινο

*Σουμπερίνη* → γαλάζιο

*Κουτίνη* → γκρι

*Φαινολικά οξέα* → κίτρινο

### Τριγλωριούχο αργίλιο ( $AlCl_3$ )

Το διάλυμα τριγλωριούχου αργιλίου ( $AlCl_3$  5% σε νερό) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό φλαβονοειδών με το μικροσκόπιο φθορισμού. Ο φθορισμός που προκύπτει, όταν ο ιστός φωτιστεί με υπεριώδη ακτινοβολία (330-385 nm) είναι ως εξής:

Φλαβόνες → πρασινοκίτρινος

Φλαβονόνες → μπλέ

Φλαβονόλες → κίτρινος

Το  $AlCl_3$  μπορεί να διαλυθεί σε νερό αλλά και σε αιθυλική αλκοόλη. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι το ίδιο (Guerin et.al.,1971). Τομές από φρέσκο δείγμα τοποθετούνται σε σταγόνα διαλύματος χλωριούχο αργίλιο 5% σε νερό ή σε αιθυλική αλκοόλη.

### Neutral Red

Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό συνολικών λιπιδίων στο μικροσκόπιο φθορισμού. Τα λιπίδια εκπέμπουν μπλε-πράσινο ή κίτρινο φθορισμό ανάλογα με τη σύνθεσή τους (Clark, 1981). Το αντιδραστήριο παράγεται ως εξής: μια σταγόνα υδατικού διαλύματος 0,1% Neutral Red, με pH=6,5 προστίθεται σε μια σταγόνα θαλασσινού νερού. Οι τομές τοποθετούνται στο αντιδραστήριο και ακολουθεί άμεση παρατήρηση στο μικροσκόπιο φθορισμού.

### **2.3. Προετοιμασία παρασκευασμάτων για παρατήρηση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Η.Μ.Σ.)**

Το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης παράγει τρισδιάστατες εικόνες με μεγάλη λεπτομέρεια. Έχει διακριτική ικανότητα που φτάνει τα 3 nm. Το μικροσκόπιο αυτό χρησιμοποιεί μια δέσμη ηλεκτρονίων τα οποία σαρώνουν την επιφάνεια του παρασκευάσματος με πολύ μεγάλη ταχύτητα.

Ένα παρασκεύασμα για να παρατηρηθεί με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης πρέπει να έχει τις εξής ιδιότητες: α) να αντέχει στο υψηλό κενό, β) να αντέχει στο βομβαρδισμό ηλεκτρονίων και γ) να είναι αγώγιμο. Τα δείγματα προέρχονται από την επιδερμίδα των κονδύλων και έχουν μέγεθος 5X5 mm περίπου. Η διαδικασία αυτή έγινε μέσα σε τρυβλίο με μονιμοποιητικό στους 4 °C. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Μονιμοποίηση-Στερέωση με γλουταρική αλδεύδη 3% σε φωσφορικό ρυθμιστικό διάλυμα 0,1 M Sörensen με pH=7,2 σε φιαλίδιο των 5 ml για 24 h στους 4 °C.
2. Τρεις διαδοχικές εκπλύσεις με ρυθμιστικό διάλυμα επί 30 min η καθεμία.
3. Σταδιακή αφυδάτωση με ακετόνη αυξανόμενης συγκέντρωσης, 30%, 50%, 70%, 90%. Για κάθε μια συγκέντρωση τα δείγματα παραμένουν στην ακετόνη για 30 min. Ακολουθούν τρεις διαδοχικές αφυδατώσεις με ακετόνη 100%. Στις δύο πρώτες αφυδατώσεις τα δείγματα παραμένουν για τριάντα λεπτά και στην Τρίτη για 24h.
4. Ξήρανση στη συσκευή κρίσιμου σημείου (Critical Point Dryer, POLARON 3000). Στη συσκευή αυτή αντικαθίσταται η ακετόνη με υγρό CO<sub>2</sub> το οποίο στη συνέχεια μετατρέπεται σε αέριο αδιαβατικά και απομακρύνεται.
5. Επικόλληση των δειγμάτων σε υποδοχείς (stabs) με κόλλα UHU.
6. Επικάλυψη των δειγμάτων με καθαρό χρυσό, με εκκένωση αίγλης σε ατμόσφαιρα Ag. Η διαδικασία αυτή έγινε στον εξαχνωτή Denton-Vaccum DV-502.

## **2.4 Τμήση τομών και χρώση μονιμοποιημένων παρασκευασμάτων για παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο (Ο.Μ.) και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης (Η.Μ.Δ.)**

### **Οπτικό Μικροσκόπιο (Ο.Μ.)**

Η τμήση των τομών έγινε με τον υπερμικροτόμο, τύπου REICHERT OMU-III. Για το οπτικό μικροσκόπιο κόβονται ημίλεπτες τομές πάχους 1,5-2  $\mu\text{m}$ , με γυάλινα μαχαίρια τα οποία κατασκευάζονται στο εργαστήριο ηλεκτρονικής μικροσκοπίας με την ειδική συσκευή knife-maker της εταιρείας Reicher-Taab. Οι τομές αυτές τοποθετούνται σε σταγόνα αποσταγμένου νερού πάνω σε αντικειμενοφόρους πλάκες οι οποίες έχουν επικαλυφθεί με ζελατίνα που περιέχει  $\text{CrKSO}_2$ .

### **Χρώση με κυανούν της τολουιδίνης**

Η αντικειμενοφόρος με τις τομές τοποθετείται σε θερμαινόμενη πλάκα 70 – 80 °C και μόλις εξατμιστεί η σταγόνα του νερού γίνεται χρώση των τομών με κυανούν της τολουιδίνης 0,5% σε βόρακα 1%. Στη συνέχεια η χρωστική απομακρύνεται με έκπλυση με αποσταγμένο νερό και επικολλάται η καλυπτρίδα με εποξική ρητίνη.

### **Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης (Η.Μ.Δ.)**

Αρχικά εντοπίζεται με παρατήρηση στο Οπτικό Μικροσκόπιο η περιοχή που μας ενδιαφέρει να παρατηρήσουμε. Στη συνέχεια από την επιθυμητή περιοχή παίρνουμε τομές πάχους 50-100 nm για παρατήρηση στο Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο. Για την κοπή τομών του πάχους αυτού χρησιμοποιείται υπερμικροτόμος τύπου Reichert OMU-3. Το μαχαίρι κατασκευάζεται με ειδική συσκευή (Knife-maker της εταιρείας Reichart-taab). Στο μαχαίρι τοποθετείται αυτοκόλλητη ταινία η οποία στεγανοποιείται με οδοντιατρικό κερί και το κενό που σχηματίζεται γεμίζεται με μερικές σταγόνες απιονισμένου νερού. Με την τεχνική αυτή διακρίνεται το χρώμα των τομών και άρα μπορεί να εκτιμηθεί το πάχος τους, δεδομένου ότι οι τομές πάχους 50-100 nm έχουν χρώμα ασημί. Οι διαδοχικές τομές σχηματίζουν «ταινίες» κατά την επαφή τους στο νερό. Οι «ταινίες» αυτές τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικά πλέγματα χαλκού, (grids) διαμέτρου 3 mm τύπου ATHENA, hexagonal G75. Τα

grids καλύπτονται με λεπτή μεμβράνη που παρασκευάστηκε με διάλυμα πυροξυλίνης 2% σε οξικό αμυλεστέρα προκειμένου να κολλήσουν οι τομές (Φασσέας, 1999).

### **Διπλή χρώση Reynolds**

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται δυο χρωστικές, ο κιτρικός μόλυβδος και το οξικό ουρανύλιο. Η διαδικασία που ακολουθείται για την κάθε χρωστική είναι διαφορετική. Ειδικότερα για τον κιτρικό μόλυβδο, τα grids επιπλέουν σε 40-50 μl της χρωστικής για 15 min. Κατά τη χρώση με το οξικό ουρανύλιο κάθε grid τοποθετείται σε μια σταγόνα χρωστικής σε συνθήκες σκότους για 40 min. Οι δύο χρώσεις πραγματοποιούνται μέσα σε τρυβλίο Petri το οποίο είναι επιστρωμένο με σιλικόνη. Για την απορρόφηση του CO<sub>2</sub> και την αποφυγή σχηματισμού κρυστάλλων ανθρακικού μόλυβδου τοποθετούνται στο τρυβλίο κρύσταλλοι NaOH. Ακολουθεί ξέπλυμα των grids με 10-15 σταγόνες αποσταγμένου νερού. Τέλος, τα grids τοποθετούνται πάνω σε διηθητικό χαρτί με τις τομές προς τα πάνω προκειμένου να στεγνώσουν.

## **2.5 Ιστοχημεία**

Οι ιστοχημικές μέθοδοι εφαρμόστηκαν σε τομές νωπών και μονιμοποιημένων δειγμάτων και η παρατήρηση έγινε στο οπτικό μικροσκόπιο και στο μικροσκόπιο φθορισμού.

### **Αντιδραστήριο Wagner**

Το αντιδραστήριο χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αλκαλοειδών, αφού σχηματίζει μαζί τους καστανόχρωμα ιζήματα (Furr and Mahlebrg 1981) 1,25 gr κρυσταλλικού ιωδίου και 2 gr ιωδιούχου καλίου σε 100 ml αποσταγμένου νερού (ανάδευση για αρκετή ώρα). Η παρατήρηση γίνεται μετά από λίγα λεπτά σε σταγόνα νερού στο O.M.

### **Ερυθρό του ρουθηνίου**

Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό πολυσακχαριτών, πλην της κυτταρίνης, οι οποίοι εμφανίζονται ροζ έως κόκκινοι (Jensen, 1962). Παρασκευάζεται διάλυμα 0,05%

ερυθρό του ρουθηνίου σε νερό στο οποίο τοποθετούνται οι τομές που παραμένουν για 1-5 min. Ακολουθεί παρατήρηση σε νερό με το Ο.Μ.

#### **Διχρωμικό κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$ )**

Το αντιδραστήριο αυτό εντοπίζει φαινορικά, τα οποία χρωματίζονται σκούρο καφέ (<http://dbv.Fc.ul.pt/HistCit/protocols.pdf>). Τομές φρέσκου δείγματος τοποθετούνται σε διάλυμα διχρωμικού καλίου 10% σε νερό για 10 min. Ακολουθεί παρατήρηση σε σταγόνα νερού στο Ο.Μ.

## **2.6 Μικροσκόπια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τις μορφολογικές, ανατομικές και ιστοχημικές παρατηρήσεις.**

#### **Οπτικό Μικροσκόπιο (Ο.Μ.)**

Ο.Μ. τύπου OLYMPUS BX40, του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας, εφοδιασμένο με τα κατάλληλα εξαρτήματα για παρατηρήσεις σε φωτεινό ή σκοτεινό πεδίο, αντίθετης φάσης και επιφθορισμό. Για το φθορισμό, το φίλτρο διέγερσης που χρησιμοποιήθηκε είναι το BP 330-385, και το φίλτρο εκπομπής είναι το BA 420.

#### **Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης (Η.Μ.Δ.)**

Η.Μ.Δ. του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας, τύπου Zeiss EM9 S-2.

#### **Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (Η.Μ.Σ.)**

Η.Μ.Σ. του Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας, τύπου Jeol 6360

## **2.7 Φωτογράφιση**

Για το **οπτικό μικροσκόπιο** η λήψη φωτογραφιών έγινε με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή Olympus DP71 (Olympus, Tokyo, Japan).

Για τις **μικροφωτογραφίες** με το **ηλεκτρονικό μικροσκόπιο διέλευσης** χρησιμοποιήθηκαν ειδικές φωτογραφικές πλάκες Η.Μ.Δ. της Kodak τύπου 4489 70X70 mm, οι οποίες εμφανίστηκαν για 4 λεπτά σε εμφανιστή D19, στους 20 °C. Τα αρνητικά ψηφιοποιήθηκαν με σαρωτή τύπου EPSON PERFECTION 3170 PHOTO.

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης του εργαστηρίου, είναι εφοδιασμένο με σύστημα ψηφιακής φωτογράφισης.

## 2.8 Σύσταση διαλυμάτων

### Μονιμοποιητικό Διάλυμα Karnovsky

2 g παραφορμαλδεΰδης διαλύονται σε 25 ml αποσταγμένο νερό, στους 60-70 °C με ανάδευση. Προστίθεται 1 N NaOH σταγόνα-σταγόνα με συνεχή ανάδευση μέχρι το διάλυμα να γίνει διαυγές. Όταν κρυσταλλώσει το διάλυμα, προστίθενται 10 ml γλουταρικής αλδεΰδης 25% και συμπληρώνεται το διάλυμα μέχρι τα 50 ml με κακοδυλικό ρυθμιστικό διάλυμα. Το τελικό pH είναι 7,2.

### Ρυθμιστικό διάλυμα κακοδυλικού νατρίου (sodium cacodylate) (0.1 M)

2,15 g sodium cacodylate διαλύονται σε 100 ml αποσταγμένου νερού. Το pH ρυθμίζεται στο 7,2-7,4 με HCl. Διατηρείται στους 4 °C για μερικές ημέρες

### Ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών 0,1 M (Sörensen)

Διάλυμα stock A:  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  35,61 g/l

Διάλυμα stock B:  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  27,60 g/l

Τα διαλύματα A και B μπορούν να διατηρηθούν στους 4 °C για μερικές εβδομάδες. Για ρυθμιστικό διάλυμα με pH 7,2 36 ml από το A ανακατεύονται με 14 ml από το B και συμπληρώνεται μέχρι τα 100 ml με αποσταγμένο νερό.

### Συστατικά ρητίνης Spurr

10 g ERL, 7 g DER, 26 g NSA και 0,4 g S-1 (πολυμεριστή). Ανάδευση για αρκετή ώρα των παραπάνω συστατικών σε μαγνητικό αναδευτήρα.

### Επικάλυψη αντικειμενοφόρων με ζελατίνα (Grimstone and Skaer 1972)

1 g ζελατίνας/ 1 L χλιαρού αποσταγμένου νερού στο οποίο προστίθεται 0,1 g  $\text{CrKSO}_4$ . Σχολαστικά πλυμένες και στεγνωμένες αντικειμενοφόροι, εμβαπτίζονται στο διάλυμα όταν αυτό κρυσταλλώσει και αφήνονται να στεγνώσουν, σε κατακόρυφη θέση, σε χώρο χωρίς σκόνη.

### Κιτρικός μόλυβδος

0,1-0,2 g NaOH διαλύονται σε 50 ml αποσταγμένου νερού, όπου και διαλύονται 0,25 g κιτρικός μόλυβδος.

## 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 3.1. Δείγμα 1 (έλεγχος).

#### 3.1.1. Οπτικό μικροσκόπιο

Οι φωτογραφίες από το οπτικό μικροσκόπιο είναι από κάθετες τομές προς την επιφάνεια του κονδύλου και περιλαμβάνουν το φελλό και το φελλόδερμα, στην περιοχή του περιδέρματος και μερικές στρώσεις αποθηκευτικών κυττάρων στην περιοχή του φλοιώδους παρεγχύματος.

Στην περιοχή του περιδέρματος διακρίνονται από έξω προς τα μέσα ο φελλός και το φελλόδερμα. Τα κύτταρα του φελλού εμφανίζονται μερικώς συμπιεσμένα στις **Εικόνες 1α,1β** και τα κύτταρα του φελλοδέρματος εμφανίζονται μικρά σε σχήμα παραλληλόγραμμου διατεταγμένα σε σειρές χωρίς εμφανή οργανίδια.

Στην περιοχή του φλοιού διακρίνονται τα αποθηκευτικά κύτταρα, το μέγεθος των οποίων αυξάνει προς το εσωτερικό του κονδύλου, και στα οποία παρατηρείται συσσωρευμένο άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων. Στην περιοχή αυτή απαντώνται μεμονωμένα κύτταρα με παχιά κυτταρικά τοιχώματα σε ορισμένα από τα οποία φαίνεται να συσσωρεύεται άμυλο στο πρωτόπλασμά τους (**Εικόνα 1β**). Ευδιάκριτοι επιπλέον στην περιοχή του φλοιού είναι οι μεσοκυττάριοι χώροι οι οποίοι ωστόσο δεν φαίνονται στην περιοχή του περιδέρματος.

Στην **Εικόνα 1γ** παρατηρούνται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση τα αποθηκευτικά κύτταρα και οι μεσοκυττάριοι χώροι του φλοιώδους παρεγχύματος (**βέλη**).

Επίσης, σε μεγέθυνση παρατηρείται το παχύτοιχο κύτταρο του αποθηκευτικού παρεγχύματος στη μια πλευρά του οποίου παρατηρείται δομή που μοιάζει με βοθρίο, ενώ στο πρωτόπλασμά του παρατηρούνται συμπαγείς αμυλόκοκκοι (**Εικόνα 1δ**).



### 3.1.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης.

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ:** Στην *Εικόνα 1ε* παρατηρούνται οι αμυλόκοκκοι ενός πλαστιδίου το οποίο έχει διαφοροποιηθεί σε αμυλοπλάστη σε ένα τυπικό αποθηκευτικό κύτταρο του φλοιώδους παρεγχύματος. Στην περιφέρεια των αμυλοκόκκων διακρίνεται λεπτή στοιβάδα κυτταροπλάσματος, ενώ στην τομή τους είναι εμφανής η σταδιακή αποδόμηση του αμύλου που φαίνεται να ξεκινάει από το κέντρο του. Οι ακτινωτές ραβδώσεις που φαίνονται στην τομή τους είναι ψευδοδομές και αποτελούν αναδιπλώσεις της τομής.

Η *Εικόνα 1ζ* εμφανίζει σε μεγαλύτερη μεγέθυνση τον αμυλοπλάστη ενός αποθηκευτικού κυττάρου, στην περιφέρεια του οποίου εκτός από την πλαστιδιακή μεμβράνη παρατηρείται στρώση κυτταροπλασματικού υλικού μέσα στο οποίο διακρίνονται μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου οι οποίες φαίνεται να φέρουν ριβοσώματα, κρύσταλλος μέσα σε κυστίδιο, οργανίδιο golgi και μιτοχόνδριο.

**ΚΥΤΤΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην *Εικόνα 1η* τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος φαίνεται να συγκεντρώνονται κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα. Πιθανόν το υπόλοιπο τμήμα του κυττάρου να καταλαμβάνεται από το χυμοτόπιο. Μέσα στο κυτταρόπλασμα παρατηρούνται αρκετά μιτοχόνδρια τα οποία έχουν σφαιρική κυρίως μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία. Επίσης παρατηρούνται μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου οι οποίες φαίνεται να φέρουν πολυάριθμα ριβοσώματα και σε ορισμένα σημεία να διογκώνονται σχηματίζοντας κυστίδια (**βέλη**).

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στην *Εικόνα 1ι* παρατηρείται σε εγκάρσια τομή παχύτοιχο κύτταρο από την περιοχή του φλοιώδους παρεγχύματος το οποίο φαίνεται να επικοινωνεί μέσω πλασμοδεσμών με γειτονικό κύτταρο. Οι πλασμοδέσμες εμφανίζονται σε ομάδες, σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος και στο σημείο αυτό η κυτταρική μεμβράνη διακρίνεται περισσότερο πυκνή ηλεκτρονικά.

Επιπλέον, στο σημείο που σχηματίζονται οι πλασμοδέσμες διακρίνονται διάφοροι μεμβρανώδεις σχηματισμοί που έχουν μορφή κυστιδίων καθώς επίσης και μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα. Πιθανόν τα κυστίδια αυτά να συμμετέχουν στη διακίνηση συστατικών μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων. Η *Εικόνα 1κ* εμφανίζει σε μεγαλύτερη μεγέθυνση το σημείο μεταξύ των δυο γειτονικών κυττάρων που σχηματίζονται οι πλασμοδέσμες.

## 3.2 Δείγμα 2 (έλεγχος).

### 3.2.1 Οπτικό Μικροσκόπιο.

Στην **Εικόνα 2α** παρατηρείται κάθετη τομή προς την επιφάνεια του κονδύλου όπου διακρίνονται το φελλόδερμα και μερικές στρώσεις αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος.

Τα κύτταρα του φελλοδέρματος έχουν σχήμα παραλληλόγραμμου χωρίς εμφανή οργανίδια. Τα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού συσσωρεύουν άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων και το μεγέθός τους φαίνεται να αυξάνει προς το εσωτερικό του κονδύλου. Μεταξύ των κυττάρων αυτών διακρίνεται παχύτοιχο κύτταρο το οποίο φαίνεται να συσσωρεύει άμυλο. Ευδιάκριτοι επιπλέον στην περιοχή αυτή είναι οι μεσοκυττάριοι χώροι (**βέλη**). Στο εσωτερικό των αποθηκευτικών κυττάρων παρατηρούνται οι αμυλόκοκκοι οι οποίοι, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2β** είναι συμπαγείς και ο πυρήνας ο οποίος έχει ελλειψοειδή μορφή και εντοπίζεται στην άκρη των κυττάρων.

### 3.2.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ:** Η **Εικόνα 2γ** εμφανίζει τον πυρήνα και τον αμυλοπλάστη ενός αποθηκευτικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Στην περιφέρεια του αμυλόκοκκου διακρίνεται ο πλαστιδιακός φάκελος, ενώ το στρώμα του πλαστιδίου περιορίζεται σε ένα μικρό τμήμα της περιφέρειας του. Το κενό στο κέντρο του αμυλόκοκκου δηλώνει την υδρόλυση του αμύλου και οι ακτινωτές ραβδώσεις αποτελούν αναδιπλώσεις της τομής.

Ο πυρήνας εμφανίζει ελλειψοειδή μορφή και είναι ευδιάκριτο σε αυτόν η διπλή πυρηνική μεμβράνη (πυρηνικός φάκελος) και το πυρηνόπλασμα.

Τα μιτοχόνδρια που παρατηρούνται κοντά στον πυρήνα έχουν σφαιρική μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία. Στο σημείο αυτό διακρίνεται επίσης μεμβράνη ενδοπλασματικού δικτύου με τη μορφή κυστιδίου.

**ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην **Εικόνα 2δ** παρατηρείται το πρωτόπλασμα ενός τυπικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Ο πυρήνας εντοπίζεται κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα στη μια πλευρά του κυττάρου, ενώ τα υπόλοιπα οργανίδια του κυτταροπλάσματος εντοπίζονται σε θέσεις κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα, στις δύο

πλευρές του κυττάρου. Τα οργανίδια που διακρίνονται στις θέσεις αυτές είναι τα εξής: μιτοχόνδρια που έχουν σφαιρική μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία, μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα και κυστίδια. Το υπόλοιπο τμήμα του κυττάρου φαίνεται να καταλαμβάνεται από το χυμοτόπιο.

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στην *Εικόνα 2ε* παρατηρείται σε εγκάρσια τομή τμήμα των κυτταρικών τοιχωμάτων δυο γειτονικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα κύτταρα αυτά φαίνεται να επικοινωνούν μέσω γραμμικών πλασμοδεσμών οι οποίες καταλήγουν σε ένα κοινό θάλαμο (**βέλος, Εικόνα 2ζ**). Επιπλέον, στο κυτταρόπλασμα και των δυο γειτονικών κυττάρων, το οποίο φαίνεται να περιορίζεται κοντά στο κύτταρικό τοίχωμα, διακρίνονται μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα και μεβρανώδεις σχηματισμοί με την μορφή κυστιδίων. Η εμφάνιση των δομών αυτών κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα σε σημεία όπου σχηματίζονται οι πλασμοδέσμες ενισχύει την υπόθεση ότι τα κυστίδια συμμετέχουν στη διακίνηση συστατικών μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων.

### 3.3 Δείγμα 3.

#### 3.3.1 Οπτικό Μικροσκόπιο

Η φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο είναι από κάθετη τομή προς την επιφάνεια του κονδύλου και περιλαμβάνει το φελλόδερμα και μερικές στρώσεις κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα κύτταρα του φελλοδέρματος εμφανίζονται στην *Εικόνα 3α* μερικώς συμπίεσμένα, σε σχήμα παραλληλόγραμμου χωρίς εμφανή οργανίδια. Τα κύτταρα του φλοιώδους παρεγχύματος στην ίδια εικόνα φαίνεται να συσσωρεύουν άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων και το μέγεθός τους να αυξάνεται προς το εσωτερικό του κονδύλου. Μεταξύ των αποθηκευτικών αυτών κυττάρων διακρίνονται και μεμονωμένα παχύτοιχα κύτταρα τα οποία συσσωρεύουν και αυτά άμυλο στο πρωτόπλασμά τους (**βέλη**). Εμφανείς είναι επίσης στην περιοχή αυτή οι μεσοκυττάριοι χώροι (**βέλη**) οι οποίοι είναι περισσότερο ευδιάκριτοι στην *Εικόνα 3β*. Στην ίδια εικόνα, παρατηρείται κοντά στο κύτταρικό τοίχωμα των αποθηκευτικών κυττάρων ο πυρήνας γύρω από τον οποίο συσσωρεύονται οι αμυλόκοκκοι. Οι πυρήνες φαίνεται να έχουν αμοιβαδοειδή μορφή και οι αμυλόκοκκοι να είναι κενοί στο κέντρο τους. Τέλος, στα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος διακρίνεται

κρυσταλλική δομή (**βέλος**), η οποία αποδεικνύεται ότι είναι πρωτεϊνικής φύσης, λόγω του ότι δίνει θετική αντίδραση κατά το χειρισμό με Aniline blue black. (**Εικόνα 3γ**).

### **3.3.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης**

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ-ΠΥΡΗΝΑΣ:** Η **Εικόνα 3δ** εμφανίζει τον πυρήνα ενός αποθηκευτικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος, γύρω από τον οποίο συσσωρεύονται οι αμυλόκοκκοι. Ο πυρήνας παρατηρείται να έχει αμοιβαδοειδή μορφή και ο πυρηνίσκος να είναι έντονα ηλεκτρονιακά πυκνός. Στην περιφέρεια των αμυλοκόκκων διακρίνεται ένα τμήμα της πλαστιδιακής μεμβράνης, ενώ οι ακτινωτές ραβδώσεις που φαίνονται στην τομή τους είναι ψευδοδομές.

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στην **Εικόνα 3ε** παρατηρείται σε εγκάρσια τομή τμήμα των κυτταρικών τοιχωμάτων δυο γειτονικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα κύτταρα αυτά φαίνεται να επικοινωνούν μέσω πλασμοδεσμών οι οποίες καταλήγουν σε ένα κοινό θάλαμο (**βέλος**). Πιθανόν στον θάλαμο αυτό να συσσωρεύονται συστατικά που διακινούνται μέσω των πλασμοδεσμών και να μεταφέρονται στα γειτονικά κυτταρικά διαμερίσματα.

**ΒΟΘΡΙΑ:** Στην **Εικόνα 3ζ** παρατηρείται σε εγκάρσια τομή τμήμα του κυτταρικού τοιχώματος ενός παχύτοιχου κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Στο δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα του κυττάρου αυτού διακρίνονται απλές σωληνόμορφες δομές που μοιάζουν με βοθρία (**βέλη**). Παρόμοιες δομές (**βέλη**) διακρίνονται στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα δύο γειτονικών παχύτοιχων κυττάρων (**Εικόνα 3η**).

## **3.4 Δείγμα 4.**

### **3.4.1 Οπτικό Μικροσκόπιο**

Η φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο είναι από κάθετη τομή προς την επιφάνεια του κονδύλου και περιλαμβάνει το φελλό και το φελλόδερμα στην περιοχή του

περιδέρματος και μερικές στρώσεις αποθηκευτικών κυττάρων στην περιοχή του φλοιώδους παρεγχύματος.

Στην **Εικόνα 4α** στην περιοχή του περιδέρματος διακρίνονται συμπιεσμένα τα κύτταρα του φελλοδέρματος.

Στην περιοχή του φλοιού διακρίνονται τα αποθηκευτικά κύτταρα τα οποία συσσωρεύουν άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων και το μέγεθός τους αυξάνει προς το εσωτερικό του κονδύλου. Μεταξύ των κυττάρων αυτών είναι ευδιάκριτο μεμονωμένο κύτταρο με παχύ κυτταρικό τοίχωμα το οποίο συσσωρεύει και αυτό άμυλο στο πρωτόπλασμα του. Επιπλέον, στην περιοχή αυτή παρατηρούνται μεσοκυττάρια χώροι (**βέλη**).

Η **Εικόνα 4β** εμφανίζει σε μεγαλύτερη μεγέθυνση τους αμυλόκοκκους, ενός αποθηκευτικού κυττάρου οι οποίοι φαίνεται στο κέντρο τους να έχουν κενό (**βέλη**). Επιπλέον, στην ίδια εικόνα διακρίνεται στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα σε μια πλευρά του παχύτοιχου κυττάρου μια ασυνέχεια που πιθανόν να αποτελεί ένα βοηθητικό πεδίο.

#### **3.4.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διεύλυσης**

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ-ΠΥΡΗΝΑΣ:** Η **Εικόνα 4γ** εμφανίζει τον πυρήνα και τους αμυλοπλάστες ενός αποθηκευτικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Ο πυρήνας έχει αμοιβαδοειδή μορφή και είναι εμφανής σε αυτόν το πυρηνόπλασμα και ο πυρηνικός φάκελλος.

Οι αμυλόκοκκοι στην **Εικόνα 4γ** φαίνεται να περιβάλλονται από την πλαστιδιακή μεμβράνη η οποία όπως φαίνεται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στην **Εικόνα 4δ**, φαίνεται ν' απομακρύνεται από τον αμυλόκοκκο.

Επιπλέον, στην **Εικόνα 4γ** διακρίνονται στην περιοχή γύρω από τον πυρήνα μερικά μιτοχόνδρια τα οποία έχουν σφαιρική μορφή με πυκνή θεμελιώδη ουσία και πολλά cristae τα οποία εμφανίζονται ως κυστίδια.

Σε θέσεις κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα παρατηρούνται επίσης διάφοροι μεμβρανώδεις σηματομοί με τη μορφή κυστιδίων. Στην εικόνα 4δ τα κυστίδια αυτά φαίνεται να συντήκονται με την κυτταρική μεμβράνη.

Πιθανόν ο ρόλος τους να είναι η μεταφορά συστατικών μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων.

**ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην *Εικόνα 4ε* παρατηρείται το πρωτόπλασμα ενός τυπικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Το μεγαλύτερο τμήμα του κυττάρου φαίνεται να καταλαμβάνεται από το χυμοτόπιο. Η κοκκιώδης υφή που εμφανίζει το χυμοτόπιο δηλώνει τη συσσώρευση ταννινών πιθανόν λόγω τραυματισμού του ιστού.

Το κυτταρόπλασμα εντοπίζεται κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα όπου σχηματίζει μια λεπτή και ηλεκτρονικά πυκνή στοιβάδα.

### 3.5 Δείγμα 5

#### 3.5.1 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ ΠΥΡΗΝΑΣ:** Στην *Εικόνα 5α* παρατηρείται ένα τυπικό αποθηκευτικό κύτταρο του φλοιώδους παρεγχύματος στο πρωτόπλασμα του οποίου φαίνεται ο πυρήνας γύρω από τον οποίο συσσωρεύονται οι αμυλόκοκκοι.

Ο πυρήνας δεν εμφανίζεται έντονα αμοιβαδοειδής και είναι ευδιάκριτα σε αυτόν το πυρηνόπλασμα και ο πυρηνίσκος ο οποίος φαίνεται έντονα ηλεκτρονικά πυκνός. Στην *Εικόνα 5β* διακρίνεται και η διπλή πυρηνική μεμβράνη (πυρηνικός φάκελος).

Οι αμυλόκοκκοι φαίνεται να περιβάλλονται από την πλαστιδιακή μεμβράνη.

Επιπλέον, στην περιοχή γύρω από τον πυρήνα αλλά και σε σημεία κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα διακρίνονται μιτοχόνδρια τα οποία έχουν σφαιρική μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία. Στην *Εικόνα 5β* στην περιοχή γύρω από τον πυρήνα διακρίνονται εκτός από τα μιτοχόνδρια και μερικές μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου οι οποίες φαίνεται να φέρουν ριβοσώματα και σε ορισμένα σημεία να διογκώνονται και να σχηματίζουν κυστίδια.

**ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην *Εικόνα 5γ* παρατηρούνται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος ενός τυπικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.

Τα μιτοχόνδρια έχουν σφαιρικό ή ωοειδές πεπλατυσμένο σχήμα, πυκνή θεμελιώδη ουσία και πολλά cristae τα οποία εμφανίζονται ως κυστίδια. Οι μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου φαίνεται να φέρουν πολυάριθμα ριβοσώματα και σε

ορισμένα σημεία να διογκώνονται σχηματίζοντας κυστίδια. Τα μεγαλύτερα σε διάμετρο κενά κυστίδια (βέλη) που παρατηρούνται αποτελούν μικρά χυμοτόπια.

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στην *Εικόνα 5δ* παρατηρείται σε εγκάρσια τομή ένα τμήμα του κυτταρικού τοιχώματος ενός κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.

Στο κυτταρικό τοίχωμα έχει σχηματιστεί πλασμοδέσμη η οποία φαίνεται να συνδέεται με μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου. Οι μεμβράνες αυτές φέρουν ριβοσώματα και απαντώνται και σε άλλες θέσεις κατά μήκος του κυτταρικού τοιχώματος.

Στην εικόνα αυτή διακρίνεται επιπλέον οργανίδιο golgi, μιτοχόνδριο και χυμοτόπια τα οποία εμφανίζονται ως κενά κυστίδια (**βέλη**).

**ΒΟΘΡΙΑ:** Η ασυνέχεια (**βέλος**) που παρατηρείται στο κυτταρικό τοίχωμα παχύτοιχου κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος αποτελεί βοθητικό πεδίο (βπ), (*Εικόνα 5ε*).

## 3.6 Δείγμα 6.

### 3.6.1 Οπτικό Μικροσκόπιο

Η φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο (*Εικόνα 6α*) είναι από κάθετη τομή προς την επιφάνεια του κονδύλου και περιλαμβάνει το περίδερμα και μερικές στρώσεις αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος.

Το περίδερμα (**βέλος**) στην εικόνα αυτή εμφανίζεται συμπιεσμένο, με συνέπεια οι επιμέρους ιστοί (φελλός και φελλόδερμα) να μην διακρίνονται.

Στην περιοχή του φλοιού διακρίνονται τα αποθηκευτικά κύτταρα τα οποία συσσωρεύουν άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων. Το μέγεθος των κυττάρων αυτών αυξάνει προς το εσωτερικό του κονδύλου. Επιπλέον ευδιάκριτοι στην περιοχή αυτή είναι οι μεσοκυττάριοι χώροι (**βέλη**). Οι *Εικόνες 6β,6γ* εμφανίζουν σε μεγαλύτερη μεγέθυνση τα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού εντός των οποίων διακρίνονται με μεγαλύτερη ευκρίνεια οι αμυλόκοκκοι και οι πυρήνες. Ειδικότερα, οι πυρήνες

εντοπίζονται παραπλήσια του κυτταρικού τοιχώματος, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6β** και η μορφή τους είναι σφαιρική όπως φαίνεται στην **Εικόνα 6γ** όπου η παρατήρηση έχει γίνει με τον ελαιοκαταδυτικό φακό.

Οι αμυλόκοκκοι και στις δύο εικόνες διακρίνονται συμπαγείς στην πλειονότητά τους, ενώ ορισμένοι από αυτούς διακρίνονται στο κέντρο τους να έχουν κενό.

Τέλος, οι μεσοκυττάριοι χώροι εμφανίζονται μικροί (**Εικόνα 6β, βέλη**).

### **3.6.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης**

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ-ΠΥΡΗΝΑΣ:** Στην **Εικόνα 6δ** παρατηρείται ο αμύλοπλάστης και ένα τμήμα του πυρήνα ενός αποθηκευτικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.

Στην περιφέρεια του αμυλόκοκκου διακρίνεται πλαστιδιακός φάκελος, ενώ το στρώμα του πλαστιδίου φαίνεται να περιορίζεται σε ένα μικρό τμήμα της περιφέρειάς του. Το κέντρο του αμυλόκοκκου εμφανίζεται κενό (**βέλος**) και οι ακτινωτές ραβδώσεις στην τομή του είναι ψευδοδομές. Στην περιοχή γύρω από τον αμυλοπλάστη διακρίνονται αρκετά μιτοχόνδρια τα οποία έχουν σφαιρική μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία, μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα, και κρύσταλλος μέσα σε κυστίδιο. Ολόκληρη η επιφάνεια του πυρήνα παρατηρείται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στην **Εικόνα 6ε** όπου είναι εμφανή η διπλή πυρηνική μεμβράνη και το πυρηνόπλασμα.

**ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην **Εικόνα 6ζ** παρατηρούνται τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος ενός κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα μιτοχόνδρια εμφανίζονται σε θέσεις κόντά στο κυτταρικό τοίχωμα στις δυο πλευρές του κυττάρου. Η μορφή τους είναι σφαιρική και φαίνεται να έχουν πυκνή θεμελιώδη ουσία και πολλά cristae. Παραπλήσια του κυτταρικού τοιχώματος διακρίνονται επίσης μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου οι οποίες φαίνεται να φέρουν ριβοσώματα. Επιπλέον σε θέση κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα παρατηρείται κυστίδιο το οποίο φαίνεται να συντήκεται με την κυτταρική μεμβράνη. Ο ρόλος του παρατειχικού αυτού σωματίου πιθανόν να είναι, είτε η δευτερογενής πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος, είτε η μετακίνηση διαφόρων συστατικών μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων. Οι εγκοιλώσεις που διακρίνονται σε όλο το μήκος της κυτταρικής



μεμβράνης πιθανόν να σχετίζονται με την προσκόλληση ή αποκόλληση των παρατοϊχικών σωματίων. Τέλος, μέσα στο κυτταρόπλασμα διακρίνονται κρυσταλλικές δομές μέσα σε κυστίδια.

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στην *Εικόνα 6η* παρατηρούνται σε εγκάρσια τομή τμήμα τα κυτταρικά τοιχώματα δυο γειτονικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα κύτταρα αυτά φαίνεται να επικοινωνούν μέσω γραμμικών πλασμοδεσμών οι οποίες καταλήγουν σε έναν κοινό θάλαμο (**βέλος**). Στην περιοχή γύρω από τις πλασμοδέσμες διακρίνεται μιτοχόνδριο και μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φαίνεται να φέρουν ριβοσώματα. Η ύπαρξη των οργανιδίων αυτών κοντά στις πλασμοδέσμες δηλώνει ενεργό μεταφορά.

### 3.7 Δείγμα 7.

#### 3.7.1 Οπτικό Μικροσκόπιο.

Η φωτογραφία από το οπτικό μικροσκόπιο είναι από κάθετη τομή προς την επιφάνεια του κονδύλου και περιλαμβάνει το περίδερμα και μερικές στρώσεις αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος.

Το περίδερμα στην *Εικόνα 7β* εμφανίζεται συμπιεσμένο με συνέπεια οι επιμέρους ιστοί (φελλός και φελλόδερμα) να μην διακρίνονται. Ο κενός χώρος (**βέλος**) που εμφανίζεται μεταξύ του περιδέρματος και των εξωτερικών στρώσεων του αποθηκευτικού παρεγχύματος πιθανόν να οφείλεται σε μικροτραυματισμό των ιστών στη συγκεκριμένη περιοχή.

Στην περιοχή του φλοιού διακρίνονται τα αποθηκευτικά κύτταρα τα οποία συσσωρεύουν άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων. Το μέγεθος των κυττάρων αυτών φαίνεται να αυξάνει προς το εσωτερικό του κονδύλου. Επιπλέον, τα κύτταρα στην περιοχή αυτή εμφανίζονται συμπιεσμένα λόγω αφυδάτωσης και κατά συνέπεια οι μεσοκυττάριοι χώροι διακρίνονται μικροί. Ευδιάκριτα επίσης στην περιοχή αυτή είναι τα παχύτοιχα κύτταρα στα οποία φαίνεται να συσσωρεύεται άμυλο.

Στην **Εικόνα 7γ** διακρίνονται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση οι αμυλόκοκκοι και οι πυρήνες των αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιού. Οι πυρήνες εμφανίζονται πολύ κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα και έχουν σφαιρική μορφή. Οι αμυλόκοκκοι στο κέντρο τους φαίνεται να έχουν κενό.

### **3.7.2 Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης**

**ΠΛΑΣΤΙΔΙΑ-ΠΥΡΗΝΑΣ:** Στην **Εικόνα 7δ** παρατηρούνται οι αμυλόκοκκοι ενός αποθηκευτικού κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.

Στην **Εικόνα 7ε** παρατηρείται ο πυρήνας ενός αποθηκευτικού κυττάρου η μορφή του οποίου τείνει προς το σφαιρικό και είναι ευδιάκριτα σε αυτόν το πυρηνόπλασμα και ο πυρηνικός φάκελος.

**ΚΥΤΤΑΡΟΠΛΑΣΜΑ:** Στην **Εικόνα 7ζ** τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος φαίνεται να συγκεντρώνονται σε θέσεις κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα.

Τα οργανίδια που διακρίνονται στις θέσεις αυτές είναι τα εξής: μιτοχόνδρια που έχουν σφαιρική μορφή και πυκνή θεμελιώδη ουσία, μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου και σφαιρικά κυστίδια που φέρουν ριβοσώματα και κρυσταλλική δομή μέσα σε κυστίδιο.

**ΠΛΑΣΜΟΔΕΣΜΕΣ:** Στις **Εικόνες 7η,7θ** παρατηρούνται σε εγκάρσια τομή τα κυτταρικά τοιχώματα δυο γειτονικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος. Τα κύτταρα αυτά φαίνεται να επικοινωνούν μέσω γραμμικών πλασμοδεσμών οι οποίες καταλήγουν σε έναν κοινό θάλαμο (**βέλη**). Στην **Εικόνα 7θ** παρατηρείται με μεγαλύτερη ευκρίνεια η κοιλότητα διαμέσω της οποίας επικοινωνούν οι πλασμοδέσμες των δυο γειτονικών κυττάρων.

Στην περιοχή γύρω από τις πλασμοδέσμες διακρίνονται αρκετά μιτοχόνδρια και μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα. Τα οργανίδια αυτά δηλώνουν έντονη ενεργό μεταφορά.

Επιπλέον, η κυτταρική μεμβράνη φαίνεται σε όλο το μήκος της να έχει εγκολπώσεις στις οποίες πιθανόν να προσκολλώνται τα κυστίδια μεταφοράς.

## **ΙΣΤΟΧΗΜΕΙΑ.**

Οι ιστοχημικές μέθοδοι εφαρμόστηκαν με στόχο την ανίχνευση της χημικής σύστασης των παχύτοιχων κυττάρων του αποθηκευτικού παρεγχύματος.

Παρακάτω αναφέρεται η αντίδραση των κυττάρων αυτών (θετική ή αρνητική) κατά το χειρισμό των δειγμάτων με τα διάφορα αντιδραστήρια. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι από τους χειρισμούς αυτούς προκύπτουν ενδείξεις, όπως για παράδειγμα η εμφάνιση χρωμάτων με συνέπεια οι ιστοχημικές αναλύσεις να μην μπορούν να χαρακτηριστούν πάντα ως ακριβείς.

Πριν την εφαρμογή των διαφόρων χημικών αντιδραστηρίων, τα δείγματα από την επιδερμίδα των κονδύλων διεγέρθηκαν με υπεριώδη ακτινοβολία και φάνηκε τα κύτταρα του περιδέρματος καθώς επίσης και τα παχύτοιχα κύτταρα να εκπέμπουν γαλάζιο φθορισμό (*Εικόνες 8α,8β,8γ*), γεγονός που οφείλεται στον αυτοφθορισμό της σουβερίνης.

Τα αντιδραστήρια με τα οποία χειρίστηκαν τα δείγματα από την επιδερμίδα των κονδύλων είναι τα ακόλουθα:

**Αντιδραστήριο Wagner:** Το αντιδραστήριο αυτό χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό αλκαλοειδών. Δίνει θετική αντίδραση στην περιοχή του φελλοδέρματος και στις εξωτερικές στρώσεις κυττάρων του αποθηκευτικού παρεγχύματος (*Εικόνα 13*), γεγονός που δηλώνει ότι στα κύτταρα αυτά πιθανό να συσσωρεύονται αλκαλοειδή. Οι μαύρες κηλίδες που εμφανίζονται στην περιοχή του αποθηκευτικού παρεγχύματος οφείλονται στην αντίδραση του αμύλου με το ιώδιο το οποίο αποτελεί συστατικό του αντιδραστηρίου.

**Ερυθρό του ρουθηνίου:** Το αντιδραστήριο αυτό χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό πολυσακχαριτών, πλην της κυτταρίνης, οι οποίοι χρωματίζονται ροζ έως κόκκινοι. Όπως φαίνεται στις *Εικόνες 14α,14β,14γ* θετική αντίδραση δίνει το μεσοτοίχιο το

οποίο χρωματίζεται ροζ, ενώ το παχύ κυτταρικό τοίχωμα δεν φαίνεται να επηρεάζεται.

**Φλωρογλυκίνη**: Το αντιδραστήριο αυτό χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό λιγνίνης. Τα παχύτοιχα κύτταρα δεν δίνουν τον χαρακτηριστικό βυσσινί-κόκκινο χρωματισμό

**Sudan IV**: Με το αντιδραστήριο αυτό εντοπίζεται η κουτίνη, η σουβερίνη και τα λιπίδια τα οποία χρωματίζονται κόκκινα. Και με αυτό το χειρισμό τα παχύτοιχα κύτταρα δεν δίνουν θετική αντίδραση.

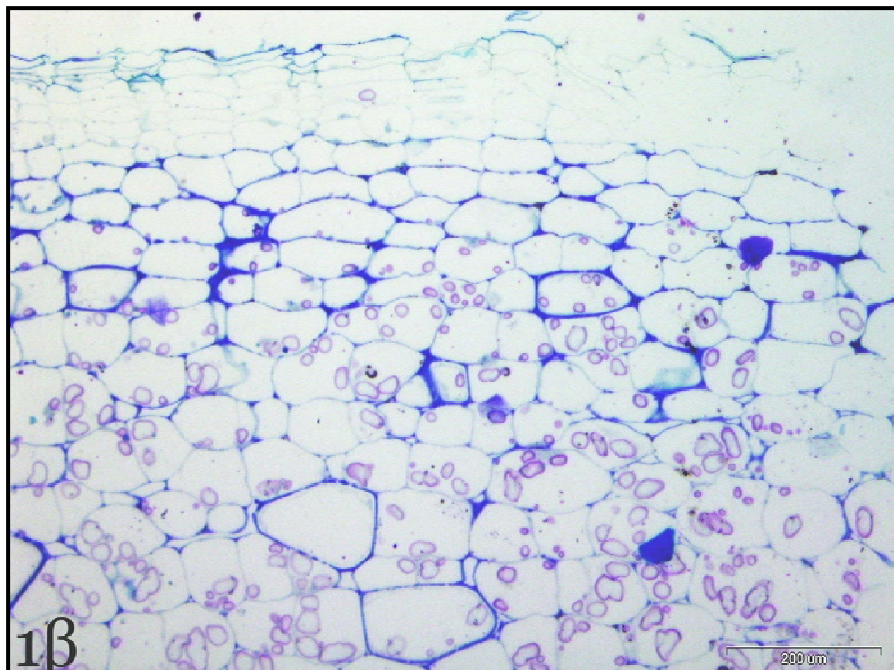
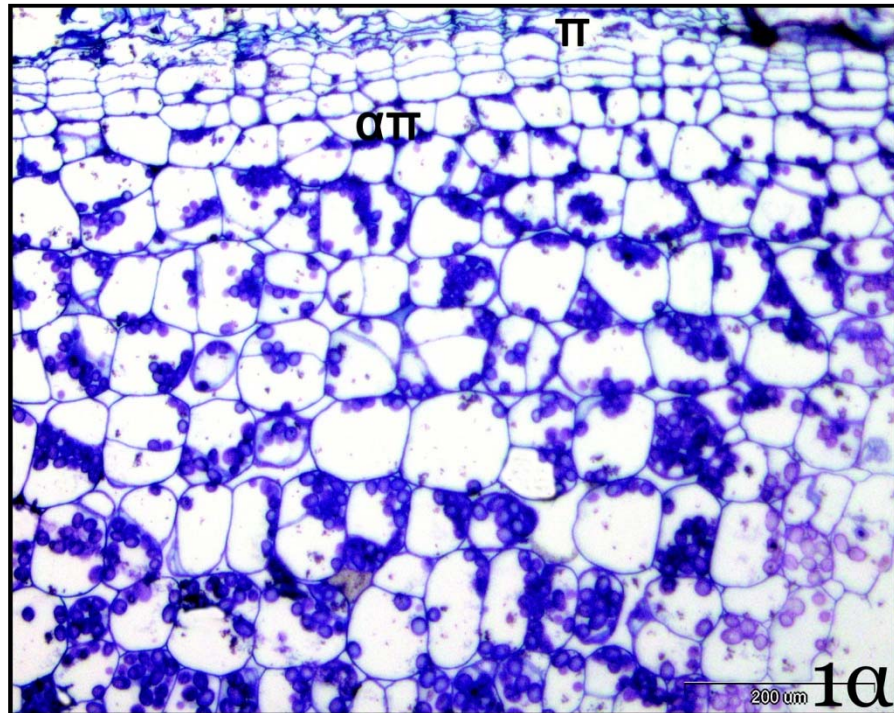
**Διγρωμικό Κάλιο ( $K_2Cr_2O_7$ )**: Το αντιδραστήριο αυτό χρωματίζει τα φαινολικά σκούρο καφέ. Τα παχύτοιχα κύτταρα και με αυτό το χειρισμό δίνουν αρνητική αντίδραση.

**Fast Blue BB Salt**: Το αντιδραστήριο αυτό χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό φαινολικών ενώσεων, οι οποίες αποκτούν χρώμα κόκκινο ή καφέ. Η αντίδραση των παχύτοιχων κυττάρων και σε αυτό το χειρισμό είναι αρνητική.

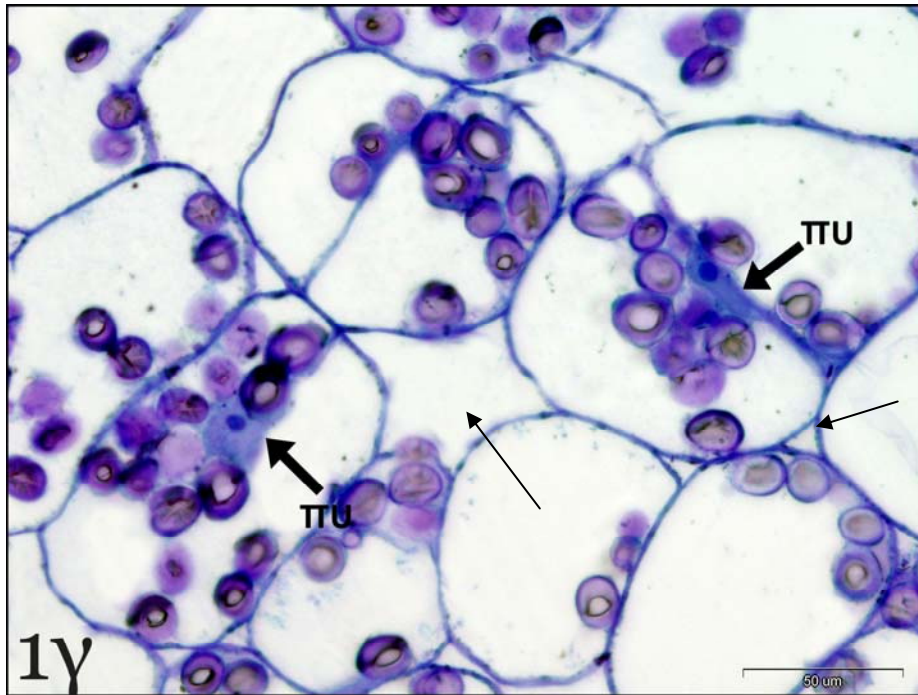
## 4. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ

### 4.1 Οπτικό Μικροσκόπιο-Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης

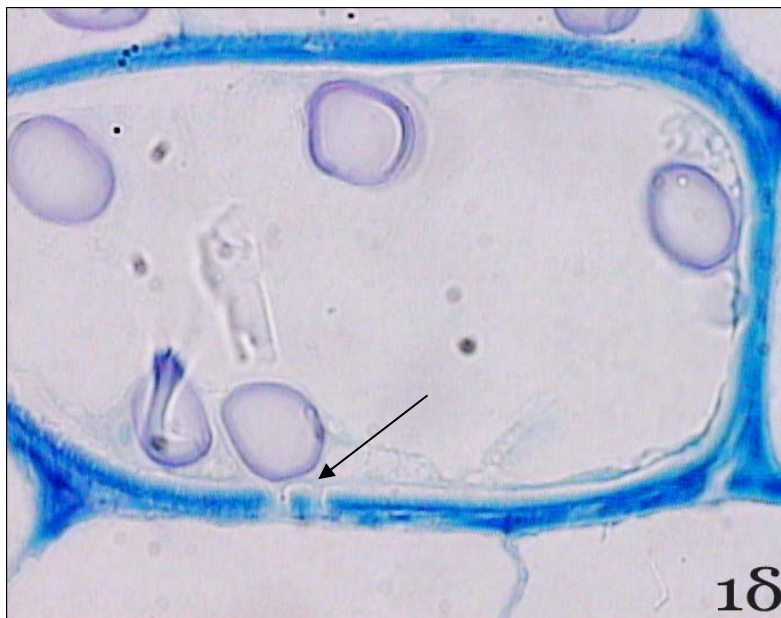
#### 4.1.1 Κόνδυλοι λίγο μετά τη συγκομιδή.



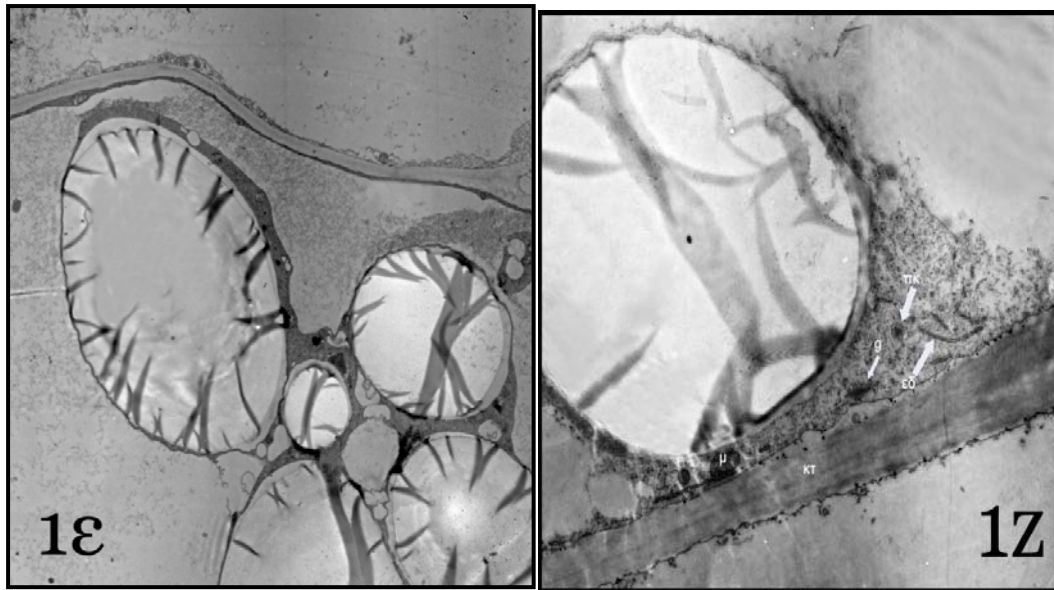
Εικόνες 1α,1β: ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Διακρίνονται οι ιστοί του περιδέρματος (**π**) και τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος (**απ**) στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται οι αμυλόκοκκοι (**ακ**)



**Εικόνα 1γ:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση των αποθηκευτικών κυττάρων που φαίνονται στην εικόνα 1α. Διακρίνονται ο πυρήνας (πυ), οι αμυλόκοκκοι (ακ) και οι μεσοκυττάριοι χώροι (βέλη).

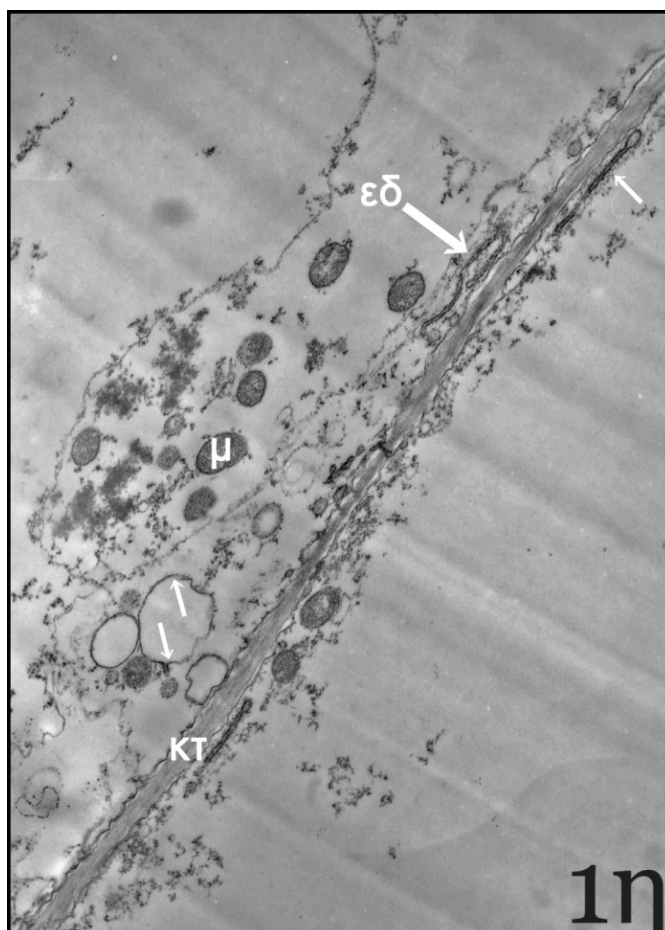


**Εικόνα 1δ:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με τον ελαιοκαταδυτικό φακό παχύτοιχου κυττάρου του αποθηκευτικού παρεγχύματος. Διακρίνεται βοθρίο (βέλος).



**Εικόνα 1ε:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αμυλοπλαστών σε αποθηκευτικό κύτταρο. Στην περιφέρειά τους διακρίνεται μια ηλεκτρονικά πυκνή στοιβάδα κυτταροπλάσματος. Οι ακτινωτές ραβδώσεις που φαίνονται στην τομή τους είναι ψευδοδομές.

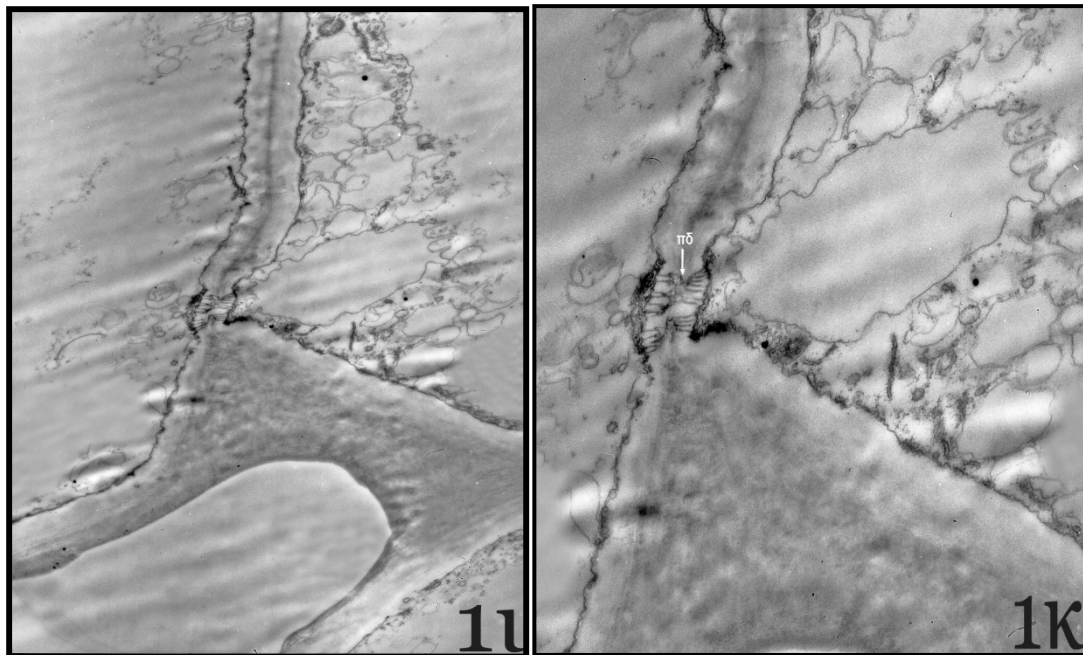
**Εικόνα 1ζ:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση, με το Η.Μ.Δ πλαστιδίου ενός αποθηκευτικού κυττάρου. Σε τμήμα της περιφέρειας του αμυλοπλάστη φαίνεται στρώση κυτταροπλάσματος μέσα στο οποίο διακρίνονται μιτοχόνδρια (μ) σωματίδιο golgi (γ), πρωτεϊνικός κρύσταλλος μέσα σε κυστίδιο (πκ) και μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου (εδ).



**Εικόνα 1η:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. κυτταροπλάσματος στην περιοχή του φλοιού. Διακρίνονται πολυάριθμα μιτοχόνδρια (μ) και μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου (εδ) οι οποίες σε ορισμένα σημεία διογκώνονται (βέλη).

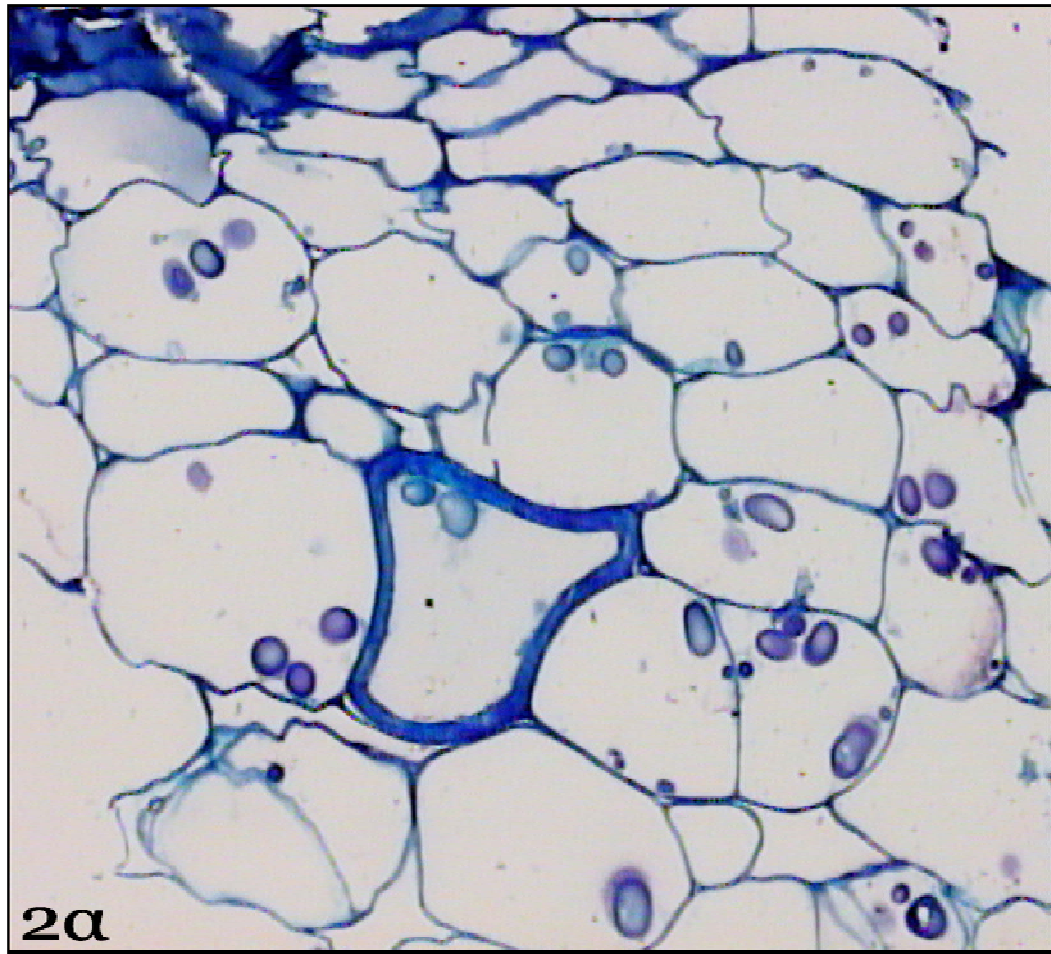


**Εικόνα 10:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. της κυτταροπλασματικής μεμβράνης (βέλη) παχύτοιχου κυττάρου στην περιοχή του φλοιού, (μ: μιτοχόνδριο, κτ: κυτταρικό τοίχωμα).

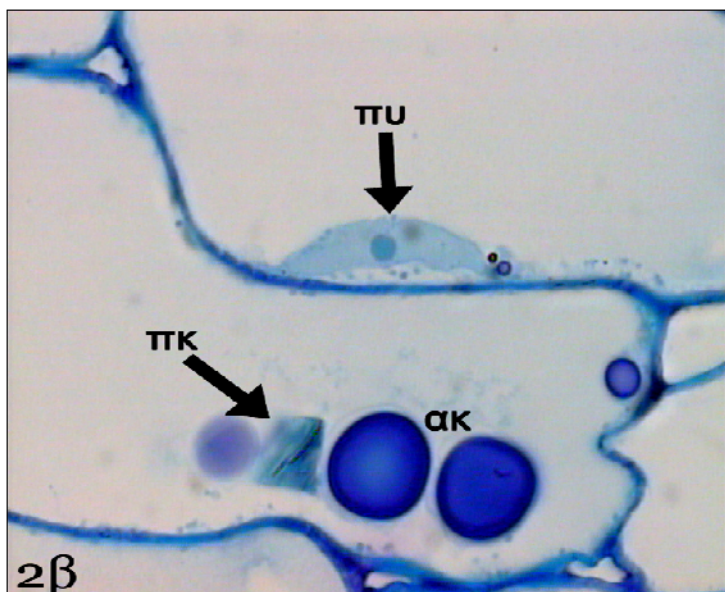


**Εικόνες 11,12:** ΔΕΙΓΜΑ 1: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. γραμμικών πλασμοδεσμών (πδ) σε εγκάρσια τομή κυτταρικού τοιχώματος. Οι πλασμοδέσμες φαίνεται να σχηματίζονται σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος.

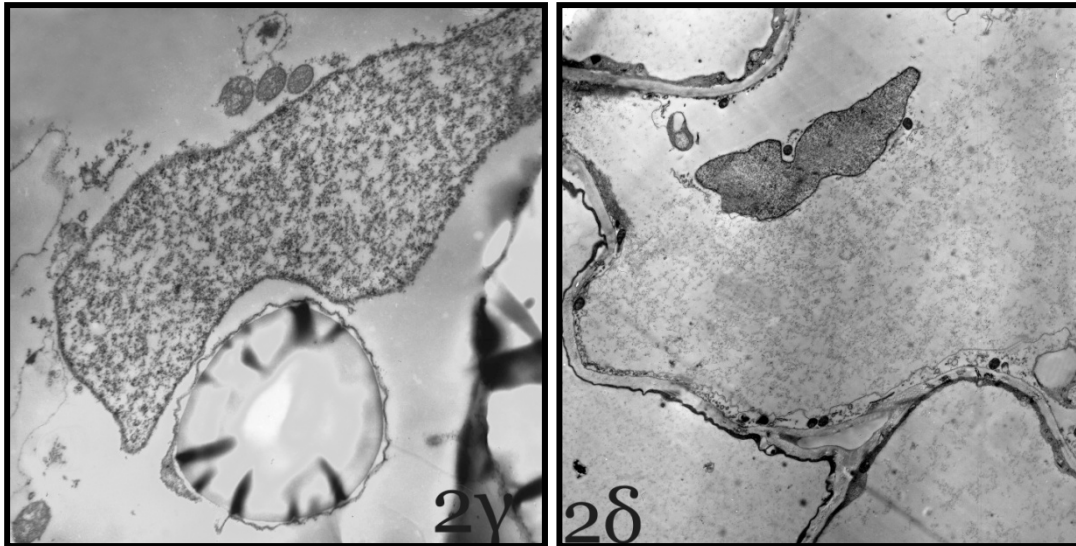




**Εικόνα 2α:** ΔΕΙΓΜΑ 2: Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Διακρίνονται τα κύτταρα του φελλοδέρματος και τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος (**απ**) στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται οι αμυλόκοκκοι (**ακ**).

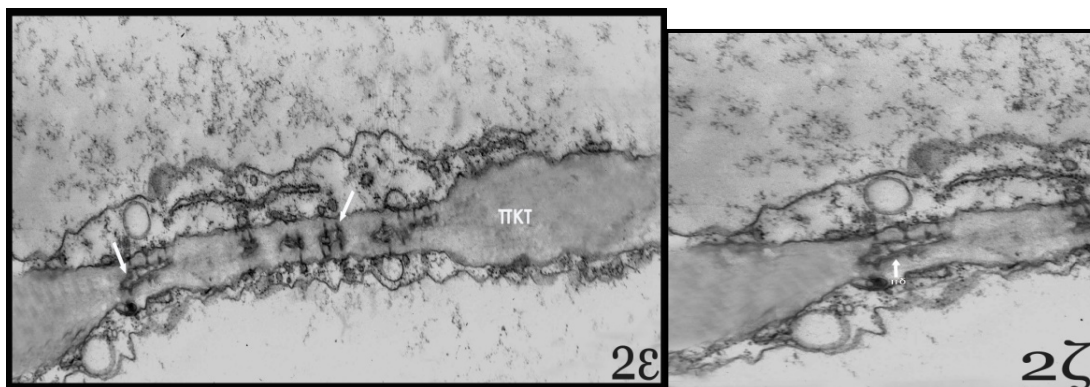


**Εικόνα 2β:** ΔΕΙΓΜΑ 2: Παρατήρηση με τον ελαιοκαταδυτικό φακό αποθηκευτικού κυττάρου. Εμφανείς είναι οι αμυλόκοκκοι (**ακ**), πυρήνας (**πυ**) και ένας πρωτεϊνικός κρύσταλλος (**πκ**).



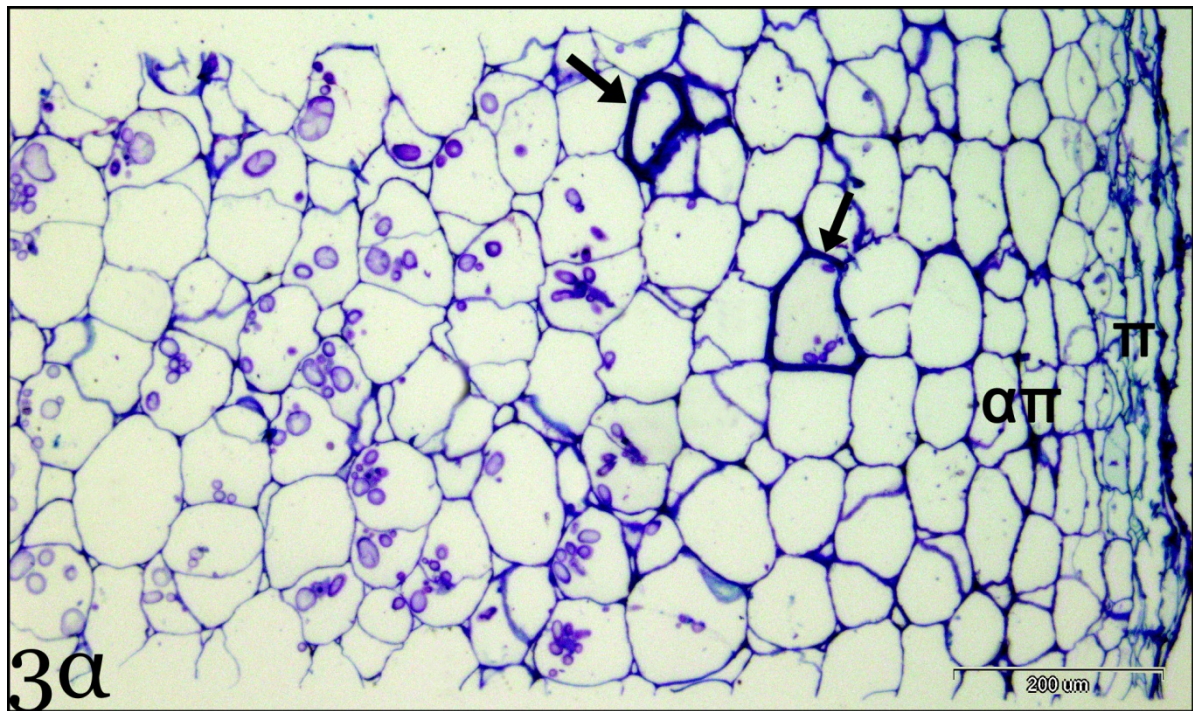
**Εικόνα 2γ:** ΔΕΙΓΜΑ 2: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αποθηκευτικού κυττάρου. Στην περιφέρεια του αμυλοπλάστη εκτός από την πλαστιδιακή μεμβράνη (πμ) διακρίνεται λεπτή στρώση στρώματος (κ). Επιπλέον παρατηρείται ο πυρήνας (πν), ορισμένα μιτοχόνδρια (μ) και ενδοπλασματικό δίκτυο (εδ) με τη μορφή κυστιδίου

**Εικόνα 2δ:** ΔΕΙΓΜΑ 2: Πυρήνας κυττάρου στην περιοχή του φλοιού, όπως παρατηρήθηκε με το Η.Μ.Δ. Το μεγαλύτερο τμήμα του κυττάρου φαίνεται να καταλαμβάνεται από το χυμοτόπιο

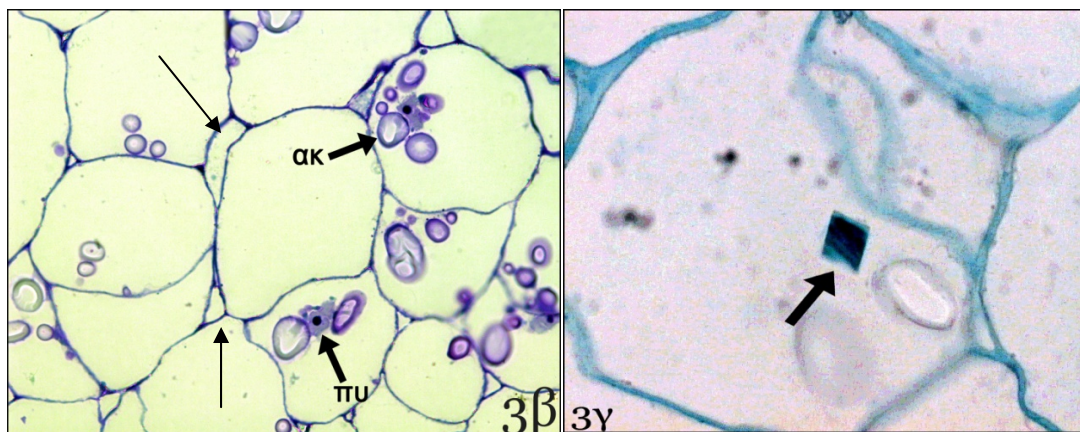


**Εικόνες 2ε,2ζ:** ΔΕΙΓΜΑ 2: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. πλασμοδεσμών (πδ) σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος. Οι πλασμοδέσμες αποτελούνται από δυο έως τρεις διακλαδώσεις και ενώνονται μέσω μιας κεντρικής κοιλότητας, η οποία φαίνεται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση στην εικόνα 2ζ (βέλος).

#### 4.1.2 Κόνδυλοι που αποθηκεύτηκαν στους 25°C

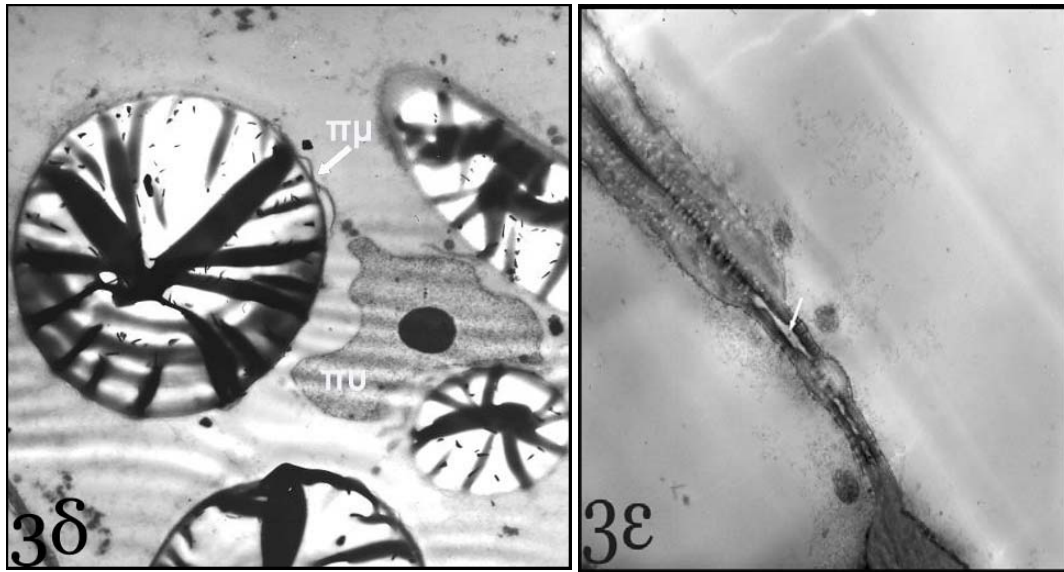


**Εικόνα 3α:** ΔΕΙΓΜΑ 3: Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Διακρίνονται οι ιστοί του περιδέρματος (π) και τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος (απ) στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται οι αμυλόκοκκοι (ακ). Τα βέλη δείχνουν παχύτοιχα κύτταρα.



**Εικόνα 3β:** ΔΕΙΓΜΑ 3: Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση των αποθηκευτικών κυττάρων που φαίνονται στην *εικόνα 3α*. Διακρίνονται ο πυρήνας (πυ), οι αμυλόκοκκοι (ακ), και οι μεσοκυττάριοι χώροι (βέλη)

**Εικόνα 3γ:** ΔΕΙΓΜΑ 3: Παρατήρηση με το Ο.Μ. κρυστάλλου (βέλος) σε αποθηκευτικό κύτταρο μονιμοποιημένου δείγματος το οποίο έχει χειριστεί με Aniline blue black.



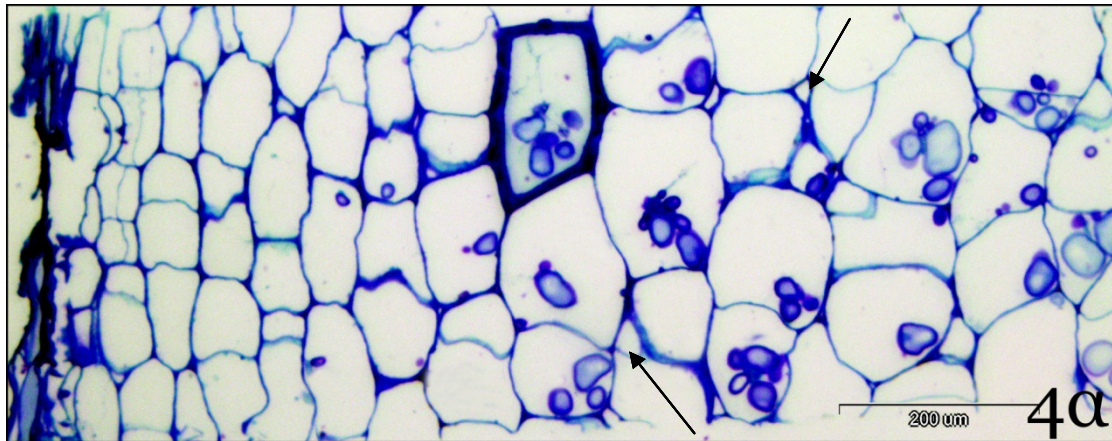
**Εικόνα 3δ:** ΔΕΙΓΜΑ 3: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αποθηκευτικού κυττάρου. Διακρίνεται η μεμβράνη των αμυλοπλαστών (πμ) και ο πυρήνας (πυ) ο οποίος είναι αμοιβαδοειδής.

**Εικόνα 3ε:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. πλασμοδεσμών σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος οι οποίες ενώνονται μέσω μιας κεντρικής κοιλότητας (βέλος).

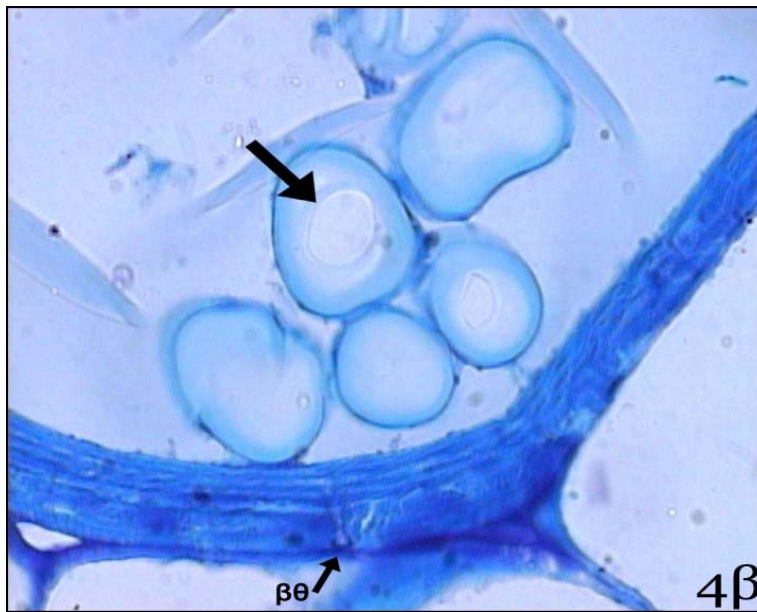


**Εικόνα 3ζ:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ βοθριακών πεδίων σε εγκάρσια τομή κυτταρικού τοιχώματος παχύτοιχου κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.

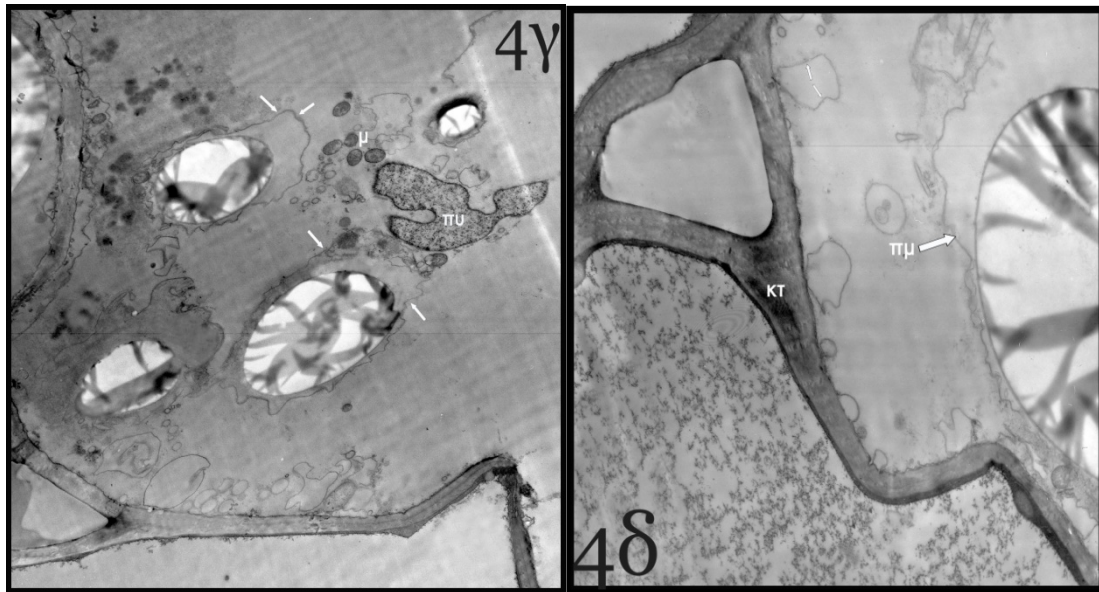
**Εικόνα 3η:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ βοθρίων που απαντώνται στα κυτταρικά τοιχώματα δυο γειτονικών κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος



**Εικόνα 4α :** ΔΕΙΓΜΑ 4: Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Διακρίνονται ο φελλός (φλ), το φελλόδερμα (φδ), τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγγύματος (απ) στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται οι αμυλόκοκκοι (ακ) Τα βέλη δείχνουν μεσοκυττάριας χώρους.

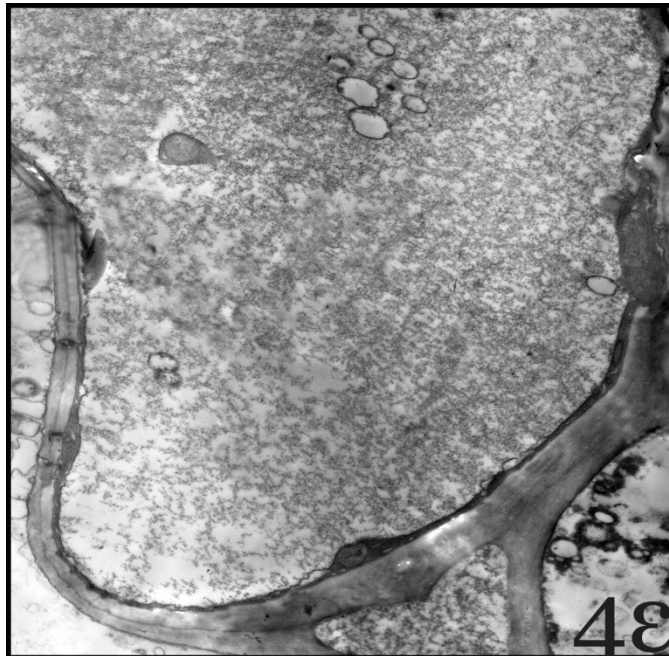


**Εικόνα 4β:** ΔΕΙΓΜΑ 4: Παρατήρηση με τον ελαιοκαταδυστικό φακό παχύτοιχου κυττάρου του αποθηκευτικού παρεγγύματος το οποίο συσσωρεύει άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων και οι οποίοι εμφανίζονται κενοί στο κέντρο τους (βέλος). Η ασυνέχεια στο παχύτοιχο κύτταρο αποτελεί βοηθητικό πεδίο (βθ).

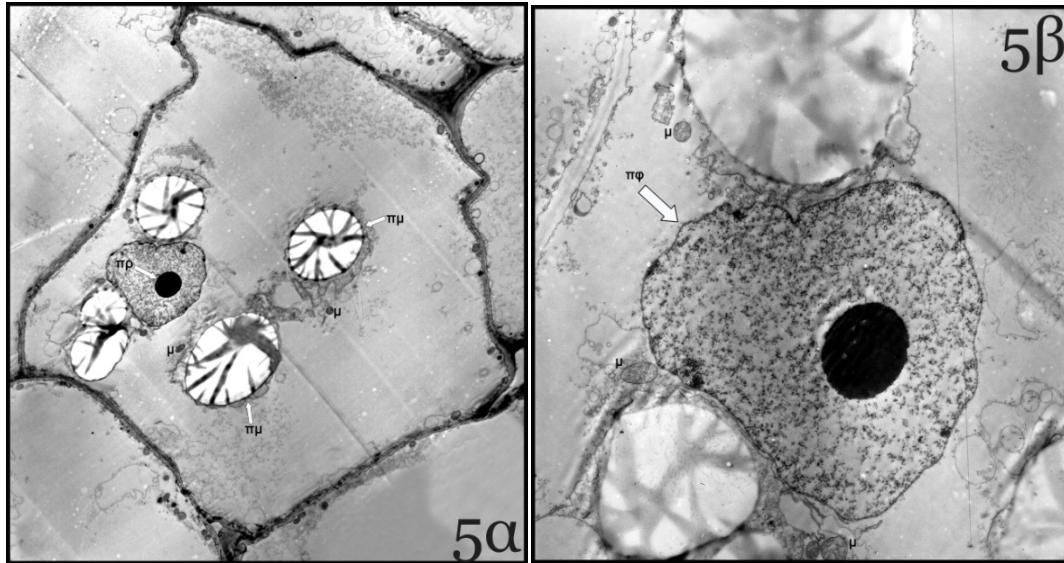


**Εικόνα 4γ:** ΔΕΙΓΜΑ 4: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αποθηκευτικού κυττάρου. Η πλαστιδιακή μεμβράνη (βέλη) φαίνεται να απομακρύνεται από τους αμυλόκοκκους. Διακρίνονται επίσης αρκετά μιτοχόνδρια (μ) και ο πυρήνας (πυ) οποίος είναι αμοιβαδοειδής

**Εικόνα 4δ:** ΔΕΙΓΜΑ 4: Παρατήρηση, σε μεγαλύτερη μεγέθυνση, του κυττάρου της εικόνας 4γ. Διακρίνεται η πλαστιδιακή μεμβράνη η οποία απομακρύνεται από τον αμυλόκοκκο

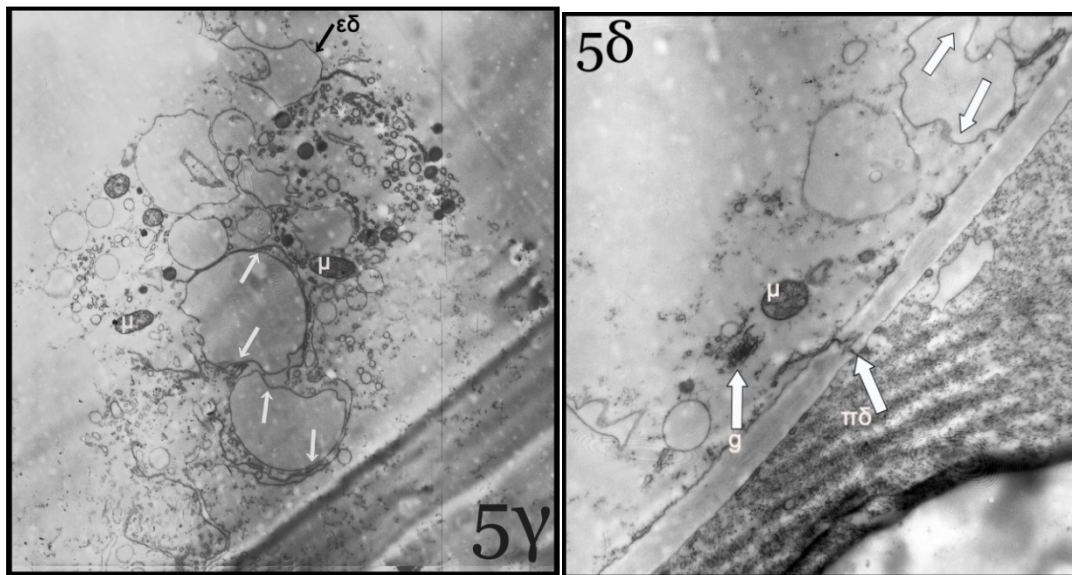


**Εικόνα 4ε:** ΔΕΙΓΜΑ 4: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. κυττάρου του φλοιού. Το μεγαλύτερο τμήμα του κυττάρου φαίνεται να καταλαμβάνεται από το χυμοτόπιο.



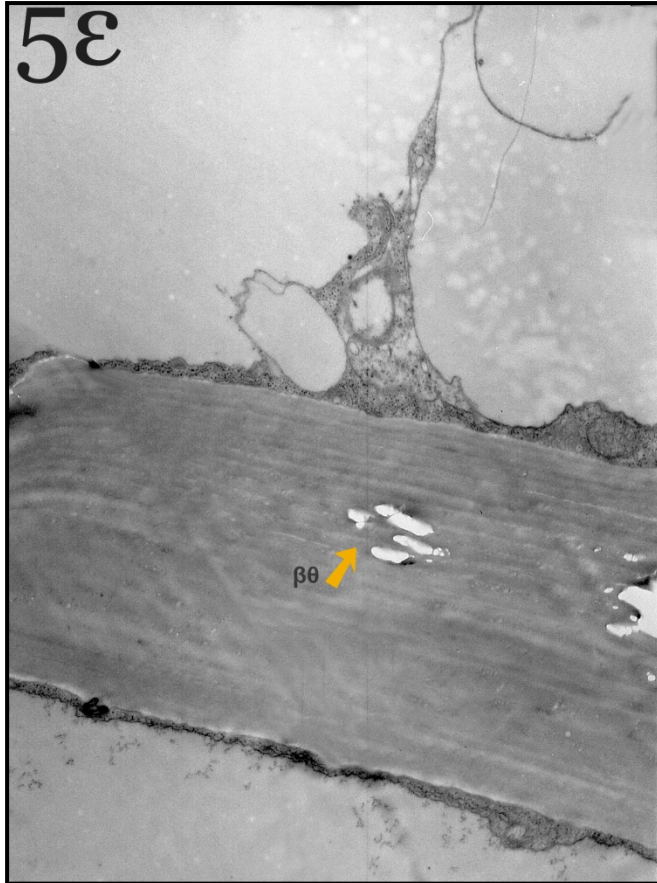
**Εικόνα 5α:** ΔΕΙΓΜΑ 5: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αποθηκευτικού κυττάρου κονδύλου. Ο πυρήνας είναι λιγότερο αμοιβαδοειδής και ο πυρηνίσκος (πρ) φαίνεται πολύ συμπαγής. Η πλαστιδιακή μεμβράνη (πμ) στην περιφέρεια των αμυλοκόκκων φαίνεται να απομακρύνεται.

**Εικόνα 5β:** ΔΕΙΓΜΑ 5: Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση του πυρήνα που φαίνεται στην εικόνα 5α (πφ:πυρηνικός φάκελος)



**Εικόνα 5γ:** ΔΕΙΓΜΑ 5: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. κυτταροπλάσματος στην περιοχή του φλοιού. Διακρίνονται αρκετές μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου (εδ), μικρά χυμοτόπια (βέλη), καθώς επίσης και πολυάριθμα μιτοχόνδρια (μ).

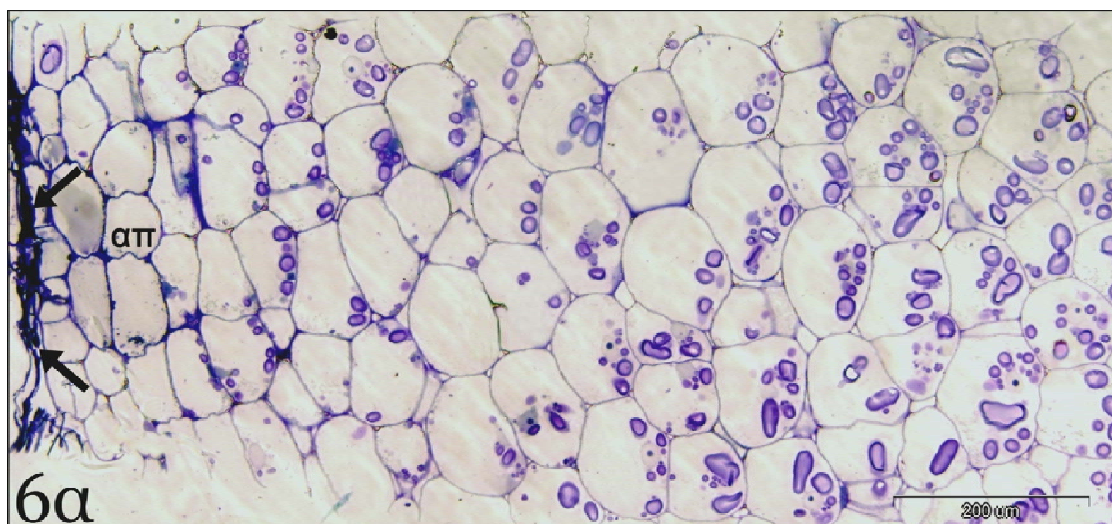
**Εικόνα 5δ:** ΔΕΙΓΜΑ 5: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. πλασμοδέσμης (πδ) η οποία φαίνεται να συνδέεται με μεμβράνη ενδοπλασματικού δικτύου στη μια πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος. Κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα (κτ) διακρίνονται επίσης μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου, μικρά χυμοτόπια (βέλη), οργανίδιο golgi (g) και μιτοχόνδριο (μ).



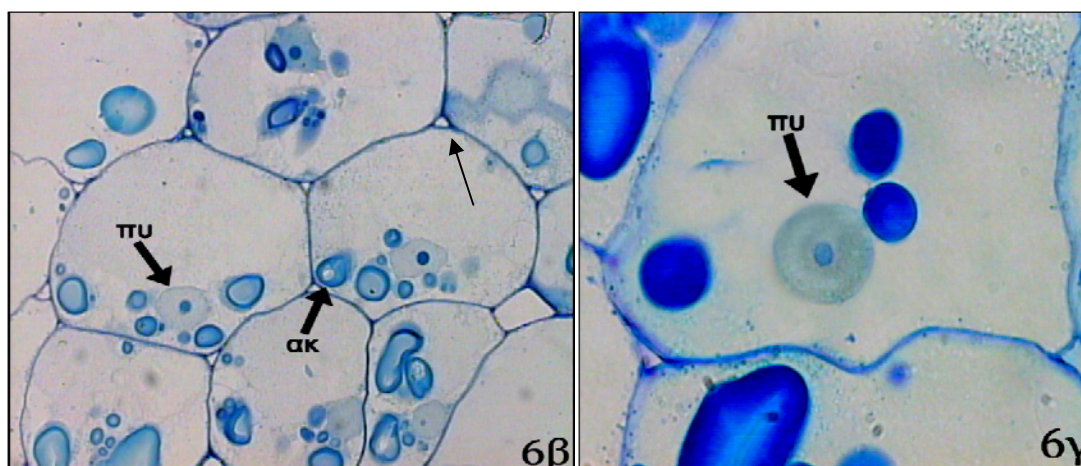
**Εικόνα 5ε:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. βοθρίου (βθ) στο κυτταρικό τοίχωμα παχύτοιχου κυττάρου του φλοιώδους παρεγχύματος.



#### 4.1.3 Κόνδυλοι που αποθηκεύτηκαν στους 2 °C

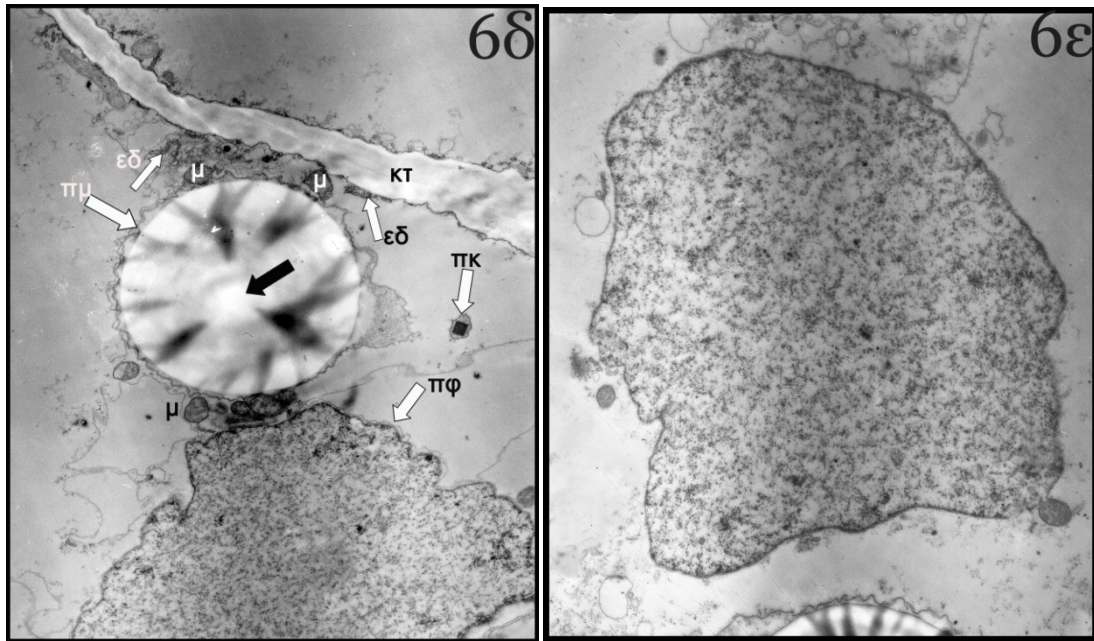


**Εικόνα 6α:** Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Διακρίνονται το περιδέρμα (**βέλη**) και τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος (**απ**) στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται οι αμυλόκοκκοι (**ακ**).



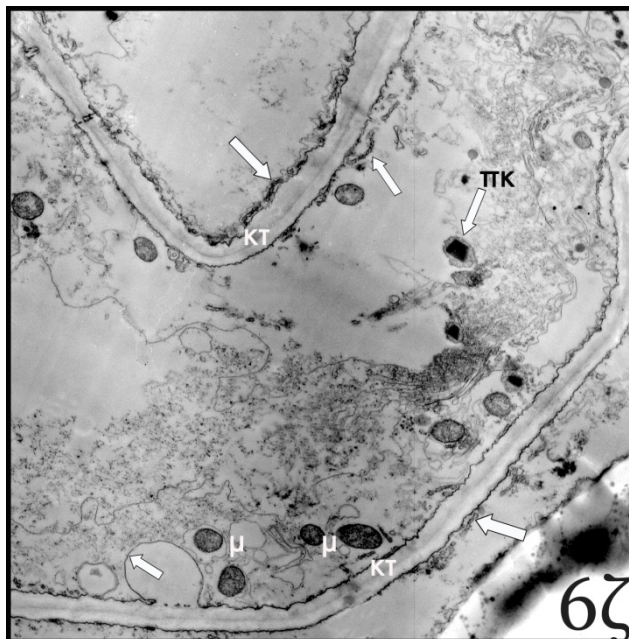
**Εικόνα 6β:** Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση των αποθηκευτικών κυττάρων. Οι αμυλόκοκκοι (**ακ**) φαίνεται να έχουν κενό στο κέντρο τους και οι πυρήνες (**πυ**) να είναι στρογγυλοί. Το βέλος δείχνει μεσοκυττάριο χώρο.

**Εικόνα 6γ:** Παρατήρηση με τον ελαιοκαταδυτικό φακό αποθηκευτικού κυττάρου. Διακρίνεται ο πυρήνας ο οποίος έχει σφαιρική μορφή.

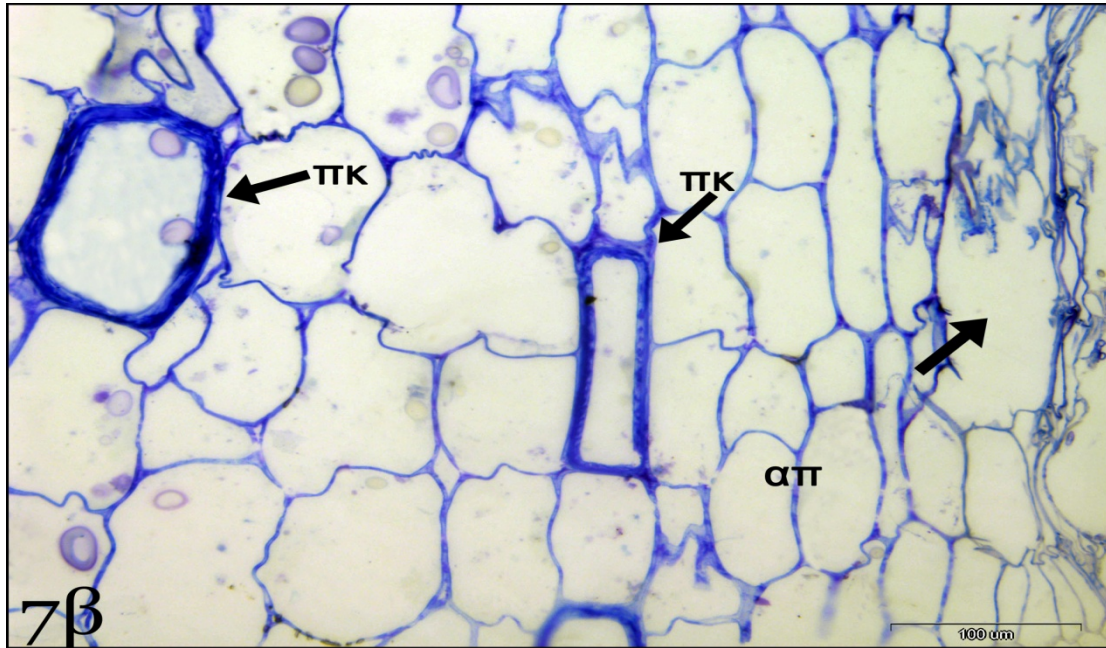
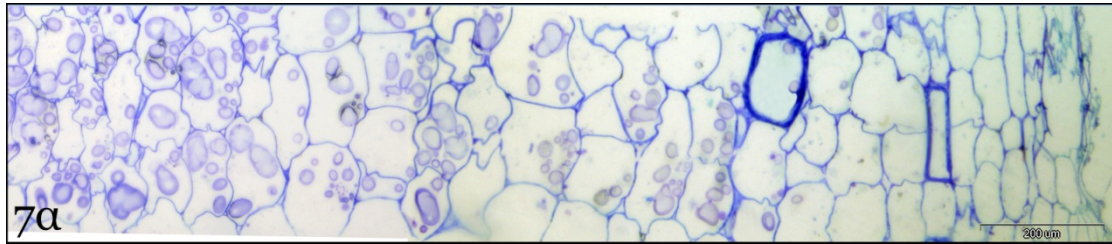


**Εικόνα 6δ: ΔΕΙΓΜΑ 6:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αποθηκευτικού κυττάρου Στην περιφέρεια του αμυλόκοκκου διακρίνεται εκτός από την πλαστιδιακή μεμβράνη (πμ) και μια λεπτή στρώση στρώματος. Στο κέντρο της επιφάνειάς του αμυλόκοκκου διακρίνεται κενό (βέλος) που δηλώνει την αποδόμηση του αμύλου. Παρατηρούνται επίσης αρκετά μιτοχόνδρια (μ), μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου (εδ) και ένας πρωτεϊνικός κρύσταλλος μέσα σε κυστίδιο (πκ). Φαίνεται επίσης ένα τμήμα του πυρήνα και ο πυρηνικός φάκελος (πφ).

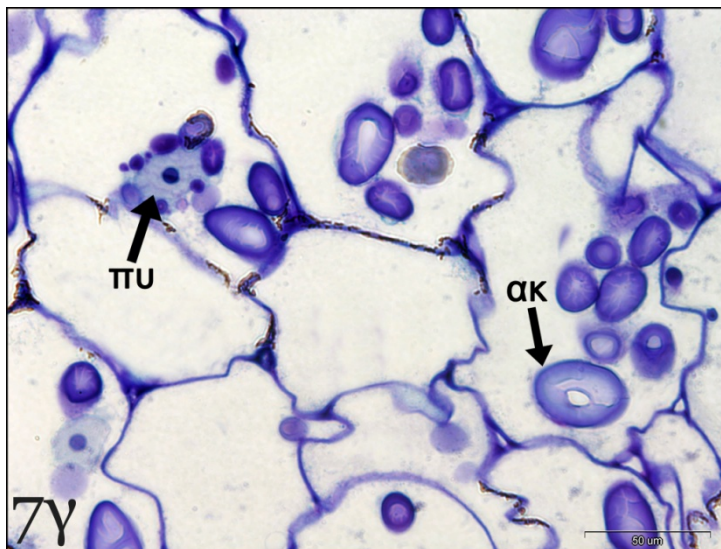
**Εικόνα 6ε: ΔΕΙΓΜΑ 6:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. πυρήνα αποθηκευτικού κυττάρου. Διακρίνεται ο πυρηνικός φάκελος και το πυρηνόπλασμα.



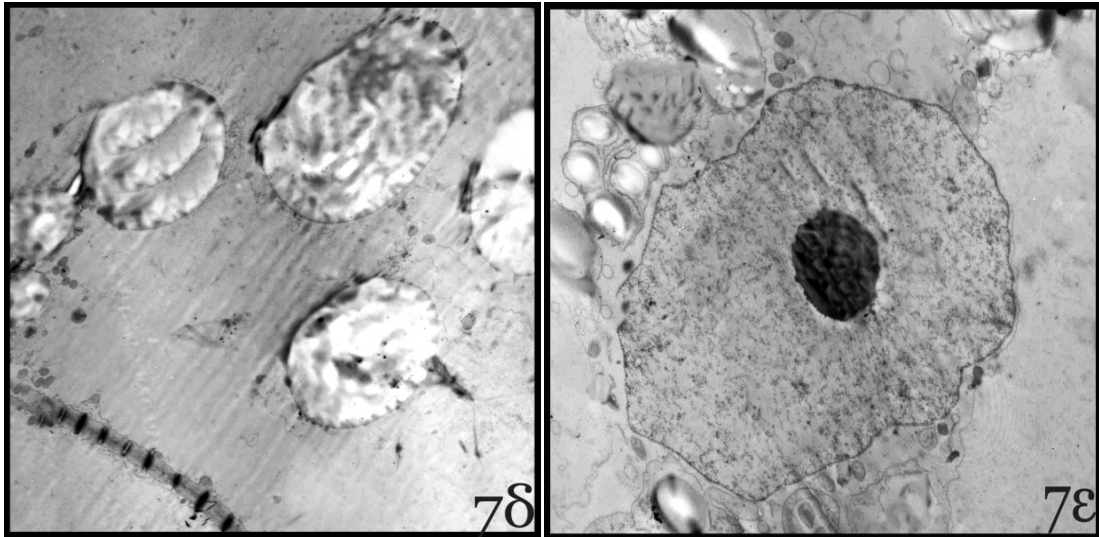
**Εικόνα 6ζ: ΔΕΙΓΜΑ 6:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. κυτταροπλάσματος στην περιοχή του φλοιού. Διακρίνονται αρκετά μιτοχόνδρια (μ), μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου (βέλη), πλασμαλυμοσώματα και πρωτεϊνικοί κρύσταλλοι μέσα σε κυστίδια (πκ)



**Εικόνες 7α, 7β:** ΔΕΙΓΜΑ 7. Παρατήρηση με το Ο.Μ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κονδύλου. Στην περιοχή του περιδέρματος διακρίνεται ένας κενός χώρος (βέλος), και στο αποθηκευτικό παρέγχυμα φαίνονται παχύτοιχα κύτταρα (πκ)

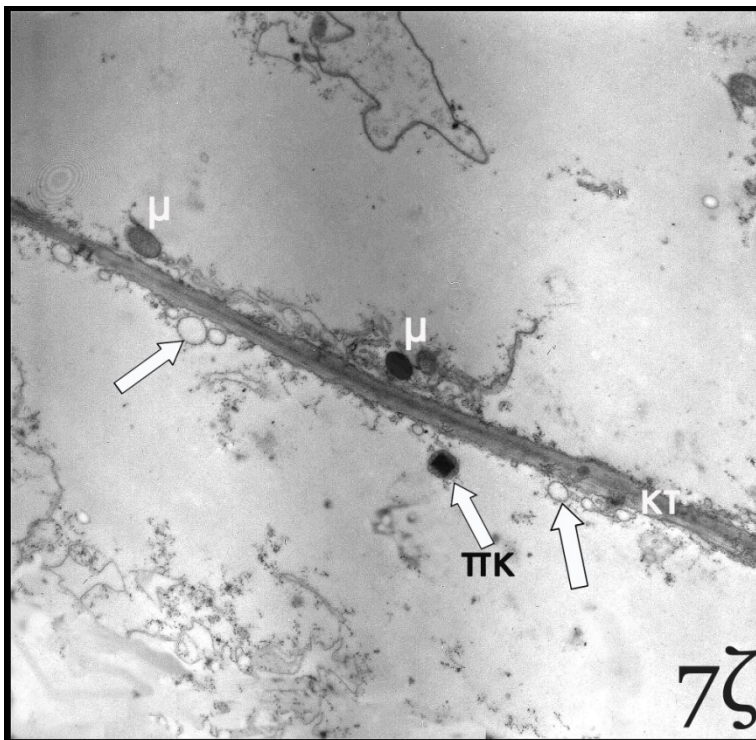


**Εικόνα 7γ:** Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση των αποθηκευτικών κυττάρων. Οι αμυλόκοκκοι φαίνεται να έχουν κενό στο κέντρο τους (βέλος) και οι πυρήνες να είναι στρογγυλοί.

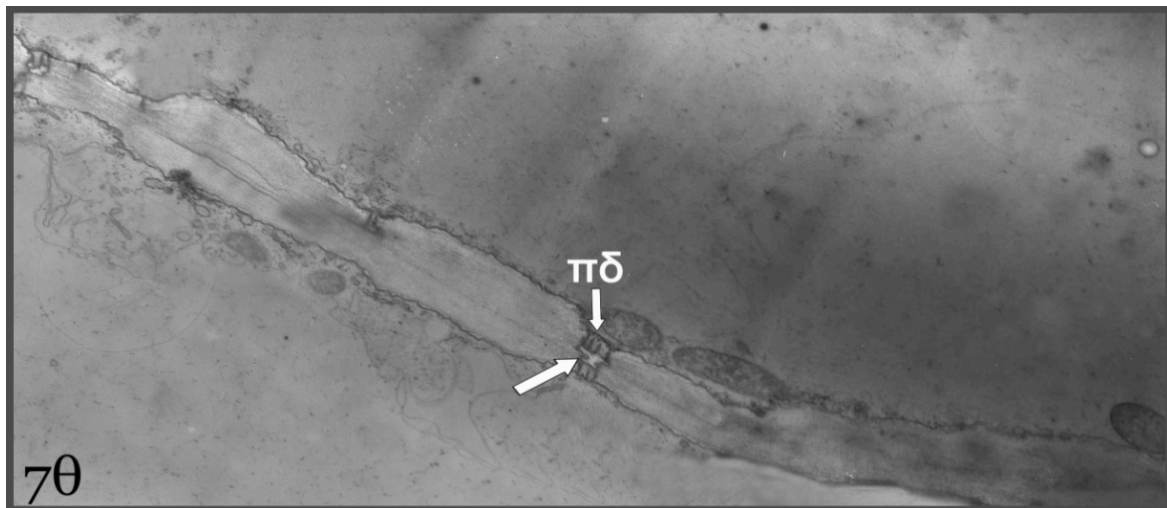
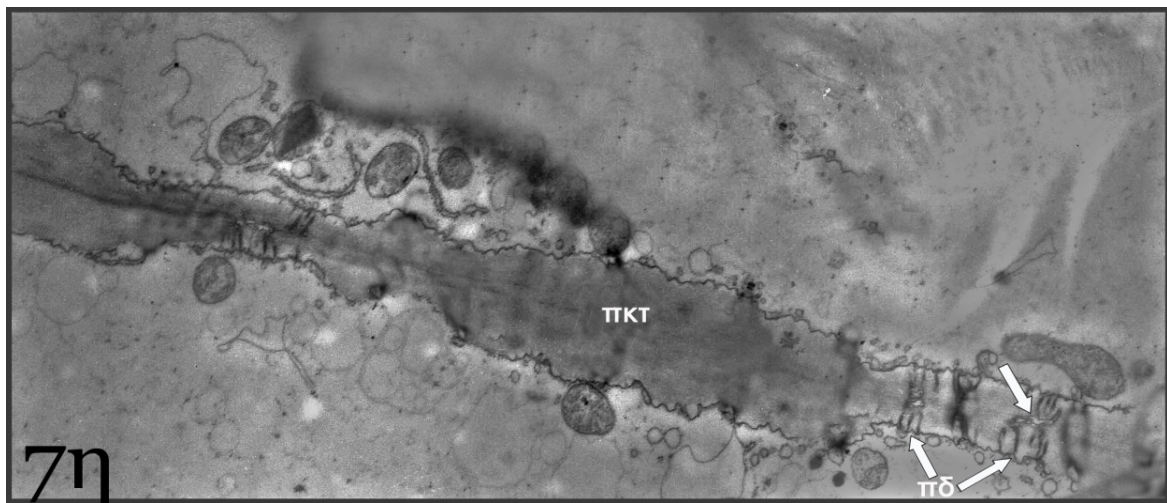
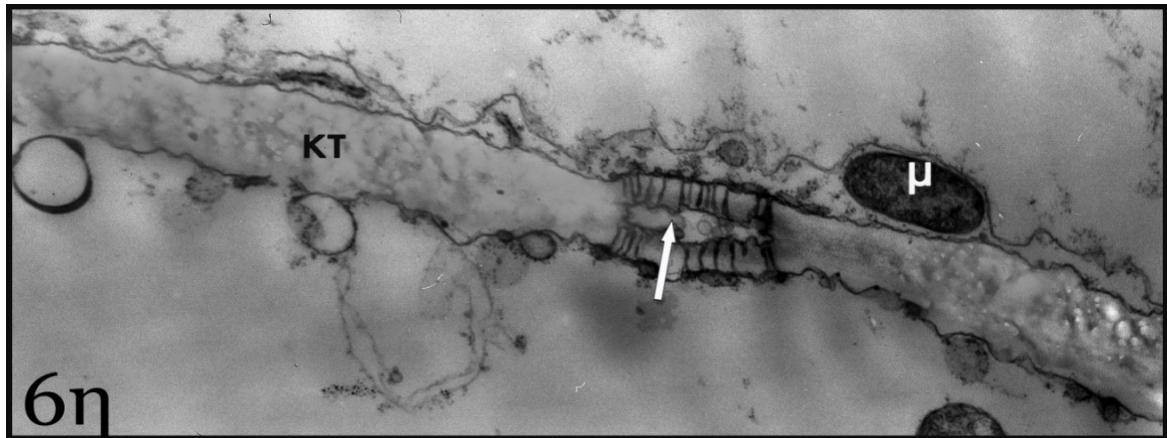


**Εικόνα 7δ:** ΔΕΙΓΜΑ 7: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. αμυλοκόκκων ενός αποθηκευτικού κυττάρου.

**Εικόνα 7ε:** ΔΕΙΓΜΑ 7: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. πυρήνα αποθηκευτικού κυττάρου. Διακρίνεται ο πυρηνικός φάκελος και το πυρηνόπλασμα.

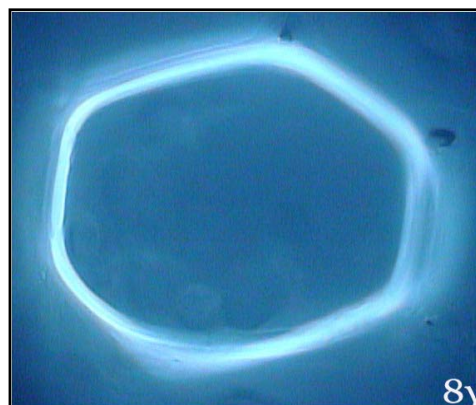
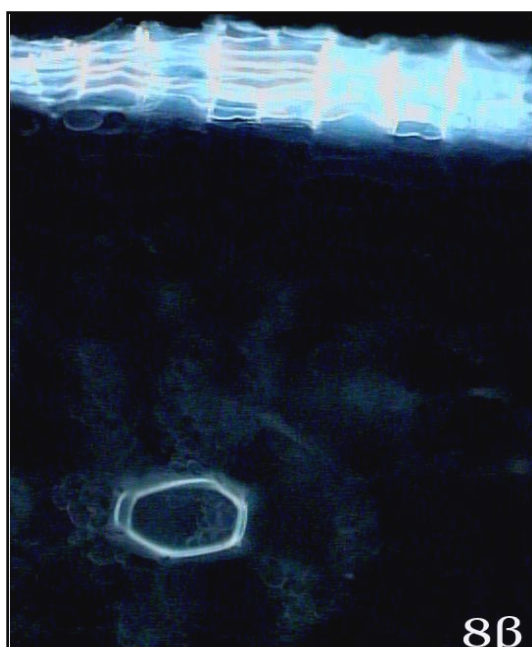
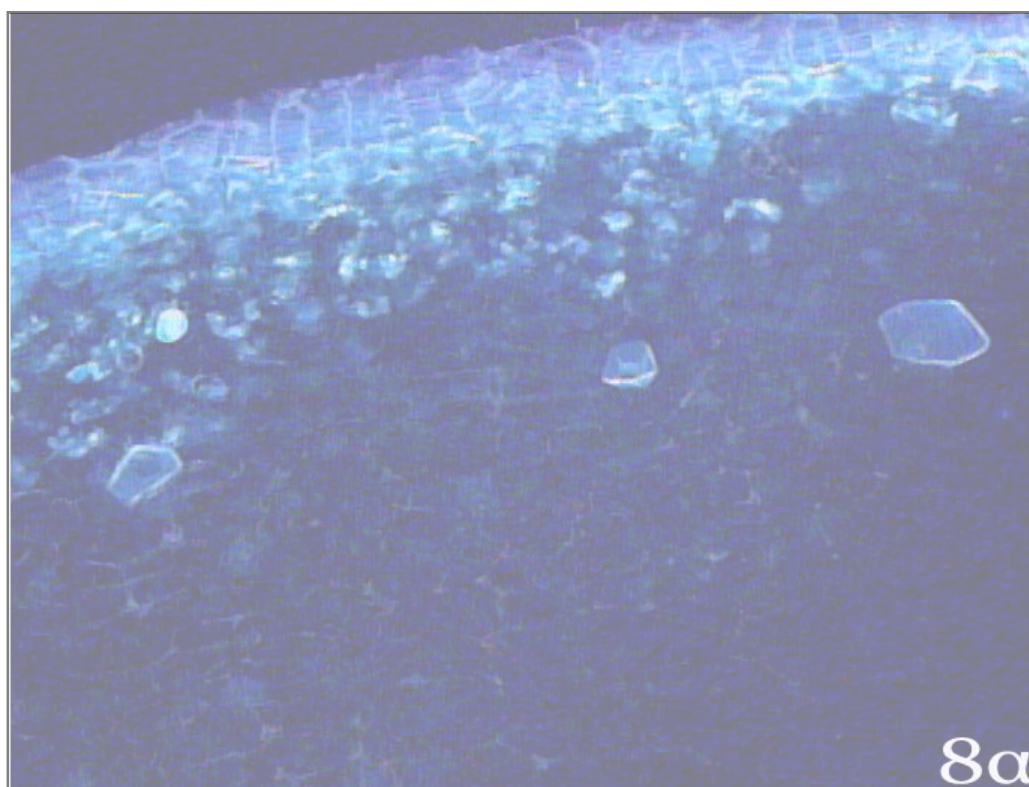


**Εικόνα 7ζ:** ΔΕΙΓΜΑ 7: Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. κυτταροπλάσματος στην περιοχή του φλοιού. Διακρίνονται μιτοχόνδρια (μ), μεμβράνες του ενδοπλασματικού δικτύου που σχηματίζουν κυστίδια (βέλη) και πρωτεϊνικός κρύσταλλος μέσα σε κυστίδιο (πκ).



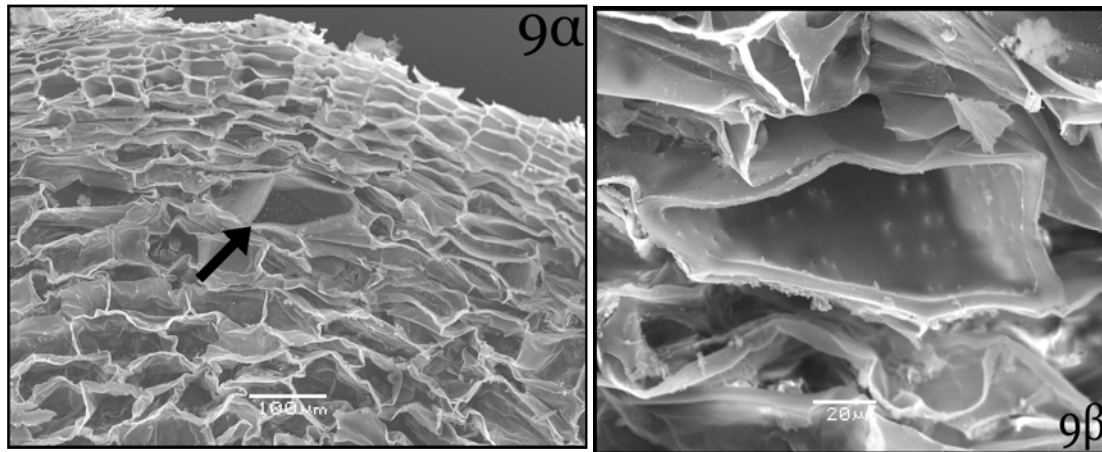
**Εικόνες 6η,7η ,7θ: ΔΕΙΓΜΑΤΑ:6,7:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Δ. γραμμικών πλασμοδεσμών (πδ) σε εγκάρσια τομή κυτταρικού τοιχώματος. Οι πλασμοδέσμες φαίνεται να σχηματίζονται σε λεπύνηση του κυτταρικού τοιχώματος και να ενώνονται μέσω μιας κεντρικής κοιλότητας (βέλος).

#### 4.2 Μικρόσκοπιο Φθορισμού-Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης



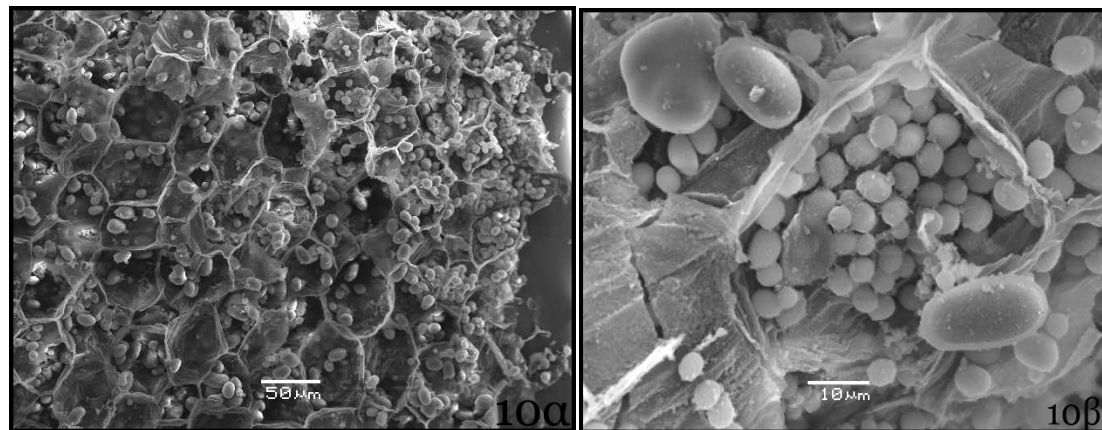
**Εικόνες 8α,8β:** Αυτοφθορισμός εγκάρσιας τομής ναπού παρασκευάσματος. Παρατηρείται ο γαλάζιος φθορισμός των ιστών του περιδέρματος και των παχύτοιχων κυττάρων στην περιοχή του φλοιού.

**Εικόνα 8γ:** Το παχύτοιχο κύτταρο όπως φαίνεται σε μεγαλύτερη μεγέθυνση και το οποίο φθορίζει φωτεινό γαλάζιο



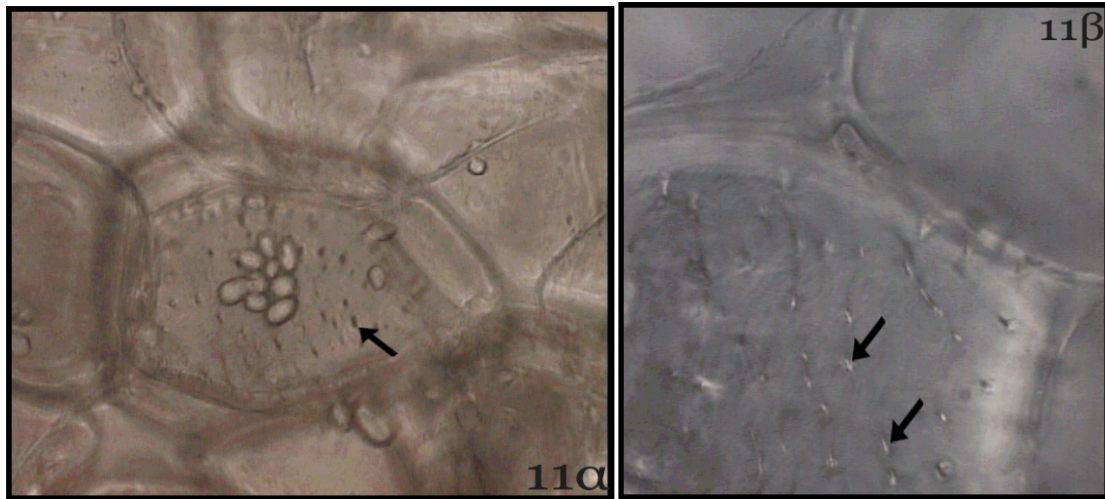
**Εικόνα 9α:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Σ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κόνδύλου. Στις εξωτερικές στρώσεις κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος διακρίνεται κύτταρο με παχύ τοίχωμα (βέλος)

**Εικόνα 9β:** Παρατήρηση σε μεγαλύτερη μεγέθυνση του παχύτοιχου κυττάρου στη μια πλευρά του οποίου διακρίνονται πολυάριθμα βοθρία (βέλη)

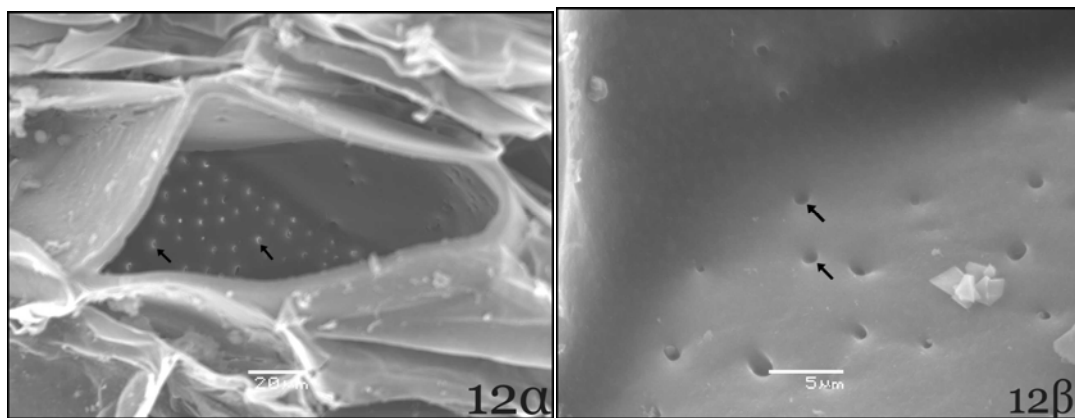


**Εικόνα 10α:** Παρατήρηση με το Η.Μ.Σ. κάθετης τομής προς την επιφάνεια του κόνδύλου. Διακρίνονται τα κύτταρα του αποθηκευτικού παρεγχύματος στο εσωτερικό των οποίων φαίνονται πολυάριθμοι αμυλόκοκκοι.

**Εικόνα 10β:** Παρατήρηση μεμονωμένου κυττάρου του αποθηκευτικού παρεγχύματος στο εσωτερικό του οποίου φαίνονται με μεγάλη ευκρίνεια οι αμυλόκοκκοι.



**Εικόνες 11α,11β:** Βοθρία (βέλη) σε μια πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος παχύτοιχου κυττάρου όπως παρατηρήθηκαν με το μικροσκόπιο φθορισμού σε νεπό δείγμα.



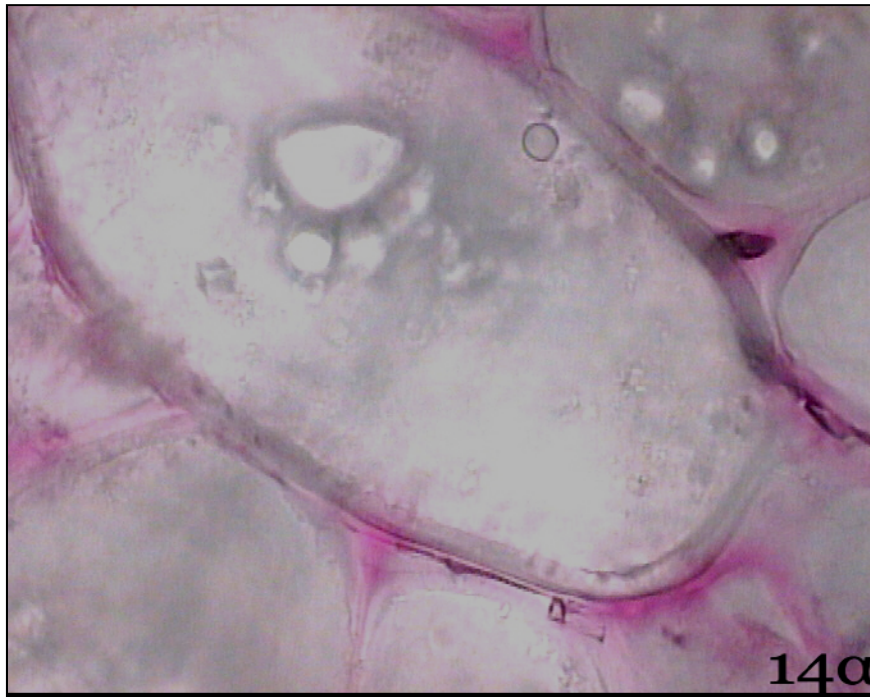
**Εικόνες 12α,12β:** Βοθρία (βέλη) σε μια πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος παχύτοιχου κυττάρου όπως παρατηρήθηκαν με το Η.Μ.Σ. σε μονιμοποιημένο δείγμα.



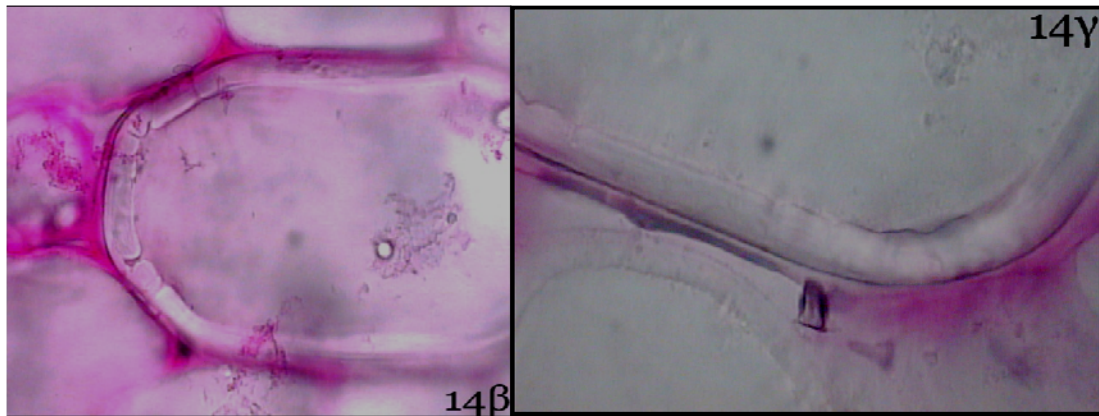
## ΙΣΤΟΧΗΜΕΙΑ



**Εικόνα 13:** Εγκάρσια τομή νωπού παρασκευάσματος που έχει χειριστεί με το αντιδραστήριο Wagner. Η περιοχή του φελλοδέρματος και μια λεπτή στρώση κυττάρων του φλοιώδους παρεγχύματος χρωματίζονται πορτοκαλί-καφέ



**Εικόνα 14α:** Χρώση παχύτοιχου κυττάρου με ερυθρό του ρουθηνίου όπως φαίνεται με το Ο.Μ.. Το κυτταρικό τοίχωμα του παχύτοιχου κυττάρου δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τη χρώση



**Εικόνα 14β,14γ:** Το μεσοτοίχιο έχει χρωματιστεί ροζ ενώ το παχύ κυτταρικό τοίχωμα δεν έχει χρωματιστεί.

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την παρατήρηση αρχικά με το οπτικό μικροσκόπιο είναι εμφανής η μεγαλύτερη συσσώρευση αμύλου στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή (*εικόνες 1α,1β*), σε σύγκριση με την αντίστοιχη συσσώρευση σε κόνδυλους που αποθηκεύτηκαν στις θερμοκρασίες των 25°C (*εικόνες 3α,4α*), και των 2°C (*εικόνες 6α,7α*). Η παρατήρηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενη λόγω του ότι το άμυλο σταδιακά αποδομείται μέσω της λειτουργίας της αναπνοής, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, προκειμένου να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες των κονδύλων.

Εμφανής επίσης, σε μια πρώτη παρατήρηση με το οπτικό μικροσκόπιο είναι η διαφοροποίηση του περιδέρματος μεταξύ των μη αποθηκευμένων και αποθηκευμένων κονδύλων. Ειδικότερα, οι ιστοί του περιδέρματος των μη αποθηκευμένων κονδύλων εμφανίζονται συνεκτικοί σε αντίθεση με τους αντίστοιχους ιστούς των αποθηκευμένων κονδύλων, οι οποίοι φαίνεται να έχουν υποστεί συρρίκνωση. Με μια πιο προσεκτική ματιά στην περιοχή του περιδέρματος διαπιστώνεται ότι ο βαθμός συρρίκνωσης αυξάνεται με την ωρίμανση των κονδύλων. Αυτό είναι εμφανές και στην περίπτωση κονδύλων διαφορετικού σταδίου ανάπτυξης που αποθηκεύτηκαν στους 25°C (*εικόνες 3α, 4α*).

Μια πιθανή εξήγηση που μπορεί να δοθεί στις παραπάνω παρατηρήσεις είναι ότι στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων η απώλεια νερού είναι μεγαλύτερη από εκείνη των μη αποθηκευμένων κονδύλων, δεδομένου ότι και ο ρυθμός αναπνοής είναι μεγαλύτερος, και αυτό έχει ως συνέπεια την απώλεια της σπαργής των κυττάρων και τη συρρίκνωση του περιδέρματος. Ως συνέπεια της απώλειας νερού από το εσωτερικό των κονδύλων είναι και η μείωση του εύρους των μεσοκυττάρων χώρων στην περιοχή του φλοιού. Οι μεσοκυττάριοι χώροι των μη αποθηκευμένων κονδύλων (*εικόνα 1γ*) εμφανίζονται κατά πολύ μεγαλύτεροι σε σχέση με εκείνους των αποθηκευμένων κονδύλων, τόσο στους 25°C (*εικόνα 3β*) όσο και στους 2°C (*εικόνες 6β, 7γ*).

Διαφοροποίηση επίσης παρατηρείται στη δομή των αμυλοπλαστών και στη μορφή των πυρήνων των αποθηκευτικών κυττάρων μεταξύ των αποθηκευμένων και των μη αποθηκευμένων κονδύλων.

Ειδικότερα, στην περίπτωση των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή η πλαστιδιακή μεμβράνη φαίνεται να εφάπτεται στην περιφέρεια των αμυλοκόκκων, ενώ στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων παρατηρείται η σταδιακή απομάκρυνση της μεμβράνης αυτής από την περιφέρεια των αμυλοκόκκων. (*εικόνες 1ζ,4γ,6δ*). Η απομάκρυνση αυτή είναι εμφανής και στην περίπτωση δειγμάτων που προέρχονται από μη αποθηκευμένους κονδύλους διαφορετικού σταδίου ωρίμανσης. (*εικόνες 1ε,2γ*). Μια επιπλέον διαφοροποίηση που παρατηρείται μεταξύ των αποθηκευμένων κονδύλων και των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή είναι ότι στην πρώτη περίπτωση κονδύλων η πλαστιδιακή μεμβράνη εμφανίζει περισσότερες εγκολπώσεις σε σχέση με εκείνη της δεύτερης περίπτωσης κονδύλων (*εικόνες 1ε,2γ,4δ,6δ*). Οι παραπάνω παρατηρήσεις σχετικά με τις μεταβολές της δομής των πλαστιδίων μπορούν να θεωρηθούν αναμενόμενες δεδομένου ότι ο ρυθμός αναπνοής των αποθηκευμένων κονδύλων σύμφωνα με τον Hooker (1986) είναι μεγαλύτερος από εκείνον των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή. Η αναφορά αυτή στην παρούσα εργασία επιβεβαιώνεται και ανατομικά. Πιο συγκεκριμένα, η απομάκρυνση της πλαστιδιακής μεμβράνης στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων δηλώνει τη μεγαλύτερη κατανάλωση αμύλου μέσω της λειτουργία της αναπνοής από εκείνη των μη αποθηκευμένων κονδύλων. Επιπλέον, οι εγκολπώσεις της πλαστιδιακής μεμβράνης στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων εξυπηρετούν την καλύτερη προσκόλληση των ενζύμων που συμμετέχουν στις μεταβολικές αντιδράσεις της αναπνοής.

Σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων η υδρόλυση του αμύλου φαίνεται να ξεκινάει από το κέντρο του αμυλόκοκκου.

Ως προς τη δομή του πυρήνα αυτή εμφανίζεται αμοιβαδοειδής στα αποθηκευτικά κύτταρα των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25°C (*εικόνες 3δ, 4γ*) ενώ στην περίπτωση των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 2°C η μορφή του πυρήνα των αντίστοιχων κυττάρων τείνει προς το σφαιρικό (*εικόνες 6β, 6ε*). Αμοιβαδοειδής μορφή πυρήνα έχει παρατηρηθεί σε κύτταρα σπερμάτων τα οποία είναι μερικώς αφυδατωμένα (Fasseas, 1980). Στην παρούσα εργασία η πιθανή εξήγηση που μπορεί

να δοθεί για την αμοιβαδοειδή μορφή του πυρήνα είναι η εξασφάλιση της καλύτερης επικοινωνίας του (ανταλλαγή μυνημάτων) με το κυτταρόπλασμα, δεδομένου ότι στη θερμοκρασία αυτή ο ρυθμός αναπνοής, σύμφωνα με τον Hooker (1986), κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Αντίθετα, στην περίπτωση αποθήκευσης των κονδύλων στους 2°C ο ρυθμός αναπνοής είναι μικρότερος και επομένως μικρότερες είναι και οι απαιτήσεις των κυττάρων σε πρωτεΐνες (ένζυμα) που συμμετέχουν στις μεταβολικές αντιδράσεις της αναπνοής.

Η μειωμένη πρωτεϊνοσύνθεση στα κύτταρα των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 2°C υποδηλώνεται και από το μικρό αριθμό μεμβρανών ενδοπλασματικού δικτύου και μιτοχονδρίων που απαντώνται στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων όπως φαίνεται στις *εικόνες 6ζ, 7ζ*. Αντίθετα, στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25°C ο αριθμός των μεμβρανών του ενδοπλασματικού δικτύου και των μιτοχονδρίων διακρίνεται μεγαλύτερος δηλώνοντας ότι η πρωτεϊνοσύνθεση στα κύτταρα αυτά είναι αυξημένη (*εικόνα 5γ*). Η παρατήρηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενη δεδομένου ότι ο ρυθμός αναπνοής των κονδύλων στη θερμοκρασία αυτή αποθήκευσης είναι αυξημένος και επομένως αυξημένες είναι και οι ανάγκες σε ένζυμα τα οποία συμμετέχουν στις μεταβολικές αντιδράσεις της αναπνοής. Επιπλέον στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C διακρίνονται αρκετά κυστίδια (*εικόνα 5γ*) ο λειτουργικός ρόλος των οποίων πιθανόν να είναι η μετακίνηση και η διάχυση των προϊόντων της αναπνοής μέσα στον ιστό προκειμένου να επέλθει δυναμική ισορροπία της συγκέντρωσής τους μεταξύ των κυττάρων.

Τα οργανίδια του κυτταροπλάσματος των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων αμέσως μετά τη συγκομιδή (*εικόνα 1η, 2δ*) αλλά και των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν τόσο στους 25°C (*εικόνες 5α,5γ*), όσο και στους 2°C (*εικόνες 6ζ,7ζ*), εντοπίζονται κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα. Επιπλέον, σε όλες τις περιπτώσεις κονδύλων δεν παρατηρείται στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού τυπικό χυμοτόπιο. Μικρά χυμοτόπια διακρίνονται στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού ώριμων κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25°C (*εικόνα 5γ*).

Διαφοροποίηση επιπλέον παρατηρείται στη δομή της κυτταρικής μεμβράνης των αποθηκευτικών κυττάρων των αποθηκευμένων και των μη αποθηκευμένων

κονδύλων. Ειδικότερα, στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων τόσο στους 25°C όσο και στους 2°C διακρίνονται κατά μήκος της κυτταρικής μεμβράνης εγκοιλώσεις (*εικόνες 4δ, 6ζ*) στις οποίες φαίνεται να προσκολλώνται ή να αποσπώνται κυστίδια τα οποία σε παλαιότερη εργασία αναφέρονται ως παρατειχικά σωματίδια. Πιθανόν ο λειτουργικός ρόλος των σωματίων αυτών να είναι η σύνθεση ή η πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος καθώς επίσης και η μετακίνηση συστατικών (σάκχαρα) μεταξύ των κυττάρων, έχοντας ως δεδομένο ότι ο ρυθμός αναπνοής των αποθηκευμένων κονδύλων είναι αυξημένος. Η κυτταρική μεμβράνη των αποθηκευτικών κυττάρων των μη αποθηκευμένων κονδύλων δεν φαίνεται να σχηματίζει εγκοιλώσεις και επιπλέον δεν διακρίνεται να συντήκονται με αυτήν παρατειχικά σωματίδια (*εικόνα 1η*).

Από την άλλη, σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων, στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού παρατηρούνται κρυσταλλικές δομές μέσα σε κυστίδια οι οποίες όπως αποδείχθηκε κατά τη χρώση με τη χρωστική Aniline blue (*εικόνα 3γ*) είναι πρωτεϊνικής φύσεως. Πιθανόν να πρόκειται για την πρωτεΐνη πατατίνη η οποία απαντάται στους κονδύλους της πατάτας με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σύμφωνα με τον Haggis (1992). Ο εγκλεισμός της ωστόσο σε κυστίδιο το οποίο περιβάλλεται από μονή μεμβράνη, αποκλείει την περίπτωση να αποτελεί πρωτεϊνοπλάστη και ενισχύει την υπόθεση ότι πρόκειται για το ένζυμο καταλάση το οποίο καταλύει την αντίδραση  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Είναι γνωστό ότι το  $\text{H}_2\text{O}_2$  αποτελεί υποπροϊόν του μεταβολισμού και είναι πολύ τοξικό.

Ένας ακόμη ανατομικός σχηματισμός που παρατηρείται σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων είναι οι πλασμοδέσμες οι οποίες εμφανίζουν σε όλα τα δείγματα την ίδια μορφή. Πρόκειται για γραμμικές πλασμοδέσμες οι οποίες σχηματίζονται σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος των αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιού και καταλήγουν σε ένα κοινό θάλαμο του μεσοτοιχίου. Στην περιοχή γύρω από τις πλασμοδέσμες και σε θέσεις κοντά στο κυτταρικό τοίχωμα απαντώνται μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα και μιτοχόνδρια τα οποία δηλώνουν ενεργό μεταφορά.

Οι δομές αυτές πιθανόν να σχετίζονται, με τη διακίνηση των προϊόντων του μεταβολισμού μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων, δεδομένου ότι ο αγωγός ιστός του κονδύλου που αποτελείται κυρίως από αγγεία ξύλου καταλαμβάνει ένα πολύ

μικρό ποσοστό της περιοχής του φλοιού, σύμφωνα με τον Harris (1992). Η υπόθεση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων δεν διακρίνονται μεταξύ των κυττάρων του φλοιού ξυλώδη αγγεία.

Κοινό επίσης δομικό στοιχείο μεταξύ των δειγμάτων είναι τα κύτταρα με τα παχιά κυτταρικά τοιχώματα, τα οποία στην παρούσα εργασία παρατηρούνται κυρίως στα εξωτερικά στρώματα του φλοιώδους αποθηκευτικού παρεγχύματος (*εικόνες 1β, 2α, 3α, 4α, 7α,*) ενώ σε παλαιότερη εργασία (Harris, 1992) αναφέρεται ότι τα κύτταρα αυτά απαντώνται αποκλειστικά στην περιοχή του περιδέρματος.

Σε όλες σχεδόν τις φωτογραφίες από το οπτικό μικροσκόπιο φαίνεται στα κύτταρα αυτά να συσσωρεύεται άμυλο με τη μορφή αμυλοκόκκων, γεγονός που δηλώνει ότι είναι ζωντανά. Ωστόσο, η αποκόλληση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης που φαίνεται στην *εικόνα 1θ* δηλώνει ότι τα κύτταρα αυτά σταδιακά νεκρώνονται.

Κατά την ιστοχημική ανάλυση δείγματος από την επιδερμίδα των κονδύλων δεν προκύπτει σαφές συμπέρασμα σχετικά με τη χημική σύσταση του τοιχώματος των παχύτοιχων αυτών κυττάρων. Η διέγερση ωστόσο του δείγματος αυτού με υπεριώδη ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή γαλάζιου φθορισμού τόσο του παχύτοιχου κυττάρου όσο και των κυττάρων του περιδέρματος. Η παρατήρηση αυτή δηλώνει ότι στο κυτταρικό τοίχωμα έχει εναποτεθεί σουβερίνη, όπως εξάλλου αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Harris, 1992).

Επιπρόσθετα, στα παχύτοιχα αυτά κύτταρα παρατηρούνται και με τα τρία διαφορετικά είδη μικροσκοπίων (**O.M., H.M.A., H.M.C.**) δομές που μοιάζουν με βοθρία (*εικόνες 1δ, 4β, 3ζ, 5ε, 9β*). Ειδικότερα, κατά την παρατήρηση με το H.M.C. οι δομές αυτές εντοπίζονται σε μια πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος η οποία φαίνεται να είναι κάθετη στο περίδερμα (*εικόνα 12α*). Για το λόγο αυτό τα βοθρία αυτά χαρακτηρίζονται ως αντικλινή. Ο εντοπισμός των δομών αυτών στις θέσεις που προαναφέρθηκαν δηλώνει μετακίνηση συστατικών σε απέναντι πλευρές του κυττάρου με κατεύθυνση προς το εσωτερικό του κονδύλου. Στην *εικόνα 3η* οι δομές αυτές εντοπίζονται στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα δυο γειτονικών παχύτοιχων κυττάρων. Στην ίδια εικόνα από τη μια και από την άλλη πλευρά του μεσοτοιχίου παρατηρείται σαν μια λεπτή διακριτή γραμμή το δευτερογενές κυτταρικό τοίχωμα καθενός κυττάρου. Από την παρατήρηση της εικόνας αυτής μπορεί να εξαχθεί το

συμπέρασμα ότι διαμέσου των δομών αυτών πιθανόν να μεταφέρονται συστατικά προκειμένου για την πάχυνση του κυτταρικού τοιχώματος.



## **6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

- ❖ Οι κύριες διαφορές που παρατηρήθηκαν σε επίπεδο ιστών κατά την αποθήκευση των κονδύλων αφορούν στη συνεκτικότητα του περιδέρματος, στο εύρος των μεσοκυττάρων χώρων του αποθηκευτικού παρεγχύματος καθώς επίσης και στη συσσώρευση αμύλου στα κύτταρα του ιστού αυτού.
- ❖ Το περίδερμα των κονδύλων λίγο μετά τη συγκομιδή εμφανίζεται συνεκτικό, ενώ στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων, τόσο στους 25 °C όσο και στους 2 °C, φαίνεται να έχει υποστεί συρρίκνωση. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη μεγαλύτερη απώλεια νερού των αποθηκευμένων κονδύλων, δεδομένου ότι και ο ρυθμός αναπνοής στις θερμοκρασίες αυτές είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό αναπνοής των μη αποθηκευμένων κονδύλων.
- ❖ Οι μεσοκυτταριοί χώροι του αποθηκευτικού παρεγχύματος των κονδύλων λίγο μετά τη συγκομιδή εμφανίζονται αρκετά μεγαλύτεροι σε σχέση με τους μεσοκυτταριούς χώρους των αποθηκευμένων κονδύλων, ως συνέπεια της μικρότερης απώλειας νερού των μη αποθηκευμένων κονδύλων
- ❖ Ο μικρότερος ρυθμός αναπνοής των κονδύλων λίγο μετά τη συγκομιδή έχει ως συνέπεια την εμφάνιση μεγαλύτερης συσσώρευσης αμύλου στα αποθηκευτικά κύτταρα του φλοιού σε σύγκριση με την αντίστοιχη συσσώρευση σε κόνδυλους που αποθηκεύτηκαν στις θερμοκρασίες των 25 °C και των 2 °C
- ❖ Οι κύριες διαφορές που παρατηρήθηκαν σε επίπεδο κυττάρου κατά την αποθήκευση των κονδύλων αφορούν στη δομή των αμυλοπλαστών, στη μορφή του πυρήνα και της κυτταρικής μεμβράνης και στο είδος και πλήθος των οργανιδίων του κυτταροπλάσματος.
- ❖ Στην περίπτωση των κονδύλων λίγο μετά τη συγκομιδή η πλαστιδιακή μεμβράνη φαίνεται να εφάπτεται στην περιφέρεια των αμυλοκόκκων, ενώ στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων παρατηρείται η σταδιακή απομάκρυνση της μεμβράνης αυτής λόγω της μεγαλύτερης κατανάλωσης του

αμύλου μέσω της λειτουργίας της αναπνοής. Επιπλέον, στην περίπτωση των αποθηκευμένων κονδύλων η πλαστιδιακή μεμβράνη εμφανίζει εγκολπώσεις που πιθανόν να εξυπηρετούν την καλύτερη προσκόλληση των ενζύμων υδρόλυσης του αμύλου.

- ❖ Σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων η υδρόλυση του αμύλου φαίνεται να ξεκινάει από το κέντρο του αμυλόκοκκου.
- ❖ Ο πυρήνας των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C εμφανίζεται αμοιβαδοειδής, ενώ στην περίπτωση των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 2 °C η μορφή του πυρήνα των αντίστοιχων κυττάρων τείνει προς το σφαιρικό. Στη θερμοκρασία των 25 °C ο ρυθμός αναπνοής είναι αυξημένος οπότε προκειμένου να συντεθούν τα ένζυμα της αναπνοής ο πυρήνας αποκτά μορφή που να του επιτρέπει την καλύτερη επικοινωνία με το κυτταρόπλασμα.
- ❖ Η κυτταρική μεμβράνη των αποθηκευτικών κυττάρων των αποθηκευμένων κονδύλων τόσο στους 25 °C όσο και στους 2 °C εμφανίζεται να έχει εγκολπώσεις στις οποίες φαίνεται να προσκολλώνται σωμάτια (παρατειχικά σωμάτια) ο λειτουργικός ρόλος των οποίων πιθανόν να είναι η διάχυση μέσα στον ιστό των σακχάρων που παράγονται κατά την αποικοδόμηση του αμύλου ώστε να μην προκαλούν ωσμωτική καταπόνηση στα κύτταρα. Η κυτταρική μεμβράνη των αποθηκευτικών κυττάρων των μη αποθηκευμένων κονδύλων δεν φαίνεται να σχηματίζει εγκολπώσεις ούτε να συντήκονται με αυτήν παρατειχικά σωμάτια.
- ❖ Στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C ο αριθμός των μεμβρανών του ενδοπλασματικού δικτύου και των μιτοχονδρίων διακρίνεται μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο αριθμό στα αποθηκευτικά κύτταρα των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 2 °C. Η παρατήρηση αυτή μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενη δεδομένου ότι ο ρυθμός αναπνοής στην πρώτη περίπτωση κονδύλων είναι μεγαλύτερος και επομένως η πρωτεϊνοσύνθεση (κυρίως παραγωγή ενζύμων) είναι περισσότερο έντονη.

- ❖ Στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων των κονδύλων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C διακρίνονται κυστίδια ο λειτουργικός ρόλος των οποίων πιθανόν να είναι η διάχυση των προϊόντων της αναπνοής (σάκχαρα) μέσα στον ιστό. Παρόμοιες δομές δεν παρατηρούνται στο κυτταρόπλασμα των αποθηκευτικών κυττάρων των μη αποθηκευμένων κονδύλων.
- ❖ Οι ανατομικοί σχηματισμοί οι οποίοι φαίνεται να παραμένουν αναλλοίωτοι κατά την αποθήκευση των κονδύλων εντοπίζονται στο αποθηκευτικό παρέγχυμα του φλοιού και είναι οι πρωτεϊνικής φύσεως κρύσταλλοι, οι πλασμοδέσμες και τα παχύτοιχα κύτταρα.
- ❖ Οι πρωτεϊνικής φύσεως κρύσταλλοι διακρίνεται να περιβάλλονται από μονή μεμβράνη. Η παρατήρηση αυτή αποκλείει την περίπτωση οι κρύσταλλοι αυτοί να αποτελούν πρωτεϊνοπλάστες. Πιθανόν, να πρόκειται για το ένζυμο καταλάση, το οποίο είναι γνωστό ότι υπάρχει στους κονδύλους της πατάτας και το οποίο καταλύει την αντίδραση  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ . Το  $\text{H}_2\text{O}_2$  αποτελεί υποπροϊόν του μεταβολισμού και είναι πολύ τοξικό.
- ❖ Οι πλασμοδέσμες αποτελούν έναν επιπλέον ανατομικό σχηματισμό ο οποίος παρατηρείται σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων. Σχηματίζονται σε λέπτυνση του κυτταρικού τοιχώματος των αποθηκευτικών κυττάρων του φλοιού και καταλήγουν σε ένα κοινό θάλαμο του μεσοτοιχίου. Στην περιοχή γύρω από τις πλασμοδέσμες απαντώνται μεμβράνες ενδοπλασματικού δικτύου που φέρουν ριβοσώματα και μιτοχόνδρια τα οποία δηλώνουν ενεργό μεταφορά. Πιθανόν, οι δομές αυτές να σχετίζονται με τη διακίνηση των προϊόντων του μεταβολισμού μεταξύ των κυτταρικών διαμερισμάτων.
- ❖ Τα παχύτοιχα κύτταρα σε όλες τις περιπτώσεις δειγμάτων εντοπίζονται στα εξωτερικά στρώματα του φλοιώδους αποθηκευτικού παρεγχύματος και φαίνεται σε μια πρώτη παρατήρηση με το Οπτικό Μικροσκόπιο να είναι ζωντανά. Κατά την παρατήρησή τους ωστόσο με το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης διακρίνεται η αποκόλληση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης γεγονός που δηλώνει ότι τα κύτταρα αυτά σταδιακά νεκρώνονται.

- ❖ Κατά την ιστοχημική ανάλυση δείγματος από την επιδερμίδα των κονδύλων δεν προκύπτει σαφές συμπέρασμα σχετικά με τη χημική σύσταση του τοιχώματος των παχύτοιχων αυτών κυττάρων. Η εκπομπή ωστόσο γαλάζιου φθορισμού των κυττάρων αυτών κατά τη διέγερση του δείγματος με υπεριώδη ακτινοβολία δηλώνει ότι το κυτταρικό τους τοίχωμα είναι εμποτισμένο με σουβερίνη.
  
- ❖ Τέλος στα παχύτοιχα αυτά κύτταρα και με τα τρία διαφορετικά είδη μικροσκοπίων παρατηρούνται δομές που μοιάζουν με βοθρία. Ειδικότερα κατά την παρατήρηση με το Η.Μ.Σ. οι δομές αυτές εντοπίζονται σε μια πλευρά του κυτταρικού τοιχώματος η οποία φαίνεται να είναι κάθετη στο περίδερμα (αντικλινή βοθρία). Η παρατήρηση αυτή δηλώνει μετακίνηση συστατικών σε απέναντι πλευρές του κυττάρου με κατεύθυνση προς το εσωτερικό του κονδύλου.



## **7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Artschwager, E. (1918). Anatomy of the potato plant with special reference to the ontogeny of the vascular system. *J. Agric. Res.*, **14**, 221-252.

Artschwager, E. (1924). Studies on the potato tuber. *J. Agric. Res.*, **27**, 809-835.

Ακουμιανάκης Κωνσταντίνος. (1998), Συμβολή στη μελέτη της επίδρασης ενδογενών και εξωγενών παραγόντων στα διάφορα στάδια της φυσιολογικής ενηλικίωσης του πατατοσπόρου και η σημασία τους στην παραγωγή, Διδακτορική Διατριβή, Γ.Π.Α.

Ακουμιανάκης Κ.Α., Φασσέας Κ., Ολύμπιος Χ., Αλεξόπουλος Α. (2003), Θεωρητική τεκμηρίωση της ορολογίας του ληθάργου της πατάτας και του χρόνου εγκατάστασης του στον κόνδυλο με πειραματική προσέγγιση. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. Ιωάννινα, σελ.:91-94

Αλεξόπουλος Αλέξιος, (2006). Διερεύνηση δράσεως φυτορρυθμιστικών ουσιών στη φυσιολογική ενηλικίωση κονδύλων πατάτας που παράγοντα στο βοτανικό σπόρο (TPS), Διδακτορική Διατριβή, Γ.Π.Α

Biao Ding, James S.Haudenshield, Richard J.Hull, Shmuel Wolf, Roger N.Beachy and William J.Lucas(1992). Secondary Plasmodesmata are specific sites of localization of the tobacco mosaic virus movement protein in transgenic tobacco plants. *Plant Cell* **4**:915-928.

Burton, W.G.(1963). Concepts and mechanism of dormancy in the Growth of the potato, Butterworths, London, pp., 17-41.

Burton,W.G.(1974). The oxygen uptake in air and in 5% O<sub>2</sub> and the carbon dioxide output of stored potato tubers.*Potato Res.*,**17**,113-37

Burton, 1989. *The Potato*. Longman Scientific and Technical, Essex, England pp:423-552

Burton, W.G. (1996). The potato. 2<sup>nd</sup> ed. H. Veenam and Zoen, Wageningen.

Βασιλάκακης Δ. Μιλτιάδης. 2006. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία, Μεταχείριση Οπωροφόρων και τεχνολογία, Εκδ. Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη.

Clark, G. (1981). Staining Procedures, 4<sup>th</sup> Edition. Williams and Wilkins.

Δροσόπουλος Ι.(1992), Μορφολογία - Ανατομία Φυτών.

Δροσόπουλος Ι. (1998), Ολύμπιος, Ειδική Λαχανοκομία, Μέρος Ι

Emilsson, B. (1949) Studies in the rest period and dormant period in the potato tuber. *Acta. Agric.Suec.*, **3**, 189-284.

Ελευθερίου Ε.Π. (2007). Βοτανική, Βιολογία Φυτικού Κυττάρου και Ιστολογία Φυτών, *University Studio Press*, pp: 353-357.

Furr, M. and Mahlberg P.G. (1981). Histochemical analyses of laticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products*, **44** (2), 153-159.

Φασσέας Κωνσταντίνος, (1999). Λεπτή Δομή Κυττάρου, Μικροσκοπία Εφαρμοσμένη στη Γεωπονία, Γ.Π.Α.

Gray D., 1973. Some effects of seed showed on early growth in Maris Pear potatoes. *Ann. Appl. Biol.* **75**: 83-91

Grimstone, A., and Skaer, R. (1972). A guidebook to microscopical methods. *Cambridge University Press*, London.

Hooker W.J.(1986) *Compendium of Potato Diseases*. American Phytopathological Society Orlando, Florida, USA, pp:1-6

Jensen, W.A. (1962). Botanical Histochemistry Principles and Practice. 1 st Edition. W.H. Freeman and Company.

Kumar, D and Wareing, P. F. (1972). Factors controlling stolon development in the potato plant. *New Phytol.* **71**, 639-648.

Καραμπουρνιώτης, Γ.Α., Λιακόπουλος, Γ. (2009). Οίκο-φυσιολογία Μεσογειακών Φυτικών Ειδών.

Καραμπουρνιώτης, Γ.Α. (2003). Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Οι λειτουργίες των φυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες. Εκδόσεις «Εμβρυο».

Lewis C.E., Lancaster J.E., Meredith P., Walker J.R.L. (1994). Starch metabolism during growth and storage of tubers of two New Zealand potato cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, **22**: 295-304

Lulai, E. C., Corsini, D. L. (1998). Differential deposition of suberin phenolic and alifatic domains and their roles in resistance to infection during potato tuber. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **53**: 209-222.

Lulai, E.C., Freeman, T.P (2001). The importance of phellogen cells and their structural characteristics in succptibility and resistance to excoriation in immature and mature potato tuber periderm. *Annals of Botany* **88**: 555-561.

Lulai, E.C., Orr, P.H. (1993). Determining the feasibility of measuring genotypic differences in skin-set. *American Potato Journal*, **70**: 599-609.

- Μουζάκης Γεώργιος (2011), Επίδραση της εδαφοκάλυψης με πλαστικά φύλλα διαφόρων τύπων στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα της πατάτα, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α
- Neuhaus H.E., Emes M.J. (2000). Nonphotosynthetic metabolism in plastids. *Annu. Rev. Plant Physiology plant Mol. Bio.*, **51**: 111-140.
- Painter, C.G. and Augustin, J. (1976). The effect of soil moisture and nitrogen on yield and quality of the Russet Burbank, *Am. Potato J.*, **53**: 275-284.
- Paul Harris, (1992).The potato Crop, The scientific basis for improvement, Second edition, Εκδ. Chapman and Hall.
- Reeve, P.M., Hautala, F. and Weaver, M.L. (1969). An anatomy and compositional variation within potaoes. II. Phenolics enzymes and other minor components. *Am. Potato J.*, **46**. 347-386.
- Rost, H. HP., Delaveau, P.G. and Paris, R. R. (1971). Localisations histochemical.11: Procédés simple de localization de pigments Flavoniques. Application á quelques Phanérogames. *Bulletin de la cociete Botanique de France*, **118**, 29-36.
- Rowe R.C. (1993). Potato Health Management: A holistic approach. In R.C. Rowe (ed.), Potato Health Management. A.P.S. Press, Minnesota, USA, pp: 3-10.
- Smith, A. M. Martin, C.(1993): Pp 1-54in: Biosynthesis and manipulation of plant products. Grierson D.ed. London, Blackie Academic & Professional.
- Sowokinos,J.R.(1973) Maturation of *Solanum tuberosum*. I.Comparative sucrose synthetase levels between several good and poor processing varieties. *Am. Potato J.*,**50**, 234-47
- Τσέκος, Ι. (2003). Φυσιολογία Φυτών, τόμοι 1,2. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη α.ε.
- Van Es. A., and Hartmans K. J. (1987a.). Starch and sugars during tuberization, storage and sprouting. In A. Rastovski and A. Van ES (eds)Storage of potatoes: Post-harvest Behavior, Store Design, Storage Practice, Handling. Pudoc, Wageningen, Netherlands, pp: 79-113.
- Van Loon and Müller, 1984. Einfluss des Bodens und der Düngung auf Ernährungswert der Kartoffel. Proc. 9th Triennial Conf. EAPR Interlaken, 1984, pp. 71-97.
- Wiese,W., Bommer, D.and Patzold, C. (1975). Einfluss differenzierter Wasserversorgung auf Ertragsbildung und Knollenqualität der Kartoffelplanze (*Solanum tuberosum* L.) *Potato Res.*, **18**, 618-31

Woolley, D.J and Wareing, P.F (1972b). The interaction between growth promoters in apical dominance. I. Hormonal interaction, movement and metabolism of cytokinin in rootless cuttings. *New Phytol.* **71**, 781-793.

Wurr, D.C.E. and Allen, E.J.(1976). Effect of cold treatment on the sprout growth of three potato varieties. *J. Agric. Sci. Camb.*, **86**, 221-224.

Yaroslav I. Korpan, Elena A. Nazarenko, Irina V. Skryshenskaya, Claude Martelet, Nicole Jaffrezic-Renault and Anna V. Elskaya (2004). Potato glycoalkaloids: true safety or false sense of security? *Trends in Biotechnology*, **22**,No 3

<http://dbv.Fc.ul.pt/HistCit/protocols.pdf>



