



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ
ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *PHTHORIMAEA OPERCULELLA***

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΣΛΑΝΙΔΟΥ ΒΑΡΒΑΡΑΣ
ΝΟΥΚΑΡΗ ΣΟΦΙΑΣ**



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΠΩΡΟΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΒΙΩΣΗ
ΤΟΥ ΕΝΤΟΜΟΥ *RHITHORIMAEA OPERCULELLA***

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΣΛΑΝΙΔΟΥ ΒΑΡΒΑΡΑΣ
ΝΟΥΚΑΡΗ ΣΟΦΙΑΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
Ε. Ι. ΝΑΒΡΟΖΙΔΗΣ
Σ. Σ. ΑΝΔΡΕΑΔΗΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	4
2.1. Η ΠΑΤΑΤΑ (<i>Solanum tuberosum</i>).....	4
2.1.1 Ιστορική εξέλιξη της Πατάτας.....	4
2.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της πατάτας.....	6
2.1.3 Φυσιολογία της πατάτας.....	10
2.1.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις.....	14
2.1.5 Πολλαπλασιασμός και καλλιέργεια πατάτας.....	14
2.1.6 Καιρικές συνθήκες-Άρδευση.....	16
2.1.7 Συγκομιδή και μεταφορά	18
2.1.8 Αρχές αποθήκευσης της πατάτας.....	20
2.1.9 Εχθροί της πατάτας.....	23
2.1.10 Ασθένειες της πατάτας.....	24
2.1.11 Φυσιολογία της πατάτας.....	28
2.1.12 Διατροφική αξία της πατάτας.....	29
2.2 ΤΟ ENTOMO <i>Phthorimaea operculella</i>	31
2.2.1 Συστηματική κατάταξη.....	31
2.2.2 Γεωγραφική εξάπλωση.....	31

2.2.3 Μορφολογία.....	32
2.2.4 Βιολογία.....	35
2.2.5 Ζημία.....	36
2.2.6 Καταπολέμηση.....	37
2.2.6.1 Χημική καταπολέμηση.....	37
2.2.6.2 Καλλιεργητικά μέτρα.....	38
2.2.6.3 Βιολογικά μέτρα.....	38
2.3 ANTOXH ΣΤΟ ΨΥΧΟΣ.....	40
2.3.1 Έντομα που ανέχονται τον σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματός του.....	40
2.3.2 Έντομα που δεν ανέχονται τον σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματός του.....	42
2.4 Σκοπός του πειράματος.....	43
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	44
3.1 Προέλευση του εντόμου.....	44
3.2 Εκτροφή του εντόμου.....	44
3.3 Εκτροφή προνυμφών.....	44
3.4 Προσδιορισμός θερμοκρασίας υπέρψυξης.....	45
3.5 Προσδιορισμός θανατηφόρων θερμοκρασιών.....	46
3.6 Στατιστική ανάλυση.....	46

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	48
4.1 Ικανότητα υπέρψυξης.....	48
4.2 Προσδιορισμός θανατηφόρων θερμοκρασιών.....	49
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	51
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	55

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά τον καθηγητή μας κ. Ανδρεάδη Στέφανο για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής διατριβής, την καθοδήγηση, τις υποδείξεις και διορθώσεις στην συγγραφή της διατριβής.

Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Ναβροζίδη Εμμανουήλ για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που είχαμε στα πλαίσια του πειραματισμού αλλά και για την ηθική υποστήριξη που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον υποψήφιο διδάκτορα Σπανούδη Χρήστο για τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πατάτα είναι ένα λαχανικό, που κατέχει υψηλή θέση στις προτιμήσεις των καταναλωτών. Καλλιεργείται σε αρκετές χώρες κατά την εαρινή και φθινοπωρινή περίοδο στο ύπαιθρο. Οι χρήσεις της πατάτας ποικίλουν, έτσι έχει δημιουργηθεί υψηλός αριθμός διαφορετικών ποικιλιών που επιτρέπουν την κατανάλωση του νωπού καρπού ή την κατανάλωση του μετά από διαφόρων ειδών μεταποιήσεις (Βασιλείου, 2007).

Σήμερα η πατάτα είναι το μοναδικό λαχανικό μεταξύ των 5 κυριότερων καλλιεργούμενων φυτικών ειδών (τα άλλα 4 είναι δημητριακά) για τη διατροφή του ανθρώπου. Από διαιτητικής πλευράς, η πατάτα είναι σημαντική τροφή και επιπλέον η πρωτεΐνη που περιέχει είναι εξαιρετικής ποιότητας. Οι νωποί κόνδυλοι της αποτελούνται κατά μέσο όρο από 75% νερό, 20% άμυλο, 2% πρωτεΐνες, 2% τέφρα, καθώς επίσης και από ελάχιστες ποσότητες λιπών (Ολυμπίος, 1994). Υπό κανονικές συνθήκες, η καλλιέργεια της πατάτας δίνει μεγαλύτερο εισόδημα ανά στρέμμα σε σύγκριση με υπόλοιπα δημητριακά. Το μειονέκτημα της σε σχέση με τα δημητριακά είναι η μεγάλη περιεκτικότητα της σε νερό, που αυξάνει το σχετικό κόστος μεταφοράς, η μικρότερη διάρκεια αποθήκευσης και η μεγαλύτερη φθορά. Καθώς όμως είναι ένα σαρκώδες μαγειρεύσιμο λαχανικό, μπορεί και σερβίρεται με πολλούς τρόπους, π.χ. ως βραστάς, ψητές, τηγανιτές, ραγού μαγειρευτές, γεμιστές, κρίσπς, τσιπς, πατατάλευρο ή αφυδατωμένες. Το άμυλο της πατάτας και η δεκστρόζη που παράγεται από την υδρόλυση του αμύλου χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφών. Το οινόπνευμα που βγαίνει από τη ζύμωση της μαγειρευμένης πατάτας είναι ένα ενδιαφέρον προϊόν σε μερικές χώρες για την βιομηχανία λικέρ και ποτών. Υπολογίσιμες ποσότητες μη εμπορεύσιμης πατάτας χρησιμοποιούνται και στην κτηνοτροφία ως τροφή. Είναι γνωστή η χρήση πατατάλευρου στη νοθεία κατασκευής αλλαντικών που πωλούνται σε μικρότερες τιμές.

Πολλές ασθένειες όπως η αλτερναρίωση και ο περονόσπορος, νηματώδεις, μύκητες του εδάφους, αβιοτικοί παράγοντες αλλά κυρίως εντομολογικοί εχθροί πλήττουν την καλλιέργεια της πατάτας. Μέχρι σήμερα η αλόγιστη χρήση φυτοπροστατευτικών ουσιών για την αντιμετώπιση των πιο πάνω προβλημάτων, οδήγησε σε δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή και στο περιβάλλον αλλά και στην δημιουργία νέων προβλημάτων όπως είναι η ανάπτυξη ανθεκτικότητας. Γενικά, η ανάπτυξη εναλλακτικών μεθόδων αντιμετώπισης των

εντόμων και άλλων εχθρών με σκοπό την εξάλειψη ή τον περιορισμό του αριθμού των επεμβάσεων με φυτοπροστατευτικά σκευάσματα προϋποθέτει τη γνώση της βιολογίας, οικολογίας και φυσιολογίας των εντόμων-εχθρών, καθώς και τη μελέτη όλων των παραμέτρων που λαμβάνουν μέρος στην πράξη των διάφορων μεθόδων (Βασιλείου, 2007).

Στα πλαίσια της πιο πάνω θεωρίας, μελετήθηκε η αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες της *P. operculella* λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους, όπως είναι η ικανότητα υπέρψυξης και η παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω του μηδενός, σε σχέση πάντοτε με το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου (αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικο). Τα αποτελέσματα του πειράματος μπορεί να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης του εντόμου.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Η ΠΑΤΑΤΑ (*Solanum tuberosum*)

2.1.1 Ιστορική εξέλιξη της πατάτας

Η πατάτα είναι μονοετές ποώδες φυτό των εύκρατων περιοχών των Άνδεων στο Περού και της Βολιβίας στην Νότιο Αμερική, από όπου και κατάγεται. Στην Ευρώπη η πατάτα καλλιεργήθηκε αρχικά στην Ισπανία περί το 1534 και στην Ιρλανδία περί το 1580. Από τα δύο αυτά κέντρα εισαγωγής διαδόθηκε σιγά-σιγά σε όλη την Ευρώπη (Σπάρτση, 2006).

Αρχικά οι Ευρωπαίοι απέφευγαν το νέο τρόφιμο γιατί πίστευαν ότι είναι δηλητηριώδες. Με τη διάδοση όμως των τεχνικών γνώσεων για την καλλιέργεια και τη διατήρηση της πατάτας, καθώς επίσης και η αναγνώριση της ωφελιμότητας της από τις κυβερνήσεις και τους ερευνητές είχε ως αποτέλεσμα την επέκταση της καλλιέργειας σε όλη την Ευρώπη (Σπάρτση, 2006).

Στην Ελλάδα η πατάτα καλλιεργείται σχεδόν για 150 χρόνια. Πρώτα εισήχθη στην Κέρκυρα το 1800 από προοδευτικό καλλιεργητή και διαδόθηκε στο νησί και το 1817 από την Κέρκυρα διαδόθηκε και στα άλλα νησιά του Ιονίου. Στην υπόλοιπη Ελλάδα η πατάτα εισήχθη το 1828, όπου καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Αίγινα και στον Πόρο. Μέχρι το 1880 η ντόπια παραγωγή δεν έφθανε για τις ανάγκες της κατανάλωσης, για αυτό γινόταν εισαγωγή πατάτας από το εξωτερικό ιδίως από την Μάλτα και την Τεργέστη. Στην Ελλάδα, πρώιμες πατάτες καλλιεργούνται στην Κρήτη, στην Καλαμάτα, τις Λιβανάτες, ενώ όψιμες καλλιεργούνται σε πολλές ορεινές περιοχές της χώρας (Νευροκόπη, Πολύμυλος, Βροντού, κτλ.) (Σπάρτση, 2006). Στην Κύπρο η καλλιέργεια της πατάτας είναι η κυριότερη και συγκεντρώνεται κυρίως στην περιοχή Κοκκινοχωρίων και σε μικρότερη έκταση στις επαρχίες Πάφου, Λεμεσού και ελεύθερες περιοχές της Μόρφου (Βασιλείου, 2007).

Οι Ιρλανδοί ήταν οι πρώτοι άνθρωποι στην Ευρώπη που έκαναν μεγάλη χρήση πατάτας το πρώτο μισό του 17^{ου} αιώνα. Στα 1840-45 όμως για 2-3 χρόνια υπήρξαν καταστροφές στις πατατοκαλλιέργειες, εξαιτίας του μύκητα *Phytophthora infestans* στην Ιρλανδία. Η προσβολή οφείλονταν σε συνεχή χρήση των εδαφών για πατάτες, αλλά και στην ευπάθεια του υποείδους *andigena* στον παραπάνω μύκητα, ο οποίος τότε καλλιεργούνταν στην Ευρώπη. Στην Ιρλανδία η πατάτα ήταν βασικό είδος διατροφής έτσι ώστε η οικονομία τους να εξαρτάται από την πατάτα.

Έτσι, σε σύνολο 4.000.000 ατόμων της εποχής αυτής όπου ανέρχονταν ο πληθυσμός της Ιρλανδίας, περίπου 1.000.000 άτομα πέθαναν από αστία και ασθένειες λόγω υποσιτισμού και άλλοι τόσοι μετανάστευσαν. Το προϊόν δεν καλλιεργούνταν σε άλλα μέρη της Αγγλίας και της Ευρώπης. Έγινε γνωστό στο τέλος του 18^{ου} αιώνα. Το 19^ο αιώνα στην περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης η πατάτα έγινε βασικό είδος διατροφής στη βόρεια και ανατολική Ευρώπη. Αρχικά των αγροτών, μετά των βιομηχανικών εργατών και μετά σε μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Οι πιο παραγωγικές χώρες σήμερα είναι οι εύκρατες αν και η πατάτα είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί παντού, εκτός από τις χαμηλές τροπικές περιοχές. Καλλιεργείται στην εύκρατη ζώνη σε υψόμετρο πάνω από 1.200-1.500 μέτρα, ακόμη και στη βόρεια και κεντρική Αλάσκα, Νότια Γροιλανδία και Βόρεια Σκανδιναβία (Πίνακας 2.1 και 2.2) (FAO 2010).

2.1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της πατάτας

Η καλλιεργούμενη πατάτα αναφέρετε στην διεθνή βιβλιογραφία με το λατινικό όνομα *Solanum tuberosum* και ανήκει στην οικογένεια Solanaceae. Σε αυτή την οικογένεια ανήκουν επίσης πολλά καλλιεργούμενα φυτά με οικονομική σημασία, όπως η μελιτζάνα, η τομάτα, ο καπνός και η πιπεριά. Η συστηματική κατάταξη της φαίνεται στον Πίνακα 2.3.

Το φυτό της πατάτας είναι ετήσιο, ποώδες με βιολογικό κύκλο κυμαινόμενο από τρεις έως πέντε μήνες αναλόγως κυρίως της ποικιλίας (Εικόνα 2.1Α). Το φυτό χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό υπέργειων και υπόγειων βλαστών. Στους υπέργειους βλαστούς εμφανίζονται σύνθετα φύλλα στις μασχάλες των οποίων σχηματίζονται πλάγιοι βλαστοί και όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες το επιτρέπουν, σχηματίζονται ταξιανθίες και καρποί. Ο καρπός της πατάτας είναι ράγα με διάμετρο 1,3-2cm και περιέχει 50-400 σπόρους. Στο υπόγειο μέρος του φυτού της πατάτας, από τους μασχαλιαίους οφθαλμούς των κατώτερων γονάτων του κεντρικού στελέχους αναπτύσσονται οι στόλωνες (Cutter, 1992).

Πίνακας 2.1: Χώρες με την μεγαλύτερη καλλιερούμενη έκταση πατάτας κατά το έτος 2009 και

2010.

A/A	Χώρα	Έκταση (m ²) 2009	Έκταση (m ²) 2010
1	Κίνα	5083034	5077504
2	Ρωσία	2182400	2109100
3	Ινδία	1828300	1835300
4	Ουκρανία	1411800	1408000
5	Πολωνία	507952	490853
6	Μπαγκλαντές	421400	406588
7	Η.Π.Α.	395000	435000
8	Λευκορωσία	382981	366766
9	Περού	282356	289873
10	Γερμανία	263700	255200
11	Ρουμανία	260317	246982
12	Νιγηρία	227519	222000
13	Μαλάουι	211691	241400
14	Νεπάλ	181900	185342
15	Γαλλία	170778	165576
16	Καζακστάν	170300	178700
17	Ολλανδία	154971	156969
18	Ιράν	153995	146306
19	Κένυα	153114	152994
20	Καναδάς	146303	139905

(Πηγή: <http://www.fao.org>)

Πίνακας 2.2: Χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή πατάτας κατά το έτος 2009 και 2010.

A/A	Χώρα	Παραγωγή (τον.) 2009	Παραγωγή (τον.) 2010
1	Κίνα	73281890	74799084
2	Ινδία	34390900	36577300
3	Ρωσία	31134000	21140500
4	Ουκρανία	19666100	18705000
5	Η.Π.Α.	19564300	18016200
6	Γερμανία	11617500	10201900
7	Πολωνία	9702800	8765960
8	Ολλανδία	7180980	6843530
9	Γαλλία Περού	7174560	6582190
10	Λευκορωσία	7124980	7831110
11	Μπαγκλαντές Αγγλία	6399000	6045000
12	Μπαγκλαντές	5268000	7930000
13	Καναδάς	4581120	4421770
14	Τουρκία	4397710	4548090
15	Ιράν	4107630	4054490
16	Ρουμανία	4003980	3283870
17	Περού	3765290	3814370
18	Αίγυπτος	3659280	3643220
19	Βραζιλία	3443710	3595330
20	Μαλάουι	3427760	4706400

(Πηγή: <http://www.fao.org>)

Πίνακας 2.3: Συστηματική κατάταξη της πατάτας *S. tuberosum*.

Βασίλειο: Plantae

Υποβασίλειο: Tracheobionta

Φύλο: Magnoliophyta

Κλάση: Magnoliopsida

Υπόκλαση: Asteridae

Τάξη: Solanales

Οικογένεια: Solanaceae

Γένος: *Solanum*

Είδος: *tuberosum*

Στην κορυφή των στολώνων σχηματίζονται οι κόνδυλοι (Εικόνα 2.1B), διαδικασία που ονομάζεται κονδυλοποίηση και εξαρτάται από εξωγενείς παράγοντες όπως είναι η φωτοπερίοδος, η θερμοκρασία, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η παροχή αζώτου (Jackson, 1999).

Όταν ο πολλαπλασιασμός της πατάτας γίνεται με βοτανικό σπόρο, οι κοτυληδόνες εξέρχονται από το έδαφος και στη συνέχεια τα νεαρά σπορόφυτα σχηματίζουν 3-4 πραγματικά φύλλα τα οποία είναι απλά, με σχήμα οβάλ και φέρουν πολλές τρίχες ενώ αργότερα σχηματίζονται σύνθετα φύλλα (Cutter, 1992). Είναι μια σημαντική διαφορά στον τρόπο ανάπτυξης ανάμεσα στα φυτά που προέρχονται από βοτανικό σπόρο και σε αυτά που προέρχονται από κόνδυλο που υποδηλώνει μεγαλύτερης διάρκειας νεανική φάση στα σπορόφυτα αφού η μετάβαση των φυτών από τη νεανική στην ενήλικη φάση προσδιορίζεται μεταξύ άλλων και από διαφορές στη μορφολογία των φύλλων. Επιπλέον τα σπορόφυτα έχουν διαφορετικό ρυθμό ανάπτυξης από τα φυτά που προέρχονται από κόνδυλο με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερη διάρκεια καλλιεργητικής περιόδου για την ωρίμανσή τους (Upadhyya et al., 2003).



Εικόνα 2.1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά πατάτας: (Α) Ανεπτυγμένο φυτό και (Β) κόνδυλοι του φυτού.

Πιο αναλυτικά, τα βοτανικά χαρακτηριστικά της πατάτας είναι τα εξής:

Φύτρο: Τα φύτρα του κονδύλου της πατάτας είναι κυρίως κοντά νεαρά στελέχη. Η μορφή και το χρώμα των φύτρων είναι χαρακτηριστικά της καλλιεργούμενης ποικιλίας. Τα στελέχη αναπτύσσονται από τα φύτρα. Οι υγιείς νεαροί βλαστοί της πατάτας ποτέ δεν επιμηκύνονται, έχουν χαρακτηριστικό χρώμα και σχήμα, και ελαφριά κάλυψη με τρίχες σε μερικές ποικιλίες.

Κόνδυλος: Ο κόνδυλος της πατάτας είναι ουσιαστικά ένας τροποποιημένος βλαστός με γόνατα, μεσογονάτια διαστήματα φύλλα οφθαλμούς. Η μορφή του ποικίλει και το εσωτερικό του τμήμα διαιρείται σε δύο μέρη: το άκρο του στόλωνα και το άκρο των φύτρων.

Ρίζες: Η πατάτα, όπως και άλλα δικοτυλήδονα φυτά, έχει ένα κεντρικό ριζικό σύστημα που περιέχει μερικές κύριες ρίζες και πολλές πλευρικές ρίζες. Οι ρίζες μπορούν να αναπτυχθούν μόνο από τα φύτρα και τα στελέχη. Ο κόνδυλος της πατάτας ή οι στόλωνες δεν μπορούν να αναπτύξουν ρίζες. Η έναρξη των νέων ριζών είναι ορατή στη βάση των φυσιολογικών νεαρών βλαστών. Οι υγιείς ρίζες πατάτας είναι άσπρες ή έχουν λίγο αμμώδες χρώμα.

Στόλωνες: Οι στόλωνες, όπως και οι κόνδυλοι είναι τροποποιημένοι βλαστοί. Μπορούν να αναπτυχθούν μόνο από τους βλαστούς. Ο αριθμός και το μήκος των στολώνων εξαρτάται εν μέρει από την καλλιεργούμενη ποικιλία και από το έδαφος. Το χρώμα των υγιών στολώνων είναι

άσπρο, χωρίς εκφύσεις. Οι κόνδυλοι ή οι βλαστοί μπορούν να αναπτυχθούν στην άκρη των στολώνων, όταν ο στόλωνας φτάσει στην επιφάνεια του εδάφους.

Βλαστός: Το φυτό της πατάτας σχηματίζει δυο ειδών βλαστούς: τους εναέριους (υπέργειους) και τους υπόγειους βλαστούς. Οι εναέριοι βλαστοί είναι κατά το πλείστον πράσινου χρώματος, μερικοί όμως έχουν ιώδη ή κοκκινωπό χρωματισμό. Στην αρχή της εμφάνισης τους είναι όρθιοι αλλά αργότερα όσο προχωράει η ανάπτυξη και η ηλικία τους, διακλαδίζονται, αδυνατίζουν, πέφτουν και αναπτύσσονται προς τα πλάγια σε μήκος 40-80cm. Οι υπόγειοι βλαστοί (στόλωνες) λειτουργούν όπως και οι υπέργειοι με τη διαφορά ότι κάθε στόλωνας τερματίζει την ανάπτυξη του με τη διόγκωση και σχηματισμό κονδύλων. Πιθανόν πάνω στον ίδιο στόλωνα να σχηματιστούν περισσότεροι του ενός κόνδυλοι.

Φύλλα: Τα φύλλα της πατάτας είναι σύνθετα. Τα πρώτα φύλλα που σχηματίζονται στους βλαστούς που εκφύονται από το μητρικό πατατόσπορο είναι απλά. Καθώς όμως στο φυτό παράγονται και άλλα φύλλα, αυτά φέρουν περισσότερα φυλλάρια (7-11) καθώς και φυλλίδια πάνω στο μίσχο παρά στη βάση του φύλλου. Ο αριθμός των φυλλαρίων που έχουν τα φύλλα διαφέρει στις διάφορες ποικιλίες και επίσης παρατηρούνται διαφορές και με την ηλικία του φυτού. Τα φυλλάρια έχουν στομάτια τόσο στην άνω επιφάνεια (λιγότερα) όσο και στην κάτω επιφάνεια (πολυπληθέστερα). Τα υγιή φύλλα πατάτας είναι πράσινα, μερικές φορές με κίτρινο ή πορφυρό χρωματισμό (Ολυμπίος, 1994).

2.1.3 Φυσιολογία της πατάτας

Φωτοσύνθεση

Ένα εξαιρετικά μικρό μέρος του νερού που λαμβάνεται από τις ρίζες του φυτού χρησιμοποιείται άμεσα στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Το νερό είναι το μέσον όπου μεταφέρονται οι οργανικές ουσίες και τα μέταλλα στο φυτό και παίζει σημαντικό ρόλο στο δρόσισμα του φυτού με την διαπνοή. Το φυτό ρυθμίζει την διαπνοή και την πρόσληψη CO₂ με το άνοιγμα και το κλείσιμο των στοματίων. Το CO₂ που χρησιμοποιείται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης εισέρχεται από τα φύλλα μέσω των στοματίων. Όταν υπάρχει αρκετό νερό στο φυτό τα στομάτια ανοίγουν και επιτρέπουν το CO₂ να εισέλθει στο φυτό. Όταν το φυτό είναι

ξηρό, τα στομάτια κλείνουν και η ποσότητα του CO₂ σύντομα πέφτει κάτω από το κανονικό για μέγιστη φωτοσύνθεση.

Θερμοκρασία, φως, ένταση και μήκος ημέρας

Η αφομοίωση των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται από την θερμοκρασία.. Η αιτία γι' αυτό μπορεί να είναι η μεγάλη επίδραση της θερμοκρασίας στην κατανομή της ξηράς ουσίας και του σχεδίου ανάπτυξης του φυτού της πατάτας. Η ενέργεια αφομοίωσης έρχεται απευθείας ή έμμεσα από το ηλιακό φως.

Όσον αφορά στο φως, μόνο αυτό που συλλαμβάνεται από τα πράσινα μέρη του φυτού χρησιμοποιείται για φωτοσύνθεση. Το φως που χρησιμοποιείται για φωτοσύνθεση εξαρτάται από το διαθέσιμο φως (ένταση φωτός, μήκος ημέρας) και από το φως που συλλαμβάνεται από τα πράσινα μέρη του φυτού (κυρίως φύλλο). Η φωτοσύνθεση αυξάνεται με την ένταση του φωτός. Για την αφομοίωση χρησιμοποιείται μόνο το φως που συλλαμβάνεται απ' τα φύλλα. Σε καλλιέργεια με κλειστή βλάστηση υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών, για το φως ενώ αντιθέτως όταν οι γραμμές φύτευσης του αγρού είναι φαρδιές και πλατιές τότε δεν υφίσταται αυτός ο ανταγωνισμός. Μάλιστα στη δεύτερη περίπτωση, θα περισσέψει ένα μέρος του φωτός μιας και δεν θα είναι καλυμμένη όλη η επιφάνεια του εδάφους με πράσινα φύλλα. Επίσης, σε μια καλλιέργεια με πυκνή βλάστηση και ανταγωνισμό μεταξύ των φυτών, η παραγωγή ανά φυτό θα είναι λιγότερη, η παραγωγή όμως ανά μονάδα επιφάνειας θα είναι μεγαλύτερη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως η παραγωγή ανά φυτό βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα όταν δεν υφίσταται ο προαναφερθείς ανταγωνισμός ανάμεσα στα φυτά.

Αναπνοή φύλλων και κονδύλων

Ένα μέρος των υδατανθράκων που παράγονται από την αφομοίωση χρησιμοποιείται για την αναπνοή. Με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται σημαντικά και η αναπνοή. Υψηλές θερμοκρασίες (45°C) ζημιώνουν τα κύτταρα. Αυτό θα είναι και η αιτία μείωσης της αναπνοής σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 45°C.

Τα νέα φύλλα αναπνέουν περισσότερο CO₂ σε σχέση με τα γηραιότερα. Αυτό είναι και η αιτία που τα νέα φύλλα είναι λιγότερο αποτελεσματικά σε παραγωγή ξηράς ουσίας από τα

πλήρως αναπτυγμένα φύλλα ειδικά σε υψηλές θερμοκρασίες. Η αναλογία αναπνοής κονδύλων σε ένα αναπτυσσόμενο φυτό εξαρτάται από την ηλικία και τη θερμοκρασία του κονδύλου.

Κατανομή υδατανθράκων σε διάφορα φυτικά μέρη

Ο τρόπος όπου αναπτύσσεται η πατάτα (ανάπτυξη βλάστησης, ανάπτυξη στολόνων και ανάπτυξη κονδύλου) επηρεάζεται από:

- τη θερμοκρασία,
- το μήκος ημέρας,
- την ένταση φωτός,
- την φυσιολογική ηλικία του σποροκονδύλου,
- την πυκνότητα φυτών και
- τον εφοδιασμό αζώτου και υγρασίας.

Ο καθένας από τους παραπάνω παράγοντες επιδρά ατομικά, χωρίς ωστόσο να αποκλείεται η αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Στον κύκλο ανάπτυξης της πατάτας διακρίνονται τρεις περίοδοι. Μετά την φύτευση ή ακόμη και πριν, ο σποροκόνδυλος αναπτύσσει φύτρα και ρίζες. Όταν ο κόνδυλος έχει ήδη αναπτύξει φύτρα και πριν τη φύτευση, ο σχηματισμός ριζών αρχίζει αμέσως μετά την φύτευση και η εμφάνιση βλαστών θα επιταχυνθεί. Για το σχηματισμό ριζών και την πρώιμη ανάπτυξη ριζών χρειάζεται εδαφική υγρασία. Χαμηλή εδαφική υγρασία και θερμοκρασία εδάφους καθυστερούν την φύτευση. Μετά την εμφάνιση βλαστών, η βλάστηση και οι ρίζες αναπτύσσονται ταυτόχρονα. Η ανάπτυξη της βλάστησης με αυτή των ριζών συσχετίζονται. Η ανάπτυξη του κονδύλου θα αρχίσει σιγά-σιγά περίπου 2-4 εβδομάδες μετά την βλάστηση. Κάτω από ευνοϊκές συνθήκες η μεγάλη παραγωγή μπορεί να αγγίξει τα 800-1000 Kg ανά έκταση την ημέρα.

Η μορφή ανάπτυξης γίνεται σε δύο τύπους καλλιεργειών: α) μια μικρού κύκλου καλλιέργεια, όπου παρατηρείται μέτρια ανάπτυξη βλάστησης και πρώιμη ωρίμανση, η οποία δίνει μια σχετικά υψηλή παραγωγή σε σχετικά μικρή χρονική περίοδο, και β) μια μεγάλου κύκλου καλλιέργεια όπου παρατηρείται μεγαλύτερος όγκος βλάστησης, η ανάπτυξη του κονδύλου αρχίζει αργότερα και η ωρίμανση γίνεται επίσης αργότερα δίνοντας μια σχετικά μικρή

παραγωγή, η οποία αργότερα υπερέχει σε παραγωγή από το μικρό κύκλο καλλιέργειας ο οποίος οφείλεται στη μεγαλύτερη περίοδο ανάπτυξης. Έτσι λοιπόν, ο τύπος παραγωγής που θα αναπτυχθεί εξαρτάται από την διαθέσιμη περίοδο ανάπτυξης. Όταν αυτή είναι μικρή, δηλαδή όταν η συγκομιδή είναι πρόωμη, ο μικρός κύκλος παραγωγής συχνά δίδει τη μέγιστη σοδειά. Αντίθετα όταν η διαθέσιμη καλλιεργητική περίοδος είναι μακρά, μια παραγωγή μεγάλου κύκλου θα είναι καλύτερη. Για να πάρουμε τη μεγαλύτερη δυνατή παραγωγή ο τύπος ανάπτυξης της παραγωγής πρέπει να ταιριάζει με το μήκος του διαθέσιμου χρόνου ανάπτυξης.

Επίσης, υπάρχει μια σειρά από παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό κονδύλων, καθένας από τους οποίους μπορεί να έχει τη δική του επίδραση στην ανάπτυξη κονδύλου και βλάστησης. Το μήκος της ημέρας έχει μια υπολογίσιμη επίδραση στον τρόπο ανάπτυξης της πατάτας. Κάτω από συνθήκες μικρής ημέρας τα φυτά δείχνουν ένα πρόωμο σχηματισμό κονδύλου, οι στόλONES είναι κοντοί και η βλαστική ανάπτυξη παραμένει μικρή. Με συνθήκες μακράς ημέρας το φυτό παράγει κονδύλους αργότερα, οι στόλONES γίνονται μακρύτεροι και η ανάπτυξη βλάστησης είναι αφθονότερη. Ωστόσο, σε συνθήκες μακράς ημέρας μερικές ποικιλίες και είδη δεν αρχίζουν καθόλου να σχηματίζουν κονδύλους. Κάθε ποικιλία ή είδος έχει το δικό της κρίσιμο μήκος ημέρας. Σύμφωνα με αυτό, ο σχηματισμός κονδύλου γίνεται μόνο όταν το μήκος ημέρας είναι μικρότερο ή ίσο με το κρίσιμο μήκος ημέρας. Το κρίσιμο μήκος ημέρας των περισσότερων Ευρωπαϊκών όψιμων ποικιλιών είναι μικρότερο από αυτό των πρόωμων.

Ένταση φωτός και φυσιολογική ηλικία σποροκονδύλου

Σε χαμηλή ένταση φωτός ενεργοποιείται η ανάπτυξη της βλάστησης και καθυστερείτε η ανάπτυξη κονδύλου. Η διαφορά έντασης φωτός σε μεγάλα και μικρά γεωγραφικά πλάτη μπορεί να επηρεάζει τον τρόπο παραγωγής της πατάτας. Κατά το παρελθόν διάφοροι ερευνητές παρατήρησαν ότι χρησιμοποιώντας παλιό σπόρο έχουμε πρωιμότερη παραγωγή. Το ζημιογόνο αποτέλεσμα γηρασμένου σπόρου θα είναι πιο έντονο κάτω από συνθήκες μικρής ημέρας παρά μεγάλης.

Σπόροι που καλλιεργούνταν σε δροσερά κλίματα και αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες συμπεριφέρονται σαν σχετικά νέοι σπόροι μετά από 8 ή 9 μήνες αποθήκευσης. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ καλλιεργειών από παλιό ή νέο σπόρο μπορεί να οφείλονται εν μέρει στο μεγαλύτερο αριθμό βλαστών που παράγονται από γηραιότερο σπόρο.

2.1.4 Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Γενικά η πατάτα ευδοκίμει σε σχετικά ψυχρά και δροσερά κλίματα. Η καλύτερη παραγωγή επιτυγχάνεται σε περιοχές σχετικά δροσερές με ομοιόμορφη θερμοκρασία, χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις κατά την περίοδο της καλλιέργειας και με μέτριες ως συχνές βροχοπτώσεις. Το φύτευμα των πατατών γίνεται σε 12-30 μέρες από τη φύτευση, όταν η μέση θερμοκρασία του αέρα είναι 12-13°C. Γενικά, ψηλές θερμοκρασίες πέραν των 26-28°C ευνοούν την ανάπτυξη του φυλλώματος ενώ οι χαμηλές 15-18°C, η υψηλή υγρασία και ο φωτισμός ευνοούν την κονδυλοποίηση. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 3°C το φύλλωμα των φυτών υφίσταται ζημιές. Στους -2°C, τα φυτά παγώνουν και καταστρέφονται (Ολύμπιος, 1994).

Αν και οι πατάτες μπορούν να καλλιεργηθούν σε ποικιλία εδαφών, οι πιο καλές αποδόσεις λαμβάνονται από εδάφη βαθιά, γόνιμα και καλά αποστραγγιζόμενα με pH 5-6,5 όπως τα αμμοπηλώδη και αμμοαργιλώδη. Σε εδάφη με κακή στράγγιση ή βαρεία, όπως τα αργιλώδη, οι κόνδυλοι είναι παραμορφωμένοι, έχουν ρωγμές και συνήθως είναι εμφανισιακά υποβαθμισμένοι (Ολύμπιος, 1994). Η άροση του εδάφους, η προετοιμασία σποροκλίνης, η φύτευση και η γεωσυσσώρευση πρέπει να γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εγγυώνται όχι μόνο σύντομη φύτευση, αλλά και βαθιά διείδυση ριζών και καλή στράγγιση. Πρέπει να είναι δυνατή η κάλυψη της αναπτυσσόμενης παραγωγής, με αρκετό χώμα γιατί οι κόνδυλοι ακάλυπτοι με χώμα πρασινίζουν και προσβάλλονται εύκολα από έντομα και η θερμοκρασία τους ανεβαίνει πολύ.

2.1.5 Πολλαπλασιασμός και καλλιέργεια της πατάτας

Η πατάτα πολλαπλασιάζεται εγγενώς με βοτανικό σπόρο (TPS) και αγενώς, με κονδύλους (πατατόσπορος ή seed tuber) ή με μικροπολλαπλασιασμό (in vitro). Ο βοτανικός σπόρος της πατάτας χρησιμοποιείται κυρίως σε ερευνητικά ή βελτιωτικά προγράμματα αλλά τα τελευταία 40 χρόνια το C.I.P. (International Potato Centre - Lima, Peru) προωθεί τη χρήση του κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες για την παραγωγή κονδύλων για κοινή κατανάλωση ή την παραγωγή πατατόσπορου. Η περιορισμένη χρήση του βοτανικού σπόρου της πατάτας οφείλεται κυρίως στην αργή ανάπτυξη των σπορόφυτων, τη δυσκολία στην αντιμετώπιση των ζιζανίων και τις

μεγάλες απαιτήσεις για εργατικό δυναμικό. Επιπλέον, τα σπορόφυτα παράγουν κονδύλους μικρού μεγέθους με υψηλά ποσοστά ανομοιομορφίας όσον αφορά το σχήμα, το μέγεθος και το στάδιο ωρίμανσης, χαρακτηριστικά που είναι πιθανό να σχετίζονται με τη χρήση ποικιλιών που προέρχονται από ελεύθερη επικονίαση. Παρόλα αυτά, συγκριτικά με τη χρήση του πατατόσπορου, παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα όπως είναι η εύκολη και με χαμηλό κόστος παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, η μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης (τουλάχιστον 8-9 χρόνια) με μικρές απαιτήσεις σε χώρο, έλεγχο συνθηκών, συσκευασία και μεταφορά και η μικρή ποσότητα (10g) που απαιτείται για την καλλιέργεια ενός στρέμματος.

Στις περισσότερες χώρες η καλλιέργεια της πατάτας γίνεται με τη φύτευση κονδύλων μικρού μεγέθους (40-90g) που ονομάζεται πατατόσπορος. Η παραγωγή πατατόσπορου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί χαρακτηριστικά του πατατόσπορου, όπως είναι το γενετικό δυναμικό της ποικιλίας, η υγεία και η φυσιολογική ηλικία του επηρεάζουν σημαντικά τις αποδόσεις. Για επίτευξη καλύτερης παραγωγής αλλά και για λόγους φυτουγειονομικούς οι παραγωγοί πρέπει να χρησιμοποιούν πιστοποιημένο πατατόσπορο καταγωγής από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ή ντόπιο πιστοποιημένο.

Από τη στιγμή της φύτευσης, η πατάτα χρειάζεται 90 έως 120 ημέρες για τη συγκομιδή ανάλογα με την πρωιμότητα της ποικιλίας και τις καιρικές συνθήκες. Η καλλιέργεια της πατάτας γίνεται σε δύο περιόδους: α) την εαρινή (ανοιξιάτικη – κύρια καλλιέργεια) κατά την οποία η φύτευση αρχίζει το Νοέμβριο και τελειώνει αρχές Φεβρουαρίου ενώ η συγκομιδή αρχίζει αρχές Μαρτίου και τελειώνει μέσα Ιουνίου και β) φθινοπωρινή (χειμερινή καλλιέργεια) κατά την οποία φυτεύεται τον Ιούλιο - Αύγουστο μέχρι μέσα Οκτωβρίου και η συγκομιδή γίνεται το Νοέμβριο μέχρι τέλος Φεβρουαρίου του επόμενου χρόνου.

Για να εξασφαλίσουμε γρήγορη και κανονική ανάπτυξη του φυτού, πρέπει ο πατατόσπορος να τοποθετείται σε ευνοϊκό περιβάλλον. Το έδαφος πρέπει να είναι σχετικά ψιλοχωματισμένο, να έχει κανονική υγρασία και να μην έχει μεγάλους σβόλους. Αν το έδαφος είναι πολύ στεγνό, τότε πρέπει να γίνει πριν την καλλιέργεια ένα πότισμα του χωραφιού και να ακολουθήσει η φύτευση, όταν αυτό βρίσκεται σε κατάλληλη κατάσταση από πλευράς υγρασίας. Το βάθος φύτευσης κυμαίνεται από 15-20cm και εξαρτάται από την ποικιλία και το έδαφος.

2.1.6 Καιρικές συνθήκες- Άρδευση

Ακραίες καιρικές συνθήκες επηρεάζουν τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα της παραγωγής (Χατζηδημητρίου, 2009). Για να υπολογιστούν οι απώλειες, δεν θα πρέπει να γνωρίζουμε μόνο τη χρονική διάρκεια αυτών των δυσμενών καιρικών συνθηκών, αλλά και το στάδιο ανάπτυξης της παραγωγής κατά το χρόνο έκθεσης σε αυτές.

Νερό και ξηρασία

Όταν το περιεχόμενο νερού είναι μεγάλο στο έδαφος (κοντά στο σημείο κορεσμού), τότε το περιεχόμενο του οξυγόνου είναι πολύ χαμηλό. Αυτό προκαλεί ζημιά στις ρίζες. Οι ρίζες νεκρώνονται κάτω από πολύ υγρές συνθήκες και συνεπώς η αναλογία βάρους φυλλώματος / βάρος ριζών είναι αρκετά υψηλή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι νέοι κόνδυλοι που δημιουργούνται να σαπίζουν καθώς το χώμα είναι μουσκεμένο και νωπό. Επιπλέον, υπό συνθήκες αυξημένης υγρασίας, τα φακίδια ενός κονδύλου ανοίγουν και είναι δυνατόν να εισέλθουν βακτήρια. Νέες καλλιέργειες με σύντομη ανάπτυξη, ζημιώνονται περισσότερο σε σχέση με ώριμες καλλιέργειες σε εδάφη με πολλή υγρασία. Μια ξηρή περίοδος στο όψιμο στάδιο ανάπτυξης επηρεάζει την παραγωγή περισσότερο από ότι η ξηρή περίοδος στη διάρκεια προωμοτέρων σταδίων.

Η συχνότητα αρδεύσεων ποικίλει στα διάφορα στάδια αναπτύξεως. Αμέσως μετά την φύτευση, η κατανάλωση νερού από την παραγωγή είναι χαμηλή αλλά αυξάνεται για να φτάσει σε ένα μέγιστο όταν το χώμα καλυφθεί με βλάστηση. Η υψηλή κατανάλωση νερού συνεχίζεται μέχρι την έναρξη ωρίμανσης της παραγωγής. Υπερβολικά συχνά ποτίσματα, είναι πιο επιζήμια μεταξύ του χρόνου φύτευσης και της πρώτης άνθησης, παρά αργότερα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.

Για να αποφύγουμε την υπερβολική άρδευση, η οποία μπορεί να προκαλέσει σάπισμα σπόρου, προτιμάται συχνά η άρδευση του αγρού να γίνεται πριν την φύτευση. Επιπλέον, όταν δίνεται αρκετό νερό στις πρώτες φάσεις ανάπτυξης της καλλιέργειας, δεν υπάρχει μόνο ο κίνδυνος σαπίσματος αλλά επίσης το βάθος των ριζών της παραγωγής θα παραμείνει ρηχό. Ειδικά όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, η αρχή της στολονοποίησης και της κονδυλοποίησης είναι οι πιο κρίσιμες περιόδους, καθώς σχετίζονται με τις απαιτήσεις των φυτών σε νερό. Έλλειψη νερού στην διάρκεια πρώιμης ανάπτυξης κονδύλων, αυξάνει το ποσοστό κακοσχηματισμένων

κονδύλων. Πολύ βρεγμένα χώματα με κακή στράγγιση είναι επιζήμια στην πατάτα ενώ ο καλός αερισμός είναι εξαιρετικά ωφέλιμος. Η άρδευση συνεχίζεται όσο είναι δυνατόν σχεδόν μέχρι την συγκομιδή. Η πατάτα δεν αντέχει στην ξηρασία λόγω του ότι έχει ρηχό ριζικό σύστημα.

Πολές φορές η διακύμανση της υγρασίας προκαλεί την παραμόρφωση των κονδύλων με σχηματισμό εξογκωμάτων, όταν αυτή αυξάνεται απότομα μετά από μία περίοδο ξηρασίας. Υπερβολική υγρασία προκαλεί τον σχηματισμό μεγάλων φακιδίων στο περιδερμα που υποβαθμίζουν την εμφάνιση των κονδύλων, χωρίς αυτά να έχουν δυσμενή επίδραση στην ποιότητα. Οι συνολικές απαιτήσεις της φυτείας πατάτας σε νερό (άρδευσης και βροχής), κυμαίνονται από 300-600mm ή περισσότερα ανάλογα με την ποικιλία, την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία του αέρα και τον τρόπο άρδευσης. Σε συνθήκες μέτριων θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας >70-75%, οι συνολικές ανάγκες σε νερό μιας πατατοκαλλιέργειας κυμαίνονται από 300-400mm. Με αύξηση της εξατμισοδιαπνοής, οι ανάγκες σε νερό ξεπερνούν σε ορισμένες περιπτώσεις τα 700mm.

Οι ημερήσιες ανάγκες της καλλιέργειας της πατάτας σε νερό αυξάνονται μέχρι περίπου δύο εβδομάδες μετά την μέγιστη ανάπτυξη του φυλλώματος. Στην έντονη βλαστική ανάπτυξη, μπορεί να χρειαστούν και μέχρι 50mm νερό την εβδομάδα (50m³/στρ.). Έλλειψη νερού κατά το διάστημα αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των κονδύλων ανά φυτό. Αντιθέτως, άρδευση της πατάτας με μεγαλύτερες ποσότητες νερού στην περίοδο 3-4 εβδομάδων πριν την συγκομιδή προκαλεί μείωση του ποσοστού ξηράς ουσίας και μείωση της διατηρησιμότητας στην αποθήκη.

Το νερό σε κάθε άρδευση μπορεί να φτάσει σε βάθος 30-40cm, όπου παράλληλα φθάνει σημαντικό ποσοστό ριζών. Έλλειψη εδαφικής υγρασίας, προκαλεί μειωμένη απόδοση, μικρό μέγεθος κονδύλων και μικρότερο περιεχόμενο ξηράς ουσίας. Τέλος, η έλλειψη υγρασίας επηρεάζει σημαντικά τον βιολογικό κύκλο του κονδύλου καθώς αυτός μειώνεται κατά 1-4 εβδομάδες και ο λήθαργος κατά 2-8 εβδομάδες, αντίστοιχα.

Χαλάζι και παγετός νύχτας

Νυχτερινός παγετός και χαλάζι επηρεάζει σημαντικά την παραγωγή πατάτας. Η μείωση της παραγωγής εξαρτάται από την σοβαρότητα της ζημιάς και το στάδιο ανάπτυξης της πατάτας την ώρα της προσβολής. Τα νέα φυτά μπορούν να αναλάβουν μετά την ζημιά σε σύγκριση με τα

γηραιότερα, τα οποία αδυνατούν να αναλάβουν. Η μείωση της παραγωγής είναι μεγαλύτερη όταν η παραγωγή προσβάλλεται ακριβώς μετά ή πριν την άνθηση. Υποτίθεται ότι η παραγωγή θα αναλάβει έπειτα από μία πρόιμη προσβολή από παγετό νύχτας, καθώς αυτή θα είναι λιγότερο επιζήμια από μια οψιμότερη προσβολή.

Νερό και ελάττωμα κονδύλων

Μη κανονικός εφοδιασμός νερού, προκαλεί έμμεσα διάφορους τύπους δευτερογενούς ανάπτυξης και προωθεί τα επιφανειακά σχισίματα, "κούφια καρδιά" ή ενδοσχισμή. Σχισίματα ανάπτυξης θα προκληθούν όταν οι καλλιέργειες ποτίζονται μετά την ξήρανση του εδάφους για πολύ καιρό και ξαφνικά οι κόνδυλοι αρχίζουν να μεγαλώνουν πάλι σε μεγάλο βαθμό. Πρέπει να γίνει κανονική άρδευση για να ληφθεί μια κανονική ανάπτυξη. Σε πολύ βαριά χώματα όπου μια κανονική άρδευση είναι δύσκολη, το πολύ νερό θα πρέπει να αποφεύγεται. Έτσι, μετά από μία περίοδο βραδείας ανάπτυξης (λόγω δυσμενών συνθηκών), ακολουθήσει μία περίοδος με ευνοϊκές συνθήκες για ταχεία ανάπτυξη (άριστη θερμοκρασία και υγρασία ή και επιφανειακή λίπανση), τότε διογκώνεται απότομα ο κόνδυλος και μπορεί να σχιστεί το περίδερμα ή και το φλοιώδες παρέγχυμα, γιατί δεν είναι δυνατή η ανάπτυξή τους με τον ίδιο ρυθμό που αναπτύσσονται οι εσωτερικοί ιστοί.

Μεγέθυνση φακιδίων στο περίδερμα συμβαίνει σε εδάφη με περίσσεια υγρασίας η οποία υποβαθμίζει την εμφάνιση των κονδύλων χωρίς άλλη δυσμενή επίδραση στην ποιότητα.

Σε υγρές συνθήκες, στα φακίδια δημιουργούνται μικρά λευκά υψωμένα σπυριά. Φυσιολογικά αυτό συμβαίνει σε αγρούς με κακή στράγγιση (π.χ. βαριά χώματα). Άλλωτε πάλι όταν επικρατούν συνθήκες υψηλής υγρασίας, τότε από τα φακίδια εισέρχονται μύκητες και βακτήρια (*Phytophthora infestans*, *Erwinia sp.*).

2.1.7 Συγκομιδή και μεταφορά

Για να υπολογιστεί ο ακριβής χρόνος συγκομιδής των κονδύλων λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράμετροι:

- Πραγματική παραγωγή της καλλιέργειας και το δυναμικό της

- Πραγματικές και αναμενόμενες τιμές
- Επίδραση του χρόνου συγκομιδής στην ποιότητα
- Καιρικές συνθήκες
- Χρόνος κατά τον οποίο ο αγρός είναι κατάλληλος για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο

Σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (E.U.) ο όρος "πρώιμη" χρησιμοποιείται σε πατάτες, οι οποίες γενικά συγκομίζονται πριν από την πλήρη ωρίμανση, εμπορεύονται αμέσως μετά τη συγκομιδή και των οποίων η φλούδα μπορεί εύκολα να φύγει με τρίψιμο, όπως συμβαίνει και με τις δικές μας Ελληνικές πρώιμες πατάτες των Νοτίων περιοχών μας.

Όταν οι κόνδυλοι συγκομίζονται άγουροι, θα έχουν ένα χαμηλό περιεχόμενο ξηράς ουσίας ενώ το περιεχόμενο αναγωγικών σακχάρων και μη αναγωγικών είναι υψηλό. Σε σποροκονδύλους γίνεται πρώιμη συγκομιδή για αποφυγή των προσβολών ιώσεων, οι οποίες μπορεί να συμβούν στη διάρκεια του τελευταίου τμήματος της καλλιεργητικής περιόδου. Η πιθανότητα προσβολής της παραγωγής μας από όψιμο περονόσπορο κατά το στάδιο της βλάστησης είναι επίσης μια αιτία για πρώιμη συγκομιδή. Ωστόσο, συγκομιδή άγουρης παραγωγής συχνά οδηγεί σε μεγαλύτερη ζημιά του φλοιού, το οποίο κατ' επέκταση συντελεί στην ευκολότερη προσβολή μυκήτων και βακτηρίων (όπως *Fusarium*).

Η συγκομιδή πατάτας περιλαμβάνει τις παρακάτω διαδικασίες:

- Εξαγωγή
- Συλλογή κονδύλων
- Διαχωρισμός κονδύλων και εδάφους/σβώλοι/λίθοι
- Μεταφορά

Η προσπάθεια σε κάθε σύστημα συγκομιδής έγκειται στο να πάρει τους κονδύλους από το έδαφος στην αποθήκη ή στην αγορά όσο το δυνατόν φθηνότερα κρατώντας τις απώλειες στο ελάχιστο (όπως ποιότητα). Τα συστήματα συλλογής που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτώνται από:

- την οικονομική κατάσταση (κόστος μηχανημάτων εργασίας)
- το ποσό της πατάτας που θα συγκομιστεί και το διαθέσιμο χρόνο, το μέγεθος, σχήμα

και τη θέση πατατοφυτείας, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, τη χρήση πατατών (αμέσου κατανάλωσης, αποθήκευσης)

Αμέσως μετά την εξαγωγή και συγκομιδή κονδύλων πατάτας από βρεγμένους αγρούς, αυτές θα πρέπει να στεγνώσουν και να αποξηραθούν (η βροχή είναι επικίνδυνη γιατί επηρεάζεται η ποιότητα αποθήκευσης των συγκομισθέντων κονδύλων). Εάν κατά το διάστημα αυτό το δέρμα σκληρύνει και το προσκολλημένο χώμα ξηραθεί, οι κόνδυλοι πρέπει να αεριστούν για λίγες ώρες. Ωστόσο, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή καθώς έκθεση σε λαμπερό ήλιο πιθανόν να προκαλέσει εγκαύματα, ειδικά όταν το δέρμα είναι ακόμη λεπτό και νέο.

2.1.8 Αρχές αποθήκευσης

Συμπεριφορά κονδύλων κατά την αποθήκευση.

Απαιτήσεις αποθήκευσης

Οι συνθήκες αποθήκευσης πατάτας πρέπει να είναι τέτοιες ώστε:

- Οι απώλειες που οφείλονται σε εξάτμιση, αναπνοή, φύτρωση και επιδρομές μυκήτων και βακτηρίων να μειώνονται στο ελάχιστο.
- Οι κόνδυλοι να βρίσκονται ή να κρατούνται σε σωστό φυσιολογικό στάδιο.
- Η χημική σύνθεση κονδύλων κανονίζεται ή φέρεται στην απαιτούμενη ποιότητα.

Απώλειες

Οι κόνδυλοι συνίστανται από 80% νερού. Η μέγιστη απώλεια κατά την διάρκεια της αποθήκευσης είναι η απώλεια νερού. Αυτό σημαίνει όχι μόνο απώλεια βάρους αλλά και ελάττωση ποιότητας. Το νερό εξατμίζεται μέσω του φλοιού, πληγών και φύτρων. Ωστόσο, περισσότερο νερό εξατμίζεται μέσω πληγών και φύτρων παρά μέσω ώριμου φλοιού. Το ποσό νερού που χάνεται ανά μονάδα επιφάνειας μέσω του φλοιού, πληγών και φύτρων είναι 1:300:100 αντίστοιχα.

Η εξάτμιση κατά την αποθήκευση είναι σχετικά υψηλή όταν οι πατάτες έχουν ζημιές ή έχουν ένα τραυματισμένο αδύνατο φλοιό και δεν είναι θεραπεύσιμες. Επίσης, εξίσου μεγάλη είναι η εξάτμιση και όταν έχουμε φυτρωμένους κονδύλους. Η απώλεια νερού από εξάτμιση μπορεί να ελαττωθεί: α) με προαγωγή δεσίματος του φλοιού, όταν είναι να συγκομιστούν άγουροι κόνδυλοι β) με συγκομιδή ώριμης πατάτας, χωρίς ζημιά φλοιού και πληγές, γ) με θεραπευμένες πατάτες στην αποθήκη πριν χαμηλώσει η θερμοκρασία κάτω από 15°C, δ) με αποφυγή φύτρωσης, ε) με αερισμό υψηλής σχετικής υγρασίας και στ) με ελάττωση χρόνου αερισμού.

Η διαδικασία αναπνοής του κονδύλου προκύπτει από το γεγονός ότι η πατάτα είναι ένας ζωντανός οργανισμός. Κατά την αναπνοή απορροφάται O₂ από τον περιβάλλοντα αέρα και μαζί με τους υδατάνθρακες (σάκχαρα) του κονδύλου μετατρέπεται σε CO₂ και H₂O. Στη συνέχεια το CO₂ απελευθερώνεται στο περιβάλλον, οπότε κατ' αυτόν τον τρόπο παράγεται θερμότητα. Η αναλογία αναπνοής και η παραγωγή CO₂ και θερμότητας εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία των κονδύλων. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την αναλογία αναπνοής είναι η ωριμότητα του κονδύλου, η παρουσία τραυμάτων και το περιεχόμενο σακχάρου.

Για χαμηλή αναλογία αναπνοής η θερμοκρασία αποθήκης είναι συχνά χαμηλή (4-8°C). Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται κρύος αέρας, όχι μόνο για να μειωθεί η θερμοκρασία των κονδύλων αλλά επίσης για την απομάκρυνση της θερμοκρασίας που παράγεται με την διαδικασία αναπνοής. Προς αποφυγή ελλείψεως O₂ των κονδύλων (μαύρη καρδιά) θα πρέπει να απομακρύνεται το περιεχόμενο CO₂ και να αντικαθίσταται από O₂. Ο αέρας που περιβάλλει τη πατάτα πρέπει να αντικαθίστανται από καινούργιο αέρα από καιρό σε καιρό.

Η ανάπτυξη φύτρων προκαλεί αρκετές απώλειες νερού οφειλόμενες στην εξάτμιση, στην αύξηση αναπνοής και στη χρησιμοποίηση υδατανθράκων. Για να αποφύγουμε και να ελαττώσουμε την ανάπτυξη φύτρων μετά τη περίοδο λήθαργου η άριστη θερμοκρασία αποθήκευσης είναι 3-4°C. Εάν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι υψηλότερη (8°C), τότε χρησιμοποιούμε ανασχετήρες φύτρωσης (χημικές ουσίες). Η υγρασία είναι ένας ακόμη παράγοντας που μεταξύ άλλων συμβάλει στην ανάπτυξη φύτρων. Η ανάπτυξη φύτρων αποφεύγεται ή ελαττώνεται:

- Με αποθήκευση πατάτας σε χαμηλή θερμοκρασία.

- Με αποθήκευση πατάτας σε ξηρές συνθήκες, χρησιμοποιώντας ανασχετήρες και εκθέτοντας τους κονδύλους σε φως.

Οι μυκητολογικές και βακτηριακές ασθένειες περιορίζονται στο ελάχιστο όταν οι πατάτες αποθηκεύονται ξηρές και δροσερές, μετά τη πρώτη θεραπεία στους 15°C για μικρό χρονικό διάστημα ολίγων ημερών περίπου 2 εβδομάδων. Οι απώλειες από μυκητολογικές και βακτηριακές ασθένειες περιορίζονται με:

1. Αποθήκευση πατατών όσο γίνεται πιο ξηρές (Προσοχή!!! ποτέ δεν αποθηκεύονται βρεγμένες)
2. Ξήρανση των πατατών (και συντηρώντας τις ξηρές) με αερισμό όσο πιο γρήγορα γίνεται μετά την αποθήκευση
3. Εμποδίζοντας τη ζημιά του φλοιού και των τραυμάτων
4. Βοηθώντας το κλείσιμο των πληγών και το δέσιμο του φλοιού (θεραπεία)
5. Με αποθήκευση πατάτας μετά από θεραπεία σε χαμηλή θερμοκρασία

Φυσιολογικό Στάδιο

Μετά την αποθήκευση το φυσιολογικό στάδιο της εμπορικής πατάτας πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να έχουμε μικρή ή καθόλου φύτρωση. Οι πατάτες για πατατόσπορο πρέπει να αποθηκεύονται με τέτοιο τρόπο ώστε κατά τον χρόνο φύτευσης οι κόνδυλοι να φυτρώνουν και να βγαίνουν οι βλαστοί έξω από το έδαφος σύντομα. Η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το φυσιολογικό στάδιο της πατάτας που προσαρμόζεται με το μήκος της περιόδου αποθήκευσης. Έτσι για παράδειγμα όταν το μήκος της περιόδου αποθήκευσης (χρόνος μεταξύ συγκομιδής και φύτευσης) είναι 2-3 μήνες, η θερμοκρασία αποθήκευσης θα είναι 10-15°C (ανάλογα πάντοτε με την ποικιλία).

Κατά την διάρκεια αποθήκευσης, το άμυλο μετατρέπεται σε σάκχαρο και το αντίστροφο. Η μετατροπή αυτή είναι μία διαδικασία που ελέγχεται από ένζυμα, τα οποία επηρεάζονται σημαντικά από την θερμοκρασία. Τα σάκχαρα επίσης χρησιμοποιούνται στην διαδικασία αναπνοής. Η αντίδραση αυτή ελέγχεται και πάλι από την θερμοκρασία. Το σάκχαρο συγκεντρώνεται στους κονδύλους σε χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν οι κόνδυλοι αποθηκευθούν

με 2-3°C μπορεί να αναπτύξουν μια γλυκιά γεύση. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες η συσσώρευση σακχάρου είναι λιγότερη αλλά σε 5-6°C είναι ακόμη αρκετά υψηλή για πατάτες βιομηχανοποίησης. Για τον λόγο αυτό οι βιομηχανίες πατάτας για τηγάνισμα και τσιπς αποθηκεύουν τις πατάτες σε 6 και 8°C. Ένα υψηλό περιεχόμενο σακχάρου ελαττώνεται με αποθήκευση των κονδύλων για λίγο καιρό (1-2 εβδομάδες) σε υψηλές θερμοκρασίες (15-20°C). Τα σάκχαρα που συγκεντρώνονται, χρησιμοποιούνται τότε για την αναπνοή. Πατάτες που αποθηκεύονται σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι πιο ευαίσθητες από πατάτες που αποθηκεύονται σε υψηλές θερμοκρασίες (15-18°C).

Αποθήκευση και συνθήκες αποθήκευσης πατάτας

Για την δημιουργία ενός μέτριου περιβάλλοντος αποθήκευσης είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη: α) ο αερισμός πατατών, β) η θερμοκρασία πατατών, γ) η υγρασία, δ) η διάρκεια αποθήκευσης, ε) η αποθήκευση σε φως ή σκοτάδι και στ) η δυναμικότητα της αποθήκης.

Ο **αερισμός** είναι απαραίτητος προκειμένου να απομακρύνουμε την θερμότητα, το νερό (ξήρανση κονδύλων) το CO₂ αλλά και για εφοδιασμό O₂. Ο αερισμός μπορεί να επιτευχθεί είτε με φυσική κίνηση του αέρα (μεταγωγή) είτε με ανεμιστήρα θερμού αέρα. Αξίζει να επισημανθεί ότι πατάτες μαζεμένες σε σωρό ή μέσα σε στοιβαγμένα σακιά παράγουν θερμότητα. Το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα κοντά στην επιφάνεια των κονδύλων και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ πατατών και περιβάλλοντος αέρος. Η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ πατατών και περιβάλλοντος αέρος είναι χαμηλή εάν:

1. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντα αέρα είναι κοντά στη θερμοκρασία των κονδύλων
2. Το μέγεθος σωρού και στοίβας είναι μεγάλο
3. Οι κόνδυλοι βρίσκονται τοποθετημένοι σε σάκους με υψηλή αντίσταση αέρα.
4. Ο σωρός ή η στοίβα σκεπάζεται με ένα στρώμα από υλικό μεγάλης αντίστασης αέρα.

2.1.9 Εχθροί της πατάτας

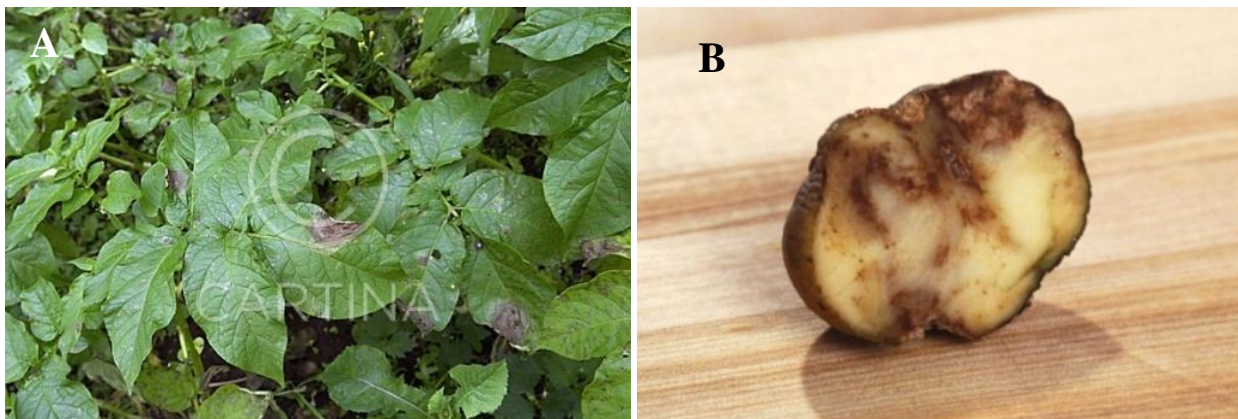
Τα επιζήμια στην γεωργία έντομα μαζί με τα ζιζάνια, τα πουλιά καθώς και διάφορους μικροοργανισμούς και θηλαστικά, υπολογίζεται ότι καταστρέφουν περίπου το 35% της

παραγωγής τροφίμων που μπορεί να παράγει ο πλανήτης (Σταμόπουλος, 1999). Οι εντομολογικοί εχθροί της πατάτας που προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην χώρα μας είναι η αφίδα *Myzus persicae*, τα κολεόπτερα *Leptinotarea decemlineata* (δορυφόρος της πατάτας) και *Agriotes lineatus* (σιδηροσκούληκα), ο κρεμυδοφάγος (*Gryllotalpa gryllotalpa*) και διάφορες φυλλοφάγες προνύμφες λεπιδοπτέρων όπως οι *Agrotis segetum* και *Agrotis ypsilon*. Επίσης σοβαρός εχθρός της πατάτας είναι και το λεπιδόπτερο *Phthorimaea operculella* (φθοριμαία της πατάτας) αφού οι προνύμφες του εντόμου μπορούν να προσβάλουν το φύλλωμα του φυτού αλλά και τους κονδύλους τόσο στον αγρό όσο και στην αποθήκη. Εκτός όμως αυτών, συναντάται ένας μεγάλος ακόμα αριθμός εχθρών που δεν αναφέρονται γιατί προσβάλλουν τα φυτά χωρίς να προξενούν οικονομική ζημιά ή είναι φυσικοί εχθροί των επιβλαβών εντόμων και έχουν ωφέλιμη δράση. Το ενδιαφέρον που παρουσιάζουν ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή και από έτος σε έτος.

2.1.10 Ασθένειες της πατάτας

Περονόσπορος (*Phytophthora infestans*)

Η προσβολή προκαλεί κιτρινωπές στρόγγυλες κηλίδες που σύντομα σκουραίνουν, αυξάνονται σε μέγεθος και ξηραίνονται οι μίσχοι και τα φύλλα (Εικόνα 2.2A). Στην κάτω επιφάνεια αναπτύσσεται χαρακτηριστική υπόλευκη εξάνθηση. Στους κονδύλους παρουσιάζονται κηλίδες ελαφρά καθιζάνουσες με χρώμα γκριζωπό υποκυανό ως μαύρο (Εικόνα 2.2B). Συνθήκες ευνοϊκές είναι, βροχή, ομίχλη, μεγάλη σχετική υγρασία και θερμοκρασίες από 10-25°C. Ο μύκητας αναπτύσσεται σε 3-6 ημέρες. Στους κονδύλους ,μεταδίδεται με ζωοσποράγγεια η ζωοσπόρια που πέφτουν στο χώμα και φτάνουν στους κονδύλους και τους μολύνουν διαμέσου των φακιδίων ή πληγών. Η καταπολέμηση γίνεται με εγγυημένο σπόρο, ανθεκτικές ποικιλίες, καταστροφή των κονδύλων που έμειναν στο χωράφι, αμειψισπορά, ισορροπημένη λίπανση, όχι πυκνές φυτεύσεις ενώ παράλληλα μπορούν να γίνουν προληπτικοί ψεκασμοί με χαλκούχα σκευάσματα.



Εικόνα 2.1.10: Προσβολή πατάτας από περονόσπορο: (A) στο φύλλωμα και (B) στον κόνδυλο.

Ριζοκτονίαση πατάτας (*Rizoctonia solani* Kuhn)

Τα συμπτώματα του μύκητα *Rizoctonia solani* είναι το το σάπισμα των ριζών, το έλκος στελέχους, οι μαύρες κρούστες του κονδύλου (Εικόνα 2.3A) και η ξήρανση των βλαστών (Εικόνα. 2.3B). Η ασθένεια ξεκινάει από το μολυσμένο έδαφος και το μολυσμένο σπόρο. Είναι συχνή σε ελαφρά εδάφη θερμοκρασίες 15-18°C με ξηρές συνθήκες. Έχει διαφορετικές βιολογικές σειρές. Διατηρείται από το μυκήλιο και τα σκληρώτια. Η καταπολέμηση γίνεται με υγιή καλά προβλασθημένο σπόρο, αμειψισπορά 4 χρόνων, όχι πολύ πρόωμη σπορά με χαμηλές θερμοκρασίες όχι πολύ βαθιά φύτευση για σύντομη έξοδο των φυτών από το έδαφος. Απολύμανση του σπόρου περιορίζει την προσβολή στο χωράφι.



Εικόνα 2.3: Προσβολή πατάτας από τον μύκητα *Rizoctonia solani*: (A) προσβεβλημένοι κόνδυλοι και (B) ξήρανση βλαστών στο ύψος του λαιμού.

Αλτερναρίωση *Alternaria porri* ή *solani*

Τα πρώτα συμπτώματα παρουσιάζονται στα παλιά και χαμηλά φύλλα. Είναι κηλίδες 1-2mm σκούρου καφέ χρώματος με ομόκεντρους δακτύλιους (Εικόνα 2.4). Στους κονδύλους οι προσβολές παρουσιάζονται σε μορφή σκούρων βυθισμένων κηλίδων. Η μόλυνση ξεκινάει από προσβεβλημένα φύλλα που μένουν στο χωράφι ή μολυσμένους κονδύλους ή και από αυτοφυείς ξενιστές. Η μόλυνση γίνεται με τα κονίδια που διαφοροποιούνται στις επιφάνειες των προσβεβλημένων οργάνων. Η εξάπλωση ευνοείται από θερμοκρασία 16-20°C με εναλλαγή υγρών και ξηρών περιόδων. Εύρωστα φυτά προσβάλλονται λιγότερο.

Η καταπολέμηση βασίζεται σε μεγάλους κύκλους αμειψισποράς και χρησιμοποίηση υγιούς πατατόσπορου. Προσβάλλονται συνήθως φυτά μειωμένης ευρωστίας λόγω αντίξωων συνθηκών και κακής θρέψης. Όλα τα μυκητοκτόνα που χρησιμοποιούνται για τον περονόσπορο ελέγχουν και την αλτερναρίωση.



Εικόνα 2.4: Προσβολή φυλλώματος πατάτας από τον μύκητα *Alternaria porri* ή *solani*.

Ανθράκωση της πατάτας *Colletotrichum cocodes* ή *atramentarium*

Τα συμπτώματα παρατηρούνται σε όλα τα όργανα του φυτού. Συχνότερα προσβάλλονται οι κόνδυλοι με μορφή βυθισμένων στρόγγυλων κηλίδων με σκούρο χρώμα (Εικόνα 2.5). Στα στελέχη προκαλούνται καστανωπές επιμήκεις κηλίδες, πάνω στις προσβολές αυτές διαφοροποιούνται οι καρποφορίες του μύκητα, τα ακέβουλα κάτω από την επιδερμίδα. Όταν σπάξει η επιδερμίδα βγαίνει βλέννα κοκκινωπή.

Ο μύκητας *Colletotrichum* αναπτύσσεται σαπροφυτικά σε φυτικά υπολείμματα στο έδαφος και προσβάλλει τη τομάτα και πολλά ποώδη φυτά. Διατηρείται στο έδαφος από τη μορφή σκληρώτιων πάνω από ένα χρόνο. Από τα όργανα που διαχείμασαν προέρχονται με θερμοκρασίες 20-25°C, τα κονίδια που διαδίδονται εύκολα με τον άνεμο ή τη βροχή. Προσκολλώνται στο φυτό ξενιστή και παράγουν τα απρεσόρια. Στο τέλος της επώασης διαφοροποιούνται τα ακέρβουλα αγενώς από αυτά προέρχονται νέα κονίδια.

Η καταπολέμηση γίνεται προληπτικά με υγιή σπόρο, ανθεκτικές ποικιλίες, ισόροπες λιπάνσεις και αμειψισπορά. Τα ασθενή φυτά καταστρέφονται.



Εικόνα 2.5: Προσβεβλημένοι κόνδυλοι πατάτας από τον μύκητα *Colletotrichum cocodes* ή *atramentarium*.

2.1.11 Φυσιολογικές Ανωμαλίες της πατάτας

Ηλιόκαυμα και πρασίνισμα

Προέρχονται από την έκθεση στο φως. Ειδικά το ηλιόκαυμα συμβαίνει στον αγρό, όταν τμήματα των κονδύλων δεν καλύπτονται από το έδαφος, οπότε «καίγονται» και πρασινίζουν. Συνήθως, ο ιστός κάτω από το ηλιόκαυμα πικρίζει λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε γλυκό-αλκαλοειδείς και αλκαλοειδείς ουσίες. Σε υψηλές θερμοκρασίες, η «ηλιοκαμένη» περιοχή αποκτά καφέ χρώμα, νερουλιάζει και σαπίζει. (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

Αντιμετωπίζεται με προληπτικά μέτρα, όπως με παράχωμα των βάσεων των βλαστών, αποφυγή έκθεσης κονδύλων κατά τη συγκομιδή στην ηλιακή ακτινοβολία, ειδικά όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή και με χρήση ελάχιστου τεχνητού φωτισμού στην αποθήκη (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

Σχίσσιμο στο εσωτερικό των κονδύλων

Συνήθως, παρατηρείται σε πολύ μεγάλους κονδύλους που αναπτύσσονται κάτω από συνθήκες που ευνοούν την ταχεία ανάπτυξή τους. Με πυκνή φύτευση μειώνεται το μέγεθος των κονδύλων και περιορίζεται η ανωμαλία (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

Σήψη στο εσωτερικό των κονδύλων

Εμφανίζεται με γκριζωπές έως μαύρες κηλίδες στη σάρκα μέχρι την επιφάνεια. Οφείλεται σε ελλιπή ή πολύ υψηλή θερμοκρασία (>35°C) στους αποθηκευτικούς χώρους ή τα μέσα μεταφοράς (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

Επιφανειακό σχίσσιμο κονδύλων

Οφείλεται σε απότομες αλλαγές των περιβαλλοντικών αλλαγών κατά την περίοδο ανάπτυξης των κονδύλων. Για παράδειγμα, η εναλλαγή δυσμενών συνθηκών με άριστες από άποψη θερμοκρασίας και υγρασίας αυξάνει την ταχύτητα ανάπτυξης των ιστών όχι όμως του περιδέρματος (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

Ζημιές από χαμηλές θερμοκρασίες.

Σε θερμοκρασίες 0-5°C, οι κόνδυλοι αποκτούν γλυκιά γεύση λόγω συσσώρευσης αναγωγικών σακχάρων. Έκθεση στους -1 έως -2°C προκαλεί νέκρωση των ιστών του κονδύλου (πάγωμα). Αποθήκευση στους 0-2°C για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλεί ορφνό αποχρωματισμό των ιστών του κονδύλου (Τράκα-Μαυρωνά, 2004).

2.1.12 Διατροφική αξία της πατάτας- Ποιότητα της πατάτας και παράγοντες που την επηρεάζουν

Η πατάτα είναι μια πλούσια φυσική πηγή σε πολλά θρεπτικά συστατικά που ξεχωρίζει για τη μεγάλη διατροφική της αξία. Αποτελείται από 80% νερό και 20% περίπου ξηρή ουσία. Συγκεκριμένα, στα 100g περιέχει 18gr υδατάνθρακες, 2gr πρωτεΐνη, 0,1gr λίπους, 1-3gr φυτικές ίνες, βιταμίνες Β και C και ανόργανα άλατα ασβεστίου, φωσφόρου, σιδήρου, καλίου και νατρίου. Όταν η πατάτα τρώγεται με τη φλούδα της είναι καλή πηγή σε φυτικές ίνες που έχουν ευεργετικές ιδιότητες στον οργανισμό. Σήμερα με τις νέες τάσεις της υγιεινής διατροφής που έχουν σαν πρότυπο την παραδοσιακή μας «Μεσογειακή Δίαιτα» η πατάτα όπως και τα λαχανικά, βρίσκονται στη βάση της δομής της πυραμίδας τα οποία συστήνονται να καταναλώνονται καθημερινά (Τσελεμπής, 2009).

Αποθήκευση της πατάτας σε θερμοκρασίες <5°C υποβαθμίζει την ποιότητα, διότι έχουμε διάσπαση του άμυλο σε σουκρόζη και στη συνέχεια σε γλυκόζη και φρουκτόζη, με αποτέλεσμα να προκύπτει γλυκιά γεύση κατά το μαγείρεμα και σκούρο χρώμα κατά το τηγάνισμα (Τσελεμπής, 2009).

Η περιεκτικότητα των κονδύλων σε ξηρά ουσία έχει μεγάλη σημασία στη βιομηχανική επεξεργασία της πατάτας, διότι καθορίζει την απόδοση σε βιομηχανικά προϊόντα. Εξαρτάται από την ποικιλία, τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, τη λίπανση, άρδευση, ωριμότητα κονδύλων κ.λ.π (Τσελεμπής, 2009).

Έκθεση των κονδύλων στο φως προκαλεί σύνθεση χλωροφύλλης στο περίδερμα και στα εξωτερικά κύτταρα του φλοιώδους παρεγχύματος καθώς επίσης πικρή γεύση εξαιτίας της σύνθεσης των γλυκο-αλκαλοειδών α-σολανίνης και α-χακονίνης και του αλκαλοειδούς

σολανιδίνης. Κατανάλωση κονδύλων με υψηλή περιεκτικότητα σε γλυκο-αλκαλοειδή μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στον οργανισμό του ανθρώπου ή των ζώων (Τσελεμπής, 2009).

Οι παράγοντες που καθορίζουν την περιεκτικότητα των κονδύλων σε γλυκο-αλκαλοειδή είναι οι εξής:

α) Ποικιλία. Η περιεκτικότητα στις ουσίες αυτές κυμαίνεται στα 2-10 mg/100 g νωπού βάρους. Μεγαλύτερη ποσότητα βρίσκεται στο περίδερμα και στα εξωτερικά στρώματα του φλοιώδους παρεγχύματος που απομακρύνονται με το καθάρισμα.

β) Περιβάλλον. Σε περιοχές με μικρή βλαστική περίοδο λόγω χαμηλών θερμοκρασιών, οι κόνδυλοι δεν προλαβαίνουν να ωριμάσουν και περιέχουν περισσότερα γλυκο-αλκαλοειδή.

γ) Τραυματισμοί. Η περιεκτικότητα σε γλυκο-αλκαλοειδείς ουσίες αυξάνει με τους τραυματισμούς των κονδύλων ή με το κόψιμο.

δ) Συνθήκες αποθήκευσης. Παρατηρείται αύξηση των γλυκο-αλκαλοειδών κατά την αποθήκευση, η οποία είναι μεγαλύτερη σε θερμοκρασία 4-8°C και υψηλή σχετική υγρασία. Τα φύτρα και οι ιστοί γύρω από τους οφθαλμούς κατά την εκβλάστηση τους έχουν αυξημένη περιεκτικότητα.

ε) Έκθεση στο φως. Είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που προκαλεί συγχρόνως σύνθεση χλωροφύλλης. Επηρεάζει η ένταση, διάρκεια και το μήκος κύματος του φωτός (Τσελεμπής, 2009).

2.2 ΤΟ ENTOMO *Phthorimaea operculella*

2.2.1 Συστηματική κατάταξη

Η φθοριμαία (*Phthorimaea operculella*) είναι ένα μικρό γκρίζο Λεπιδόπτερο της Οικογένειας Gelechiidae και συναντάται σε όλες τις χώρες της Μεσογείου (Rondon, 2010). Προσβάλλει φύλλα και βλαστούς της πατάτας αλλά και τους κονδύλους τόσο στον αγρό όσο και στην αποθήκη. Είναι ο σημαντικότερος εχθρός της καλλιέργειας για αυτό και αποτελεί και εχθρό καραντίνας. Εκτός από την πατάτα προσβάλλει και άλλα Solanaceae όπως ο καπνός. Στον Πίνακα 2.4 παρατίθεται η συστηματική κατάταξη του εντόμου.

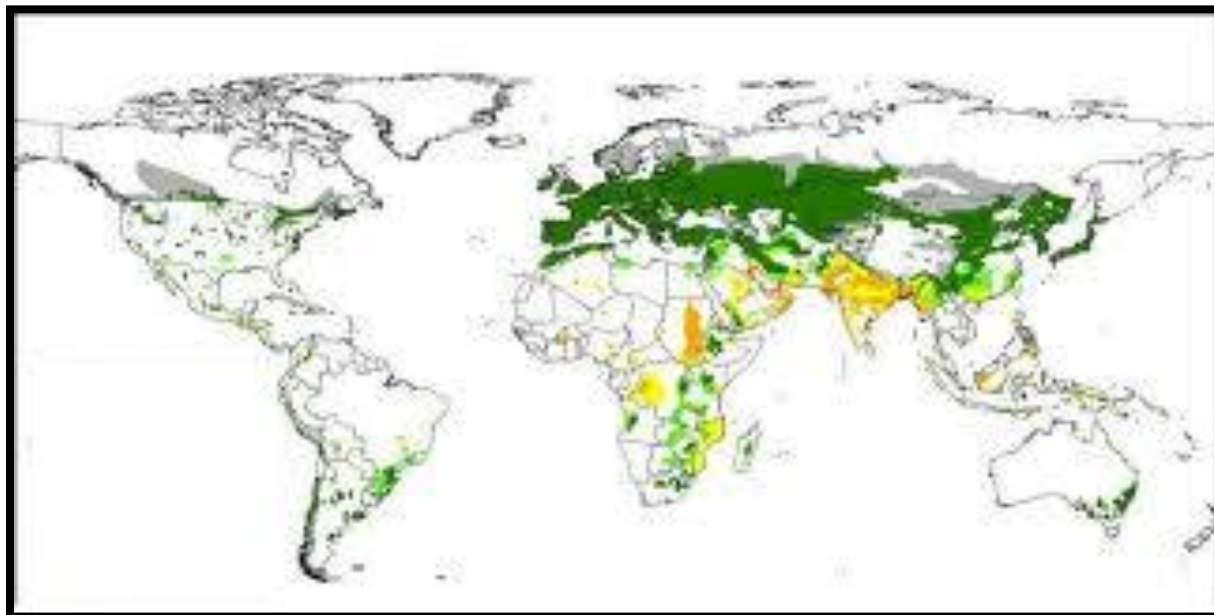
Πίνακας 2.4: Συστηματική κατάταξη του εντόμου *P. operculella*.

Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Arthropoda
Κλάση	Insecta
Τάξη	Lepidoptera
Οικογένεια	Gelechiidae
Υποοικογένεια	Gelechiinae
Γένος	<i>Phthorimaea</i>
Είδος	<i>operculella</i>

2.2.2 Γεωγραφική εξάπλωση

Η φθοριμαία προκαλεί σοβαρές απώλειες στην πατατοκαλλιέργεια τόσο σε συνθήκες αγρού όσο και αποθήκευσης σε πολλές χώρες όπου καλλιεργείται το είδος και κυρίως σε χώρες με τροπικό και υποτροπικό κλίμα. Το είδος προέρχεται από τη Β. Αμερική αλλά σήμερα είναι διαδεδομένο και σε πολλές άλλες περιοχές όπως είναι η Αίγυπτος, η Ινδία και το Σουδάν. Το έντομο αυτό, αποτελεί τη κυριότερη απειλή της πατατοκαλλιέργειας σε διάφορες χώρες της λεκάνης της Μεσογείου, όπως είναι η Ιταλία, το Ισραήλ, η Τυνησία, η Κύπρος το Μαρόκο και η

Αλγερία. Επίσης, θεωρείται ένας από τους κυριότερους εχθρούς στην Ουκρανία και τη Νέα Ζηλανδία (Βασιλείου, 2007) (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6: Γεωγραφική εξάπλωση του εντόμου (Πηγή: <http://www.cipotato.org>).

2.2.3 Μορφολογία

Ενήλικο: Έχει μήκος 8-9mm και άνοιγμα πτερύγων 12-17mm. Το σώμα είναι τέφρο και οι πρόσθιες πτέρυγες στενές, τέφρες, με διάσπαρτες σκοτεινές κηλίδες και στενεύουν από τη μέση προς την κορυφή. Οι οπίσθιες πτέρυγες είναι επίσης στενές μυτερές στην κορυφή, σαφώς κοντότερες από τις πρόσθιες, ανοιχτότερες σε χρώμα και με μακρούς κροσσούς. Οι κεραίες είναι λεπτές και μακριές και οι χηλικές προσακτρίδες σχετικά μεγάλες (Εικόνα 2.7).

Αυγό: Ωοειδές, 0.5x0.3mm, στην αρχή λευκό και αργότερα κιτρινωπό ως ανοιχτό καστανό.

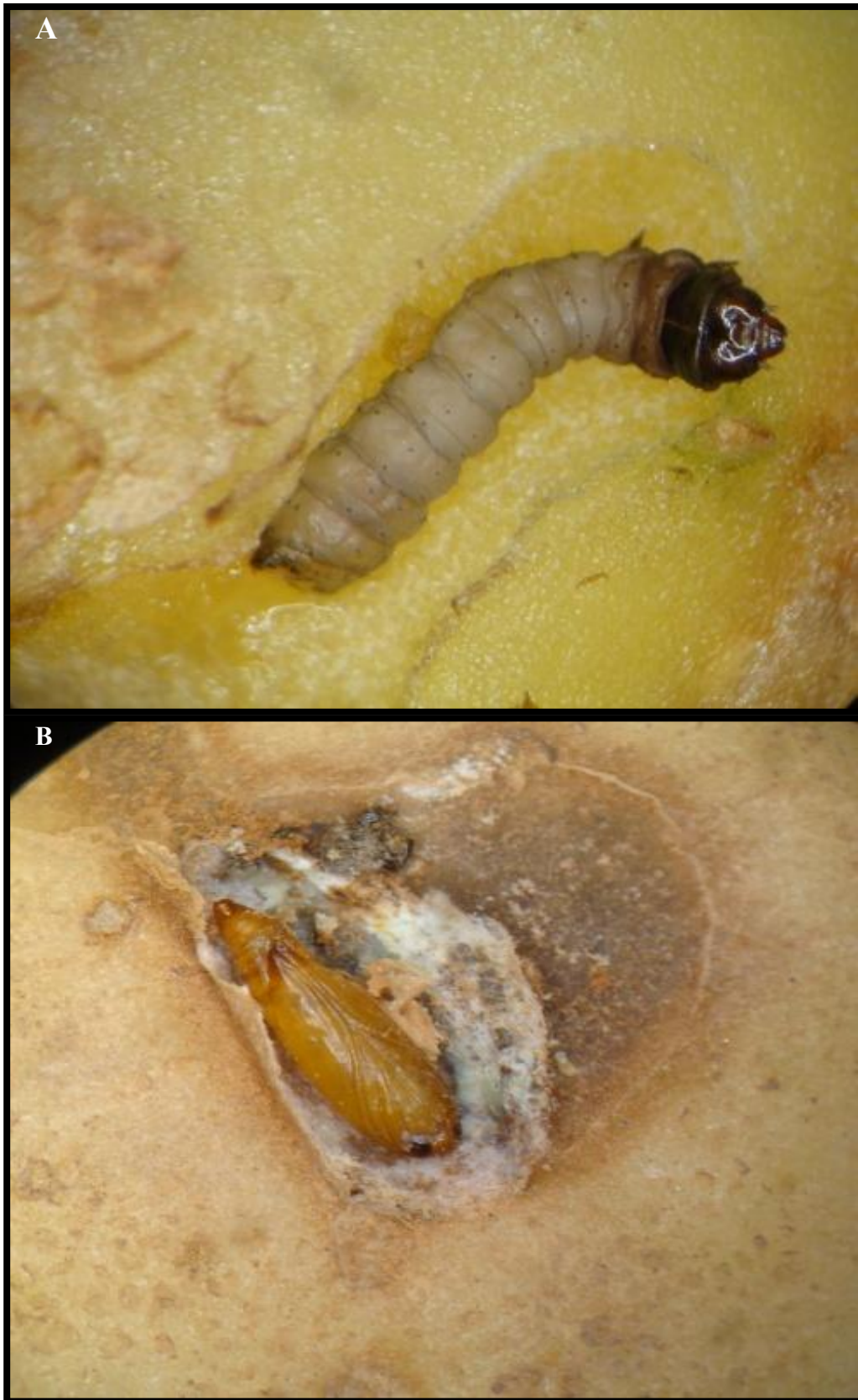
Προνύμφη: Το χρώμα της ποικίλλει ανάλογα με το είδος της τροφής τους. Όταν τρέφεται με κονδύλους πατάτας είναι λευκή ή λευκοκίτρινη έως ανοιχτοροδινή. Όταν τρέφεται με φύλλα καπνού είναι πρασινωπή. Έχει τελικό μήκος 14-16mm (κατ'άλλους 10-12mm) και κεφαλή, προθωρακική πλάκα και πόδια καστανόμαυρα ή μαύρα και πυγαία πλάκα ανοιχτοκάστανη. Τα

δύο πρώτα θωρακικά τμήματα είναι συνήθως σαφώς πιο σκοτεινά από το υπόλοιπο σώμα (Εικόνα 2.8A).



Εικόνα 2.7: Ενήλικο άτομο του *Phthorimaea operculella*.

Νύμφη: Στην αρχή είναι κίτρινη και αργότερα καστανέρυθη. Βρίσκεται μέσα σε λευκό βομβύκιο, στην επιφάνεια του οποίου είναι συχνά κολλημένα υπολείμματα της προνυμφικής τροφής ή κόκκοι εδάφους (Εικόνα 2.8B).

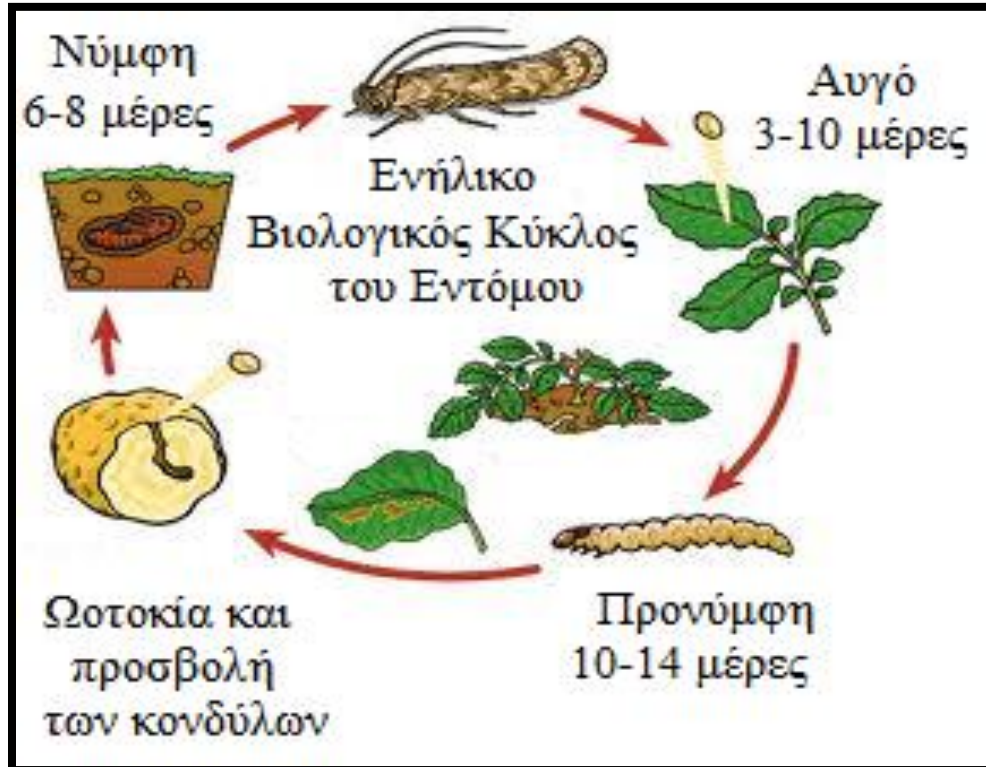


Εικόνα 2.8: (Α) Προνύμφη και (Β) νύμφη του *Phthorimaea operculella*.

2.2.4 Βιολογία

Έχει 4-6 γενεές το έτος στη χώρα μας και περισσότερες σε θερμότερες χώρες. Διαχειμάζει ως αναπτυγμένη προνύμφη στο έδαφος, στα υπολείμματα της καλλιέργειας, σε προφυλαγμένες θέσεις στις αποθήκες ή στους σάκους που περιέχουν ή περιείχαν πατάτες (Σταμόπουλος, 1995).

Στη φύση τα ενήλικα εμφανίζονται τον Μάρτιο-Απρίλιο και υπάρχουν μέχρι τον Οκτώβριο. Οι πτήσεις των ενηλίκων αρχίζουν μετά τη δύση του ήλιου αλλά και 1-2 ώρες μετά την ανατολή του. Τα ενήλικα ζουν περίπου 1 μήνα και μια μέρα μετά τη σύζευξη, το θηλυκό αρχίζει να αποθέτει τα αυγά του μεμονωμένα ή σε ομάδες των 2-3 αυγών στην κάτω επιφάνεια των χαμηλών φύλλων, στα στελέχη, στους κονδύλους που δεν καλύφθηκαν με χώμα αλλά και στο έδαφος, πλησίον του φυτού. Το θηλυκό μπορεί να γεννήσει μέχρι και 300 αυγά (μέσος όρος 150-200) σε 4 μέρες ανάλογα με τις επικρατούσες θερμοκρασίες. Μετά από 3-10 μέρες εμφανίζονται οι νεαρές προνύμφες οι οποίες τρέφονται για 10-14 μέρες περίπου στα φύλλα, στελέχη και κονδύλους, ορύσσοντας στοές. Ακολούθως εισέρχονται σε διάφορα καταφύγια για να νυμφωθούν. Η νύμφωση γίνεται σε βομβύκιο, σε διάφορα φυσικά καταφύγια και το στάδιο της διαρκεί 6-8 μέρες (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9: Ο βιολογικός κύκλος του *Phthorimaea operculella*.

Μετά τη συγκομιδή η προσβολή των κονδύλων και η ανάπτυξη της προνύμφης συνεχίζεται στην αποθήκη όπου κυρίως φαίνεται η ζημιά, όταν μάλιστα η θερμοκρασία είναι υψηλή και ευνοεί την ανάπτυξη του εντόμου. Στην αποθήκη, τη θερμή εποχή του έτους η μία γενεά διαδέχεται την άλλη. Η νύμφωση γίνεται συνήθως εκτός των ιστών της πατάτας σε προφυλαγμένες θέσεις στους σάκκους ή σε άλλες θέσεις.

2.2.5 Ζημιά

Η φθοριμαία θεωρείται ο σημαντικότερος και πιο καταστρεπτικός εχθρός της πατάτας παγκοσμίως (Rondon, 2010). Εκτός από την πατάτα, προσβάλλει και άλλα Σολανώδη. Το έντομο προσβάλλει σε μεγάλο βαθμό την καλλιέργεια της πατάτας τόσο στον αγρό όσο και στην αποθήκη. Στον αγρό, τα φύλλα και οι βλαστοί της πατάτας μαραίνονται αλλά η ζημιά στο φύλλωμα δεν είναι κατά κανόνα σοβαρή σε αντίθεση με τους κονδύλους όπου οι στοές που ορίσει η προνύμφη κατά την τροφική της δραστηριότητα τους καθιστούν ακατάλληλους για κατανάλωση. Οι προσβεβλημένοι κόνδυλοι συχνά μολύνονται από μύκητες ή βακτήρια που προκαλούν σήψεις (Εικόνα 2.10).

Στον καπνό το θηλυκό αποθέτει τα αυγά του στα φύλλα, και οι νεαρές προνύμφες τρέφονται με το παρέγχυμα ή και τα νεύρα αφήνοντας τις δύο επιδερμίδες ανέπαφες. Η στοά είναι συνήθως μεγάλη, ακανόνιστη και προς το κεντρικό νεύρο του φύλλου. Μία προνύμφη μπορεί να δημιουργήσει περισσότερες από μία στοές. Είναι επίσης δυνατό να βρίσκονται περισσότερες από μία προνύμφες σε ένα φύλλο. Η νύμφωση γίνεται μέσα στην προνυμφική στοά στο φύλλο ή στο έδαφος ή σε άλλη προφυλαγμένη θέση. Η ζημιά στα καπνόφυλλα μπορεί να είναι ολοκληρωτική.

Στην τομάτα μπορεί να προκαλέσει αξιόλογη ζημιά ιδίως στους πράσινους καρπούς, μέσα στους οποίους ορύσσει στοές. Στοές ορύσσει και στους τρυφερούς βλαστούς και στα φύλλα της τομάτας αλλά στα όργανα αυτά η ζημιά δεν είναι συνήθως σοβαρή. Στη μελιτζάνα η προνύμφη προσβάλλει κυρίως τους καρπούς (Τζανακάκης, 1980) .



Εικόνα 2.10: Προσβολή κονδύλων από το *Phthorimaea operculella*.

2.2.6 Καταπολέμηση

Λαμβάνοντας υπόψη την βιολογία του εντόμου θα πρέπει η καταπολέμηση να γίνεται στον αγρό αλλά και στην αποθήκη αφού η ευνοϊκές συνθήκες που επικρατούν επιτρέπουν την αναπαραγωγή του εντόμου στο αποθηκευμένο προϊόν. Τα μέτρα προστασίας της πατατοκαλλιέργειας περιλαμβάνουν την χρήση καλλιεργητικών, βιολογικών μεθόδων καθώς και την χρήση εντομοκτόνων.

2.2.6.1 Χημική καταπολέμηση

Για την αντιμετώπιση του εντόμου στην καλλιέργεια της πατάτας το αρμόδιο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων συνιστά ψεκασμό των φυτών μόλις εμφανιστεί προσβολή στα φύλλα και επανάληψή του ανά 10ήμερα διαστήματα. Κόνδυλοι που προορίζονται για σπορά

μπορεί να επιπαστούν ή να ψεκάστουν με ένα εγκεκριμένο εντομοκτόνο. Ως κατάλληλα εντομοκτόνα συνιστώνται τα σκευάσματα με τις ακόλουθες δραστικές ουσίες, dimethoate και chlorpyrifos, οι οποίες έχουν έγκριση για τον σκοπό αυτό (ΥΠΑΑΤ, 2012).

2.2.6.2 Καλλιεργητικά μέτρα

Το έντομο είναι νυκτόβιο και για αυτό τον λόγο δεν πρέπει να αφήνονται ακάλυπτοι κόνδυλοι κατά το φύτεμα, σκάλισμα ή τη συγκομιδή μετά τη δύση του ήλιου. Έδαφος με ρωγμές εκθέτει τους κονδύλους σε ωτοκία και είσοδο προνυμφών. Συνεπώς κάθε μέτρο που περιορίζει τις ρωγμές του εδάφους σε αναπτυγμένη πατατοφυτεία πρέπει να εφαρμόζεται. Ακόμη πρέπει να καταστρέφονται αμέσως με κάψιμο ή άλλο τρόπο τα υπολείμματα της καλλιέργειας και τα αυτοφυή σολανώδη. Οι προσβεβλημένοι κόνδυλοι αν δεν δοθούν αμέσως στα ζώα ως τροφή, πρέπει να παραχώνονται στο έδαφος. Στην αποθήκη, υγιείς κόνδυλοι που σκεπάζονται με στρώμα άμμου πάχους 10cm, αποφεύγουν την προσβολή. Επίσης η τοποθέτηση των κονδύλων στο ψυγείο σταματά την προσβολή χωρίς όμως να σκοτώσει το έντομο εκτός αν διατηρηθεί για μήνες (Τζανακάκης, 1980).

2.2.6.3 Βιολογικά μέτρα

Σήμερα μόνο σκευάσματα βακίλλου (*Bacillus thuringiensis*) έχουν έγκριση ως απολυμαντικά κονδύλων στην πατάτα. Στη Δυτική Αυστραλία δοκιμάστηκε με επιτυχία βιολογική καταπολέμηση με τη χρήση ενός εντομοπαθογόνου ιού. Ο ιός παρήχθη σε προνύμφες του εντόμου που εκτράφηκαν στο εργαστήριο. Οι ασθενείς προνύμφες ξεράθηκαν και αλέστηκαν ώστε να γίνουν σκόνη και ψεκάστηκαν ως αιώρημα σε νερό πάνω στις πατάτες. Επίσης, σε έρευνα που έγινε στην Κύπρο παρατηρήθηκε ότι η χρησιμοποίηση σκευασμάτων με βάκιλο (*Bacillus thuringiensis*) μείωσε την προσβολή στο 9.7, 2.7 και 1.8%, το 2004, 2005, και 2006, αντίστοιχα, ενώ η αντίστοιχη προσβολή στο μάρτυρα υπολογίστηκε στο 26.0, 40.3, και 24.4% το 2004, 2005 και 2006. Λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο αριθμό γενεών που αναπτύσσει τόσο στο χωράφι όσο και στην αποθήκη, το μεγάλο αριθμό αυγών που ωτοκεί το θηλυκό (150-200) καθώς επίσης και τη συνεχή παρουσία του στον αγρό είναι επιτακτική η συνεχής παρακολούθηση του πληθυσμού με φερομονικές παγίδες για τον καθορισμό του σωστού χρόνου

επέμβασης με βιολογικά παρασκευάσματα. Η χρήση βιολογικών παρασκευασμάτων στη φυτοπροστασία της πατάτας και συγκεκριμένα της φθοριμαίας έχει συνεισφέρει στην μείωση του κινδύνου προσβολής από το έντομο και παράλληλα, έχει αυξήσει την ασφάλεια του παραγόμενου προϊόντος, προστατεύοντας την ίδια ώρα και το περιβάλλον (Βασιλείου, 2007).

Η χρήση των εντομοκτόνων παραμένει η κυριότερη στρατηγική για την προστασία της πατάτας. Στη βιολογική γεωργία όμως όπου η χρήση των συμβατικών χημικών εντομοκτόνων δεν επιτρέπεται επιβάλλεται η υιοθέτηση μία ολοκληρωμένη προσέγγισης στην αποτελεσματική αντιμετώπιση διαφόρων εχθρών στην πατατοκαλλιέργεια και κυρίως της Φθοριμαίας.

2.3 ANTOXH ΣΤΟ ΨΥΧΟΣ

Η θερμοκρασία αποτελεί τον πιο σημαντικό περιβαλλοντικό παράγοντα που καθορίζει την κατανομή και την αφθονία των εντόμων (Hoffmann et al., 2003) και η οποία έχει σημαντική επίδραση στη βιολογία τους επηρεάζοντας ουσιαστικά τις βιοχημικές και φυσιολογικές τους λειτουργίες καθώς και την συμπεριφορά τους (Lee, 1991; Overgaard and Sorensen, 2008). Η θερμοκρασία επιδρά στην ανάπτυξη των ανήλικων σταδίων καθώς και στην εξέλιξη των ενηλίκων σε όλα τα είδη των εντόμων (Brènavault and Quilici, 2000). Τα έντομα για να επιβιώσουν σε περιόδους με χαμηλές θερμοκρασίες, είτε μεταναστεύουν σε μεγάλες αποστάσεις, όπως συμβαίνει με την πεταλούδα *Danaus plexippus* (L.) στη Βόρεια Αμερική (Fields et al., 1998), ή εισέρχονται σε διάπαυση ή σε κατάσταση quiescence (Lee, 1991) αυξάνοντας τα επίπεδα αντοχής στο κρύο, όπως συμβαίνει με είδη που ζουν σε εύκρατες και πολικές περιοχές. Ακόμη και τα έντομα των τροπικών περιοχών και εκείνα που μεταναστεύουν σε θερμότερα κλίματα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, έχουν την ικανότητα σε περιόδους με χαμηλές θερμοκρασίες να αυξάνουν την αντοχή τους στο κρύο (Fields et al., 1998).

Η ικανότητα των εντόμων να αποκτούν αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες και συνεπώς να επιβιώνουν, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το στάδιο ανάπτυξης, το γενετικό δυναμικό, η εποχή, η διάρκεια έκθεσης, οι διατροφικές συνήθειες, η περιεκτικότητα του σώματος σε νερό, η ύπαρξη ή όχι παγοπυρηνωποιητικών ουσιών και οι κρυοπροστατευτικές ουσίες (Lee, 1991; Clark and Worland, 2008).

Τα αρθρόποδα έχουν αναπτύξει δύο κύριους μηχανισμούς για να επιβιώνουν στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες: ανοχή στο σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματος τους (freeze tolerance) και αποφυγή σχηματισμού πάγου στους ιστούς τους (freeze intolerance or avoidance) (Lee, 1991; Sinclair, 1999; Koveos, 2001; Overgaard et al., 2006).

2.3.1 Έντομα με ανοχή στο σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματος τους

Έντομα που ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς τους: ο μηχανισμός αυτός είναι χαρακτηριστικός εντόμων που ζουν σε περιοχές με ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες όπως

κυρίως οι πολικές περιοχές. Στην Αλάσκα (ενδοχώρα) και τον Καναδά, υπάρχουν πολλά είδη εντόμων τα οποία ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς τους, κάποια από τα οποία ανέχονται ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι και -85°C (Zachariassen, 1985). Τα είδη που ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς τους έχουν γενικά υψηλή υπό το μηδέν θερμοκρασία υπέρψυξης και μπορούν να αντέξουν το σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματός τους. Ο πάγος συνήθως περιορίζεται στους μεσοκυττάριους χώρους (Sinclair et al., 2003). Τα έντομα αυτά, το φθινόπωρο και νωρίς το χειμώνα συνθέτουν παγοπυρηνοποιητικές ουσίες (πρωτεΐνες ή λιποπρωτεΐνες) στον αιμόλεμφο ή στο έντερο τους που προκαλούν έναρξη δημιουργίας πάγου στους μεσοκυττάριους χώρους σε θερμοκρασίες πάνω από τους -10°C , δηλαδή σε σχετικά υψηλές υπό το μηδέν θερμοκρασίες. Το χειμώνα τα είδη αυτά συσσωρεύουν πολυ-υδροξυ-αλκοόλες και σάκχαρα, όπως είναι η γλυκερόλη, η σορβιτόλη, η θρεϊτόλη, η ερυθρίολη, η φρουκτόζη, η σουκρόζη και η τρεχαλόζη. Οι κρυοπροστατευτικές αυτές ουσίες προστατεύουν το έντομο κατά το σχηματισμό πάγου είτε σχηματίζοντας δεσμούς με τα μόρια νερού, μειώνοντας έτσι το ρυθμό δημιουργίας πάγου και τη συνολική περιεκτικότητα σε πάγο ή σταθεροποιούν την δομή των πρωτεϊνών και απομονώνουν τους ηλεκτρολύτες ή μειώνουν την ροή νερού διαμέσου των μεμβρανών και διατηρούν τον όγκο των κυττάρων επάνω από τα κρίσιμα ελάχιστα όρια. Το φθινόπωρο, συχνή είναι η παρουσία αντιπαγωτικών πρωτεϊνών που προστατεύουν τα είδη αυτά όταν ακόμη δεν έχει αναπτυχθεί αντοχή στο σχηματισμό πάγου, μέχρι να συντεθούν οι παγοπυρηνοποιητικές ουσίες και όταν οι συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών ουσιών, όπως η γλυκερόλη, βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και την άνοιξη, όταν οι υψηλότερες θερμοκρασίες της εποχής οδηγούν στην αδρανοποίηση των παγοπυρηνοποιητικών ουσιών και στο γρήγορο μεταβολισμό της γλυκερόλης (Bale, 2002). Οι αντιπαγωτικές πρωτεΐνες φαίνεται να εμποδίζουν την επανακρυστάλλωση και την αύξηση του μεγέθους του αρχικού κρυστάλλου πάγου (Lee, 1991; Sinclair et al., 2003; Danks, 2005; Clark and Worland, 2008). Σε πολλά είδη εντόμων έχουν βρεθεί παγοπυρηνοποιητικά βακτήρια (Ice-Nucleating Active Bacteria, INA). Η παρουσία παγοπυρηνοποιητικών βακτηρίων αυξάνει τη θερμοκρασία υπέρψυξης των εντόμων και συνεπώς ο θάνατος των εντόμων επέρχεται σε υψηλότερες υπό το μηδέν θερμοκρασίες (Fields, 1992). Στην περίπτωση όμως των εντόμων που ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς τους, τα παγοπυρηνοποιητικά βακτήρια προκαλούν το σχηματισμό πάγου στους μεσοκυττάριους χώρους σε υψηλότερες υπό το μηδέν θερμοκρασίες εξασφαλίζοντας την επιβίωση τους στην

διάρκεια του χειμώνα (Lee, 1991). Χαρακτηριστικό των εντόμων αυτών είναι ότι πεθαίνουν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από την θερμοκρασία υπέρψυξης τους.

Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ειδών αυτής της κατηγορίας εντόμων, που σχετίζονται με την θερμοκρασία υπέρψυξης, την θανατηφόρο θερμοκρασία, τον τύπο και την θέση των παγοπυρηνωποιητών και την γεωγραφική κατανομή (Brown et al., 2004).

2.3.2 Έντομα που δεν ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματος

Τα έντομα που δεν ανέχονται το σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματος τους, διατηρούν τα σωματικά υγρά του σώματος τους σε υγρή κατάσταση (κατάσταση υπέρψυξης) σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τη θερμοκρασία τήξης (Melting Point) και υψηλότερες από την θερμοκρασία υπέρψυξης (Supercooling Point, SCP), αποφεύγοντας τον σχηματισμό πάγου (Sinclair et al., 2003). Στα έντομα που αποφεύγουν το σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματος τους, η αντοχή στις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες είναι αποτέλεσμα δύο διαδικασιών. Αρχικά, συντελούνται διάφορες αλλαγές στη φυσιολογία και συμπεριφορά αυτών των εντόμων, όπως είναι η μείωση της περιεχόμενης στο σώμα ποσότητας νερού, η αύξηση της περιεχόμενης ποσότητας σε λιπίδια, η απομάκρυνση ή απενεργοποίηση των παγοπυρηνωποιητικών ουσιών από τον αιμόλεμφο και η διακοπή θρέψης και εκκένωση του πεπτικού τους συστήματος. Στη συνέχεια, συνθέτουν κρυοπροστατευτικές ουσίες (πολύ-υδροξυ-αλκοόλες) και αντιπαγωτικές πρωτεΐνες (antifreeze proteins, AFPs), οι οποίες δρώντας μαζί, μειώνουν την θερμοκρασία υπέρψυξης ανάλογα με τη θερμοκρασία τήξης, αυξάνοντας παράλληλα την ικανότητα υπέρψυξης της αιμόλεμφου και των σωματικών υγρών του σώματος του εντόμου. Συνήθως, από το φθινόπωρο και μετά παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης πολυ-ύδροξυ-αλκοολών (γλυκερόλη, μανιτόλη, τρεχαλόζη) και σακχάρων που οφείλεται στις σταδιακά χαμηλότερες εποχιακές θερμοκρασίες και αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας υπέρψυξης (Bale, 2002). Οι κρυοπροστατευτικές αυτές ουσίες εκτός του ότι μειώνουν την θερμοκρασία υπέρψυξης, σταθεροποιούν τις μεμβράνες στις χαμηλές θερμοκρασίες (Sinclair et al., 2003). Στα είδη αυτά, οι αντιπαγωτικές πρωτεΐνες μειώνουν τόσο την θερμοκρασία ψύξης, όσο και την θερμοκρασία υπέρψυξης του αιμόλεμφου (Lee, 1991) και έχουν την ικανότητα να

σταθεροποιούν την κατάσταση υπέρψυξης με προσκόλληση τους πάνω στην επιφάνεια των κρυστάλλων πάγου, αλλάζοντας την δομή τους και αποτρέποντας την περαιτέρω αύξησή τους (Lee, 1991; Bale, 2002). Τα περισσότερα έντομα και ακάρεα που προέρχονται από περιοχές με εύκρατο κλίμα, αποφεύγουν το σχηματισμό πάγου στους ιστούς τους και ο σχηματισμός πάγου στους ιστούς τους είναι θανατηφόρος (Broufas and Koneos, 2001; Koneos, 2001). Για τα έντομα που ακολουθούν αυτό το μηχανισμό προστασίας, η θερμοκρασία υπέρψυξης αποτελεί και την θερμοκρασία στην οποία επέρχεται ο θάνατος τους (Zachariassen, 1985).

2.4 ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες της *P. operculella* λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους, όπως είναι η ικανότητα υπέρψυξης και η παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, κάτω του μηδενός, σε σχέση πάντοτε με το στάδιο ανάπτυξης του εντόμου (αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικο) αλλά και τον εγκλιματισμό του στους 5°C για 5 ημέρες. Τα αποτελέσματα αυτά θα μας βοηθήσουν να ξκατανοήσουμε καλύτερα την βιολογία του βλαβερού αυτού εντόμου και ενδεχομένως αφού αξιολογηθούν κατάλληλα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης του εντόμου.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Προέλευση του εντόμου

Η αποικία του εντόμου *P. operculella* συγκροτήθηκε από ενήλικα και ανήλικα (ανεπτυγμένες προνύμφες και νύμφες) άτομα που συλλέχθηκαν από κονδύλους πατάτας, προερχόμενα από την περιοχή του Νευροκοπίου Δράμας περί τα τέλη Αυγούστου του 2011. Οι κόνδυλοι πατάτας μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Ζωολογίας και Παρασιτολογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης όπου και δημιουργήθηκε η αποικία του εντόμου.

3.2 Εκτροφή του εντόμου

Τα ενήλικα και οι νύμφες που συλλέχθηκαν από τις προσβεβλημένες πατάτες, μεταφέρθηκαν με τη βοήθεια αναρροφητήρα ή λαβίδα αντίστοιχα, σε κυλινδρικά, πλαστικά διαφανή ποτήρια, τα οποία καλύφθηκαν με μουσελίνα. Κάθε δοχείο περιείχε 4-6 ζευγάρια ενηλίκων. Στη βάση του ποτηριού υπήρχε μία οπή διαμέτρου 0,5cm στην οποία τοποθετήθηκε κομμάτι από κυλινδρικό οδοντιατρικό βαμβάκι ενώ στο πάνω μέρος του ποτηριού είχε ακόμη μία οπή, μέσο της οποίας μεταφέρθηκαν τα ενήλικα με τη βοήθεια του αναρροφητήρα. Στη συνέχεια κάθε ποτήρι τοποθετήθηκε μέσα σε άλλο όμοιο που περιείχε 10ml διαλύματος ζάχαρης 20% που αποτελούσε την τροφή των ενηλίκων. Η κάτω άκρη του βαμβακιού ήταν εμβαπτισμένη στο διάλυμα και έτσι μέσω αυτού τρέφονταν τα ενήλικα. Τα θηλυκά συζευγούνταν αρχικά με τα αρσενικά και στη συνέχεια ωοτοκούσαν στη μουσελίνα που κάλυπτε το ποτήρι. Το σύνολο των αυγών που προέκυψαν από την πιο πάνω διαδικασία συλλέχθηκαν με την βοήθεια λεπτού πινέλου σε διαφανή δοχεία. Κάθε 2-3 ημέρες γινόταν αλλαγή ποτηριών και μεταφορά ενηλίκων σε καθαρό ποτήρι.

3.3 Εκτροφή προνυμφών

Οι νεοεκκολαφθείσες προνύμφες, που προέκυψαν από τα αυγά των ενηλίκων στα δοχεία μεταφέρθηκαν με ένα λεπτό πινέλο σε πλαστικά δοχεία πλάτους 6cm, μήκους 11cm και ύψους

6cm, τα οποία περιείχαν κονδύλους πατάτας και γινόταν αλλαγή και καθαρισμός της πατάτας για τη συλλογή προνύμφων σχεδόν σε εβδομαδιαία βάση. Όταν οι κόνδυλοι αφυδατώνονταν ή έχαναν την υγρασία τους ή είχαμε πολλά προνυμφικά αποχωρήματα, γινόταν μεταφορά των προνυμφών σε καθαρά δοχεία με νέα τροφή (κόνδυλοι πατάτας). Σε δοχεία με αναπτυγμένες προνύμφες γινόταν καθημερινός έλεγχος για την ύπαρξη ή μη νυμφών, έτσι ώστε να απομακρυνθούν έγκαιρα και να αποφευχθεί το φαινόμενο του κανιβαλισμού.

Οι νύμφες συλλέγονταν με τη βοήθεια λαβίδας, με μεγάλη προσοχή, για την αποφυγή τραυματισμών, και μεταφέρονταν σε γυάλινα τριβλία Petri διαμέτρου 9cm και ύψους 1cm σε ομάδες των 10 περίπου ατόμων. Στο εσωτερικό του τριβλίου τοποθετήθηκε ένα μικρό κομμάτι βαμβάκι εμποτισμένο με νερό, έτσι ώστε να παρέχεται στις νύμφες η απαραίτητη σχετική υγρασία προκειμένου αυτές να ενηλικιωθούν επιτυχώς.

3.4 Προσδιορισμός θερμοκρασίας υπέρψυξης

Για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας υπέρψυξης (Θ.Υ.) χρησιμοποιήθηκαν ανεπτυγμένες προνύμφες, νύμφες και ενήλικα άτομα του *P. operculella*. Κάθε άτομο τοποθετούνταν ατομικά σε πλαστικό σωλήνα Eppendorf όγκου 2ml από τον οποίο είχε προηγουμένως αφαιρεθεί το καπάκι. Παράλληλα προσθέταμε 0,1g υδρόφιλο βαμβάκι, ώστε να σταθεροποιήσουμε το έντομο και να μείνει αυτό ακίνητο καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος εντός του σωλήνα. Σε επαφή με το άτομο της κάθε μεταχείρισης μέσα στο σωλήνα βρισκόταν ένας μεταλλικός αισθητήρας θερμοκρασίας, θερμομέτρου τύπου Digitron 2000T (Kalestead Ltd, U.K.). Στη συνέχεια ο σωλήνας τοποθετούνταν μέσα σε γυάλινο σωλήνα με διάμετρο 1,7cm και ύψος 17,5cm, ο οποίος ακολούθως εμβαπτιζόταν σε μίγμα διαλύματος νερού-αιθυλενογλυκόλης (1:1) σε ένα υδατόλουτρο (circulating bath) (Model 9505, PolyScience, Illinois, U.S.A.). Η θερμοκρασία του διαλύματος και κατ' επέκταση του εντόμου μειωνόταν με ταχύτητα 1°C/min. Η θερμοκρασία στην οποία σχηματιζόταν πάγος στο σώμα του ατόμου (θερμοκρασία υπέρψυξης) καθοριζόταν από τη στιγμιαία αύξηση της θερμοκρασίας του σώματός του, εξαιτίας της απελευθέρωσης λανθάνουσας θερμότητας (Block 1995). Οι προνύμφες, πριν από κάθε βιοδοκιμή τοποθετούνταν ατομικά σε πλαστικά δοχεία για περίπου 4-6 ώρες χωρίς τροφή

προκειμένου να κενωθεί ο πεπτικός τους σωλήνας από τα υπολείμματα τροφής (Zachariassen and Kristiansen, 2003).

3.5 Προσδιορισμός θανατηφόρων θερμοκρασιών

Για τον προσδιορισμό των θανατηφόρων θερμοκρασιών (LTemp₅₀ και LTemp₉₀) χρησιμοποιήθηκαν αυγά, ανεπτυγμένες προνύμφες, νύμφες και ενήλικα. Οι θερμοκρασίες στις οποίες εκτέθηκαν τα παραπάνω άτομα κυμαίνονται από -10 έως -16°C. Τα άτομα, αυγά, ανεπτυγμένες προνύμφες, νύμφες και ενήλικα, ανά δέκα (10) τοποθετούνταν αρχικά σε γυάλινους δοκιμαστικούς σωλήνες (10x1 cm). Στη συνέχεια οι δοκιμαστικοί σωλήνες σφραγίζονταν ερμητικά με πώμα από καουτσούκ και ακολούθως εμβαπτίζονταν σε μίγμα διαλύματος νερού-αιθυλενογλυκόλης (1:1) σε ένα υδατόλουτρο τύπου SE 500 της εταιρίας Marlow Industries Inc. Έπειτα από έκθεση 2 ωρών στους -10, -12, -14 και -16°C μεταφέρονταν σε θερμοκρασία 25°C και φωτόφαση 16 ωρών, όπου γινόταν εκτίμηση της επιβίωσης τους (Andreadis et al., 2008). Αυγά που δεν εκκολάπτονταν θεωρούνταν ως νεκρά. Ομοίως, προνύμφες και νύμφες που δεν νυμφώνονταν ή δεν ενηλικιώνονταν, αντίστοιχα, εντός του προκαθορισμένου χρόνου, θεωρούνταν και πάλι ως νεκρές. Ενήλικα που δεν ανταποκρίνονταν σε μηχανικό άγγιγμα έπειτα από 24 ώρες θεωρούνταν νεκρές.

3.6 Στατιστική ανάλυση

Η επίδραση του σταδίου ανάπτυξης και του εγκλιματισμού στη θερμοκρασία υπέρψυξης μελετήθηκε εφαρμόζοντας ανάλυση παραλλακτικότητας (One-way ANOVA) (Sokal and Rohlf 1995). Οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν με το Tukeys-*b* κριτήριο για επίπεδο σημαντικότητας $P = 0.05$.

Ο προσδιορισμός των θανατηφόρων θερμοκρασιών (LTemp_{50,90}) έγινε με probit ανάλυση (Finney, 1952). Για την ανάλυση αυτή οι θερμοκρασίες στις οποίες εκτέθηκαν οι προνύμφες μετατράπηκαν σε δεκαδικό λογάριθμο και ο αριθμός των νεκρών ατόμων σε μονάδες probit. Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι εξισώσεις της γραμμικής συμμεταβολής μεταξύ των θερμοκρασιών και της θνησιμότητας (σε μονάδες probit). Από τις εξισώσεις αυτές υπολογίστηκαν οι τιμές των θανατηφόρων θερμοκρασιών για το 50 και το 90 % των προνυμφών

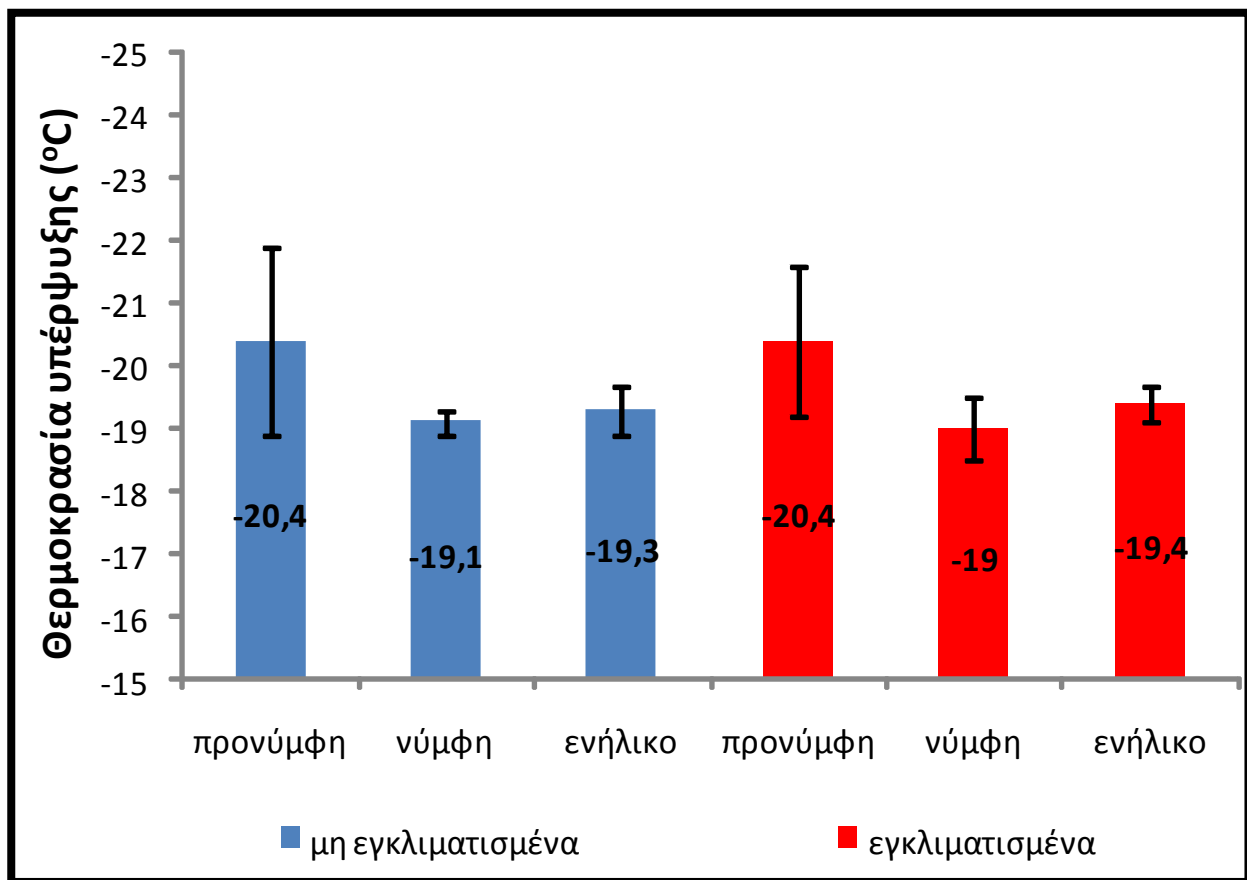
(LTemp_{50,90}) καθώς και τα όρια εμπιστοσύνης αυτών για επίπεδο σημαντικότητας 0.05. Η σύγκριση των LTemp₅₀ και LTemp₉₀ έγινε με κριτήριο την επικάλυψη των ορίων εμπιστοσύνης.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια των στατιστικών προγραμμάτων SPSS for Windows Version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) και Minitab 15 Statistical Software (Minitab Inc., State College, PA).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Ικανότητα υπέρψυξης

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 4.1 όλα τα στάδια ανάπτυξης του *P. operculella* παρουσίασαν αυξημένη ικανότητα υπέρψυξης, η οποία κυμαίνονταν από -19 έως 22°C. Σημαντικά μεγαλύτερη ικανότητα υπέρψυξης παρουσίασαν οι προνύμφες του *P. operculella* ενώ οι νύμφες και τα ενήλικα κυμαίνονταν περίπου στα ίδια επίπεδα. Ωστόσο τα στάδια ανάπτυξης του εντόμου τα οποία εγκλιματίστηκαν δεν φέρουν μεγάλη διαφορά υπέρψυξης από τα άτομα που δεν υπέστησαν εγκλιματισμό.



Διάγραμμα 4.1: Μέση θερμοκρασία υπέρψυξης του *Phthorimaea operculella* ($F = 0.632$; $df = 5, 51$; $P = 0.676$).

4.2 Προσδιορισμός των θανατηφόρων θερμοκρασιών

Στον πίνακα 4.1 δίνονται οι θανατηφόροι χρόνοι που θανατώνουν το 50 και 90% (LTemp_{50, 90}) διαφόρων σταδίων του *P. operculella* που έχουν εγκλιματιστεί ή όχι στους 5°C για 5 ημέρες έπειτα από έκθεση σε κάτω του μηδενός θερμοκρασίες για δύο ώρες.

Παρατηρούμε ότι οι τιμές (LTemp₅₀) των διαφόρων σταδίων του *P. operculella* που δεν έχουν εγκλιματιστεί παρουσιάζουν κάποιες διαφορές. Η μέση θανατηφόρος θερμοκρασία του αυγού διαφέρει σημαντικά από της προνύμφης ενώ δεν παρουσιάζει σχετικά μεγάλη διαφορά από τα υπόλοιπα στάδια. Μεγαλύτερη ευαισθησία στο ψύχος παρουσιάζει η προνύμφη (-6.5 °C) ενώ αντίθετα τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω του μηδενός παρουσίασαν οι νύμφες (-13,3°C) του *P. operculella* στις οποίες η μέση θανατηφόρος θερμοκρασία διαφέρει από όλα τα στάδια του εντόμου εκτός από του αυγού.

Όσον αφορά τα διάφορα στάδια του εντόμου που έχουν υποστεί εγκλιματισμό μόνο η μέση θανατηφόρος θερμοκρασία της προνύμφης διαφέρει από τα υπόλοιπα στάδια ενώ και εδώ βλέπουμε ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο ψύχος (-7,4°C). Αντίθετα πιο ανθεκτική στο ψύχος είναι η νύμφη (-17,4°C) .

Συγκρίνοντας τις θανατηφόρες θερμοκρασίες που σκοτώνουν το 50% (LTemp₅₀) διαφόρων σταδίων του *P. operculella* που έχουν εγκλιματιστεί με αυτά που δεν έχουν εγκλιματιστεί παρατηρούμε ότι μόνο το στάδιο του ενηλίκου διαφέρει και αυτά που έχουν υποστεί εγκλιματισμό είναι πιο ανθεκτικά.

Αντίστοιχα παρατηρήσαμε και τις θανατηφόρες θερμοκρασίες που σκοτώνουν το 90% (LTemp₉₀) διαφόρων σταδίων του *P. operculella*. Στα στάδια που δεν εγκλιματίστηκαν παρατηρούμε ότι οι τιμές (LTemp₉₀) του αυγού δεν διαφέρουν από τα υπόλοιπα στάδια σε αντίθεση με τις τιμές (LTemp₅₀) ενώ και εδώ η προνύμφη παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία (-12,0°C) σε αντίθεση με τη νύμφη που είναι η πιο ανθεκτική (-41,3 °C). Όσον αφορά στα διάφορα στάδια του εντόμου που έχουν υποστεί εγκλιματισμό βλέπουμε ότι η θανατηφόρος θερμοκρασία που σκοτώνουν το 90% του πληθυσμού των προνυμφών διαφέρει από αυτή των υπολοίπων σταδίων ενώ και εδώ βλέπουμε ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο ψύχος η προνύμφη(-12,7°C) και η νύμφη τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα (-45,9°C). Τέλος, συγκρίνοντας τις θανατηφόρες θερμοκρασίες που σκοτώνουν το 90% (LTemp₉₀) διαφόρων σταδίων του *P. operculella* που έχουν εγκλιματιστεί με αυτά που δεν έχουν εγκλιματιστεί παρατηρούμε ότι κανένα στάδιο δεν διαφέρει.

Πίνακας 4.1: Θανατηφόρες θερμοκρασίες που θανατώνουν το 50 και 90% (LT_{Temp_{50, 90}}) διαφόρων σταδίων του *P. operculella* που έχουν εγκλιματιστεί ή όχι στους 5°C για 5 ημέρες έπειτα από έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες υπό του μηδενός για δύο ώρες και όρια εμπιστοσύνης (95%) αυτών.

Φυσιολογικό Στάδιο	Στάδιο	<i>N</i>	LT ₅₀ * (95% C.I.)	LT ₉₀ * (95% C.I.)	χ^2	<i>df</i>	<i>P</i>
Μη εγκλιματισμένα	Αυγό		-10,9 (-8,9 έως -28,4)	-24,9 (-15,3 έως -1900,0)	45,521	18	0,001
	Προνύμφη		-6,5 (-5,5 έως -7,2)	-12,0 (-10,5 έως -15,4)	15,192	18	0,649
	Νύμφη		-13,3 (-10,8 έως -28,0)	-41,3 (-22,4 έως -631,1)	12,080	18	0,843
	Ενήλικο		-8,5 (-7,4 έως -9,7)	-14,2 (-11,8 έως -22,3)	37,346	18	0,005
Εγκλιματισμένα	Αυγό		-14,7 (-12,0 έως -29,7)	-39,7 (-22,9 έως -323,6)	6,849	18	0,991
	Προνύμφη		-7,4 (-6,6 έως -8,1)	-12,7 (-11,2 έως -15,9)	14,573	18	0,556
	Νύμφη		-17,4 (-13,2 έως -54,5)	-45,9 (-24,3 έως -790,5)	8,352	18	0,973
	Ενήλικο		-11,1 (-10,3 έως -12,4)	-17,5 (-14,9 έως -24,0)	17,485	18	0,490

* σε °C

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η θερμοκρασία όπως είδη αναφέρθηκε, είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας του περιβάλλοντος που επηρεάζει την επιβίωση και την γεωγραφική κατανομή εκτόθερων οργανισμών (Overgaard and Sorensen, 2008). Τα έντομα που ζουν σε περιοχές με ψυχρούς χειμώνες, όπου οι θερμοκρασίες υπό το μηδέν διαρκούν σχετικά μακρές περιόδους, ένας λόγος που καταφέρνουν να επιζήσουν είναι ότι επιλέγουν προστατευμένες θέσεις κάτω από το χιόνι ή σε υδάτινο περιβάλλον κάτω από παγωμένη επιφάνεια προκειμένου να διαχειμάσουν είτε σε κατάσταση διάπαυσης είτε μη διάπαυσης. Σε τέτοιες προστατευμένες θέσεις δεν είναι απαραίτητο να είναι το έντομο ιδιαίτερα ανθεκτικό στο ψύχος. Η αντοχή αυτή επιτυγχάνεται με αλλαγές του μεταβολισμού τους με την πτώση της θερμοκρασίας. Ορισμένα πάλι είδη «υπερψύχονται». Αυτό σημαίνει ότι αποκτούν θερμοκρασία υπέρψυξης κατά πολύ κάτω από του 0°C (Τζανακάκης, 1995). Τα εκτοκτυταρικά υγρά των εντόμων αυτών δεν παγώνουν παρά μόνο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες οπότε και επέρχεται το πάγωμά τους. Στα πλείστα είδη αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη κρυοπροστατευτικών ουσιών. Πρόκειται για μεγαλομοριακές πρωτεΐνες και πεπτίδια ή για μικρομοριακές πολυϋδρικές αλκοόλες όπως η γλυκερόλη, η σορβιτόλη και η θρεϊτόλη. Αντιθέτως, σε άλλα είδη εντόμων που ανέχονται την ύπαρξη εξοκτυτάριου πάγου στους ιστούς τους, η δημιουργία πάγου που θα ζημίωνε τους ιστούς αποφεύγεται με την παρουσία παγοπυρηνοποιητικών ουσιών στον αιμόλεμφο. Οι ουσίες αυτές προκαλούν έναρξη του παγώματος σε σχετικά υψηλότερες υπό το μηδέν θερμοκρασίες. Το πάγωμα συνεχίζεται με την πτώση θερμοκρασίας, ωστόσο αυτό γίνεται βαθμιαία, το οποίο όμως επιτρέπει την επιβίωση του εντόμου.

Σύμφωνα με τον Lee (1991), ο εγκλιματισμός των εντόμων σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ικανότητας υπέρψυξης στα είδη που αποφεύγουν τον σχηματισμό πάγου στους ιστούς του σώματός τους. Ωστόσο, αυτή η ιδιότητα χάνεται ακόμη και με βραχυχρόνια έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες καθώς η ικανότητα υπέρψυξης επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα.

Όλα τα στάδια ανάπτυξης (προνύμφη, νύμφη και ενήλικο) του *P. operculella* που μελετήθηκαν ως προς την ικανότητα υπέρψυξής τους παρουσίασαν μία αυξημένη αντοχή στο ψύχος, καθώς η θερμοκρασία υπέρψυξης κυμαίνονταν από -19 έως -22°C. Μεγαλύτερη ικανότητα υπέρψυξης παρουσίασαν οι προνύμφες του *P. operculella* χωρίς ωστόσο αυτή να διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη των νυμφών και των

ενηλίκων. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και όταν το έντομα μας εγκλιματίστηκε στους 5°C για 5 ημέρες, όπου και πάλι δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης. Επίσης, στατιστικώς σημαντικές διαφορές δεν παρατηρήθηκαν ως προς την ικανότητα υπέρψυξης τους και όταν συγκρίθηκαν τα μη εγκλιματισμένα στάδια με τα αντίστοιχα στάδια που είχαν εγκλιματιστεί. Δηλαδή, ο εγκλιματισμός του εντόμου στους 5°C δεν επηρέασε την αντοχή του στο ψύχος. Αντίθετα, με το *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae) το οποίο εγκλιματίστηκε για 5 ημέρες στους 5°C και αύξησε την αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες των διαπαύουσων προνυμφών (Millonas and Savoroulou-Soultani, 1999).

Σε ανάλογα πειράματα που έγιναν με άλλα Λεπιδόπτερα και πιο συγκεκριμένα με το *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Andreadis et al., 2012), παρατηρήθηκε ότι οι νύμφες του εντόμου είναι το πιο ανθεκτικό στάδιο όταν εκτεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω του μηδενός. Αντίθετα, το πιο ευαίσθητο στάδιο βρέθηκε να είναι αυτό του αυγού και της νεαρής προνύμφης ενώ τα ενήλικα και οι αναπτυγμένες προνύμφες παρουσίασαν μία ενδιάμεση κατάσταση ανθεκτικότητας. Ωστόσο, παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες είχε ως αποτέλεσμα τη θνησιμότητα ικανού πληθυσμού του *E. kuehniella* ακόμα και αυτού της νύμφης. Ομοίως, και στο *P. operculella* παρατηρούμε ότι το πιο ανθεκτικό στάδιο είναι η νύμφη ενώ το πιο ευαίσθητο είναι αυτό της προνύμφης.

Η ικανότητα υπέρψυξης αυξάνεται συνήθως όταν έχουμε συσσώρευση κρυοπροστατευτικών και άλλων αντιψυκτικών ουσιών ή απουσία παγοπυρηνοποιητικών παραγόντων ή όταν συμβαίνουν και τα δύο γεγονότα σύμφωνα με τους Han and Bauce (1995). Επίσης, πολλές φορές η ικανότητα υπέρψυξης σχετίζεται με την διάπαυση ενώ άλλες φορές όχι (Lee, 1991). Στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των διαπαυουσών και των μη διαπαυουσών νυμφών ως προς τη Θ.Υ. παρατηρήθηκε στο *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) ενώ στο *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ διαπαύουσων και μη διαπαύουσων προνυμφών (Gillyboeuf et al., 1994).

Πολλά είδη εντόμων στα οποία συμβαίνει η γρήγορη απόκτηση αντοχής στο κρύο (rapid cold hardening), παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες έπειτα από ολιγόωρη έκθεση σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές στις οποίες διατηρούνται (Danks, 2005). Η γρήγορη απόκτηση αντοχής στο κρύο έχει

παρατηρηθεί να συμβαίνει σε ένα μεγάλο αριθμό ειδών (Rajamohan and Sinclair, 2008), τα όποια προέρχονται από διαφορετικές τάξεις όπως Diptera, Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Thysanoptera και Lepidoptera (Danks, 2005) καθώς και σε διαπαύοντα και μη διαπαύοντα άτομα του αρπακτικού ακάρεως, *Euseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) (Broufas and Koveos, 2001). Στα έντομα *Sarcophaga crassipalpis*, *S. bullata*, *Xanthogaleruca luteola* και *Oncopeltus fasciatus* παρατηρήθηκε ότι μετά από έκθεση στους -10°C για δύο ώρες η επιβίωση ήταν 5-30%. Η αντοχή των εντόμων αυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες αυξήθηκε σημαντικά, έως και 90%, μετά από προηγούμενη έκθεση τους για δύο ώρες σε σχετικά υψηλότερη θερμοκρασία (0°C) (Sinclair et al., 2003). Στο αρπακτικό άκαρι *E. finlandicus* όταν διαπαύοντα και μη διαπαύοντα ενήλικα θηλυκά εκτέθηκαν για δύο ώρες απευθείας από την θερμοκρασία διατήρησής τους (20°C) στους -11.5 και -10°C αντίστοιχα, επιβίωσε το 10% των διαπαυόντων και το 20% των μη διαπαυόντων θηλυκών. Ωστόσο, η διατήρηση των διαπαυόντων θηλυκών για 4 ώρες σε θερμοκρασίες από 0 έως 10°C πριν την έκθεση τους για δύο ώρες στους -11.5°C , αύξησε την επιβίωση σε 90%. Κάτι ανάλογο παρατηρήθηκε και στα μη διαπαύοντα θηλυκά. Η διατήρησή τους για 4 ώρες σε θερμοκρασία 5°C πριν την έκθεση τους για δύο ώρες στους -10°C , αύξησε την επιβίωση σε 90% (Broufas and Koveos, 2001). Στην μύγα *D. melanogaster* η επιβίωση αυξήθηκε από 10 σε 68% όταν τα άτομα πριν την έκθεση τους για μία ώρα στους -6°C , βρίσκονταν σε κλουβιά στο υπαίθρο όπου η θερμοκρασία από τους 22.1°C μειώθηκε σε 10.1°C τις ώρες 18:00 έως 06:00 (Kelty, 2007).

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η επιβίωση του εντόμου που εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες εξαρτάται κυρίως από το είδος και το στάδιο το οποίο βρίσκεται. Τα έντομα ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξής τους, αναπτύσσουν και μία διαφορετική ικανότητα αντοχής στο ψύχος. Τα πιο ανθεκτικά στάδια είναι αυτά του αυγού και της νύμφης, ίσως λόγω του ότι κατά τη διάρκειά τους τα έντομα δεν τρέφονται, καθώς το έντερό τους είναι άδειο από παγοπυρηνοποιητικούς παράγοντες, έτσι ώστε η θερμοκρασία υπέρψυξης ($\Theta.Y.$) τους να είναι χαμηλότερη από αυτή των τρεφόμενων σταδίων (Somme, 1982; Denlinger, 1991).

Ωστόσο, επειδή τα αποτελέσματα μας προέρχονται από έντομα εργαστηριακής εκτροφής, είναι δύσκολο να τα γενικεύσουμε σε συνθήκες υπαίθρου. Βασιζόμενοι όμως σε αυτά, μπορούμε να έχουμε μία πρώτη άποψη για την αντοχή

της φθοριμαίας της πατάτας στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. Περαιτέρω λεπτομερή πειράματα, τόσο στο εργαστήριο όσο και στον αγρό, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν, έτσι ώστε να αποκτήσουμε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Βασιλείου Β. 2007.** Η αντιμετώπιση της Φθοριμαίας της πατάτας *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) με βιολογικά παρασκευάσματα. Πρακτικά 12^{ου} Πανελληνίου Εντομολογικού Συνεδρίου, Λάρνακα – Κύπρος, 13-16 Νοεμβρίου 2007, σελ. 300-306.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 1994.** Ειδική Λαχανοκομία. Εκδόσεις ΓΠΑ, Αθήνα.
- Ολύμπιος, Χ.Μ. 2001.** Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε, Αθήνα.
- Σπάρτση, Ν.Ι. 2006.** Πατάτα: *Solanum tuberosum*. Copy City Publish, Θεσσαλονίκη, 377 σελ.
- Σταμόπουλος, Κ.Α. 1995.** Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 1^η έκδοση, Θεσσαλονίκη.
- Σταμόπουλος, Κ.Α. 1999.** Έντομα αποθηκών μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2^η έκδοση, Θεσσαλονίκη.
- Τζανακάκης, Μ.Ε. 1980.** Μαθήματα εφαρμοσμένης εντομολογίας. Υπηρεσία δημοσιευμάτων ΑΠΘ.
- Τζανακάκης, Μ. Ε. 1995.** Εντομολογία. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 501 σελ.
- Τράκα-Μαυρωνά, Α. 2004.** Ειδική Λαχανοκομία. Διδακτικές Σημειώσεις Τμήματος Φυτικής Παραγωγής, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 149 σελ.
- Τσελεμπής, Φ. 2006.** Τυποποίηση και Εμπορία Αγροτικών Προϊόντων. Διδακτικές Σημειώσεις Τμήματος Φυτικής Παραγωγής, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 130 σελ.
- Χατζηδημητρίου, Α. 2009.** Οικονομικότητα – παραγωγικότητα πατάτας Κ. Νευροκοπίου. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 70 σελ.

[ΥΠΑΑΤ] Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων. 2012. Διεύθυνση
Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης. Τμήμα Τεκμηρίωσης. (Διαθέσιμο στο:
[http://www.minagric.gr/
syspest/SYSPEST_ENEMY_dron.aspx](http://www.minagric.gr/syspest/SYSPEST_ENEMY_dron.aspx))
(Προσπελάστηκε στις 18 Μαρτίου 2012).

Ξενόγλωσση

[FAOSTAT] Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. 2010. ProdSTAT-Crops. Acreage and Production. (<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>).

Andreadis, S.S., Z. Vryzas, E. Papadopoulou-Mourkidou and M. Savvopoulou-Soultani. 2008. Age dependent changes in tolerance to cold and accumulation of cryoprotectants in overwintering and non overwintering larvae of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Physiol. Entomol.* 33: 365-371.

Andreadis, S.S., P.A. Eliopoulos and M. Savopoulou-Soultani. 2012. Cold hardiness of immature and adult stages of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Journal of Stored Product Research* 48: 132-136.

Bale, J.S. 2002. Insects and low temperatures: from molecular biology to distributions and abundance. *Phil.Trans. R. Soc. Lond. B* 357: 849– 862.

Block, W. 1995. Insects and freezing. *Science Progress* 78: 349-372.

Brèvault, T. and S. Quilici. 2000. Relationships between temperature, development and survival of different life stages of the tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 25–30.

Broufas, G.D. and D.S. Koveos. 2001. Rapid cold hardening in the predatory mite *Euseius (Amblyseius) finlandicus* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Insect Physiology* 47: 699–708.

Brown, C.L., J.S. Bale and K.F.A.Walters. 2004. Freezing induces a loss of freeze tolerance in an overwintering insect. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271: 1507–1511.

Clark, M.S. and R.M. Worland. 2008. How insects survive the cold: molecular mechanisms-a review. *J Comp Physiol B* 178: 917-933.

Cutter, E.G. 1992. Structure and development of the potato plant. In: *The potato crop: scientific basis for improvement* (Ed. Harris, P.M.). Chapman and Hall, London, 909 pp.

- Danks, H.V. 2005.** Key themes in the study of seasonal adaptations in insects I. Patterns of cold hardiness. *Appl. Entomol. Zool.* 40: 199– 211.
- Fields, P.G. 1992.** The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. *Journal of Stored Products Research* 28: 89-118.
- Fields, P.G., F. Fleurat-Lessard, L. Lavenseau, G. Febvay, L. Peypelut and G. Bonnot. 1998.** The effect of cold acclimation and deacclimation on cold tolerance, trehalose and free amino acid levels in *Sitophilus granarius* and *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera). *Journal of Insect Physiology* 44: 955–965.
- Finney, D.J. 1952.** *Probit analysis*. University Press, Cambridge.
- Gillyboeuf, N., P. Anglade, L. Lavenseau and L. Peypelut. 1994.** Cold hardiness and overwintering strategy of the pink maize stalk borer, *Sesamia nonagrioides* Lef (Lepidoptera: Noctuidae). *Oecologia* 99: 366-373.
- Han, E.-N., and E. Bauce. 1995.** Glycerol synthesis by diapausing larvae in response to the timing of low temperature exposure, and implications for overwintering survival of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. *J. Insect Physiol.* 41: 981-985.
- Hoffmann, A.A., J.G. Sørensen and V. Loeschcke. 2003.** Adaptation of *Drosophila* to temperature extremes: bringing together quantitative and molecular approaches. *Journal of Thermal Biology* 28: 175-216.
- Jackson, S.D. 1999.** Multiple signalling pathways controlling tuber induction in potato. *Plant Physiology* 119: 1–8.
- Kelty, J. 2007.** Rapid cold-hardening of *Drosophila melanogaster* in a field setting. *Physiological Entomology* 32 (4): 343-350.
- Koveos, D.S. 2001.** Rapid cold hardening in the olive fruit fly *Bactrocera oleae* under laboratory and field conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 101: 257-263.

- Lee, R.E. 1991.** Principles of insect low temperature tolerance. In: *Insects at Low Temperature* [R. E. Lee, Jr and D. L. Denlinger (eds.)]. Chapman Hall, New York. pp. 17–46.
- Milonas, P.G., and M. Savopoulou-Soultani. 1999.** Cold hardiness in diapause and non-diapause larvae of the summer fruit tortrix, *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae). *European Journal of Entomology* 96: 183-187.
- Minitab Inc. 2007.** Minitab 15 Statistical Software, State College, PA.
- Overgaard, J. and J.G. Sørensen. 2008.** Rapid thermal adaptation during field temperature variations in *Drosophila melanogaster*. *Cryobiology* 56: 159-162.
- Overgaard, J., J.G. Sørensen, S.O. Petersen, V. Loeschcke and M. Holmstrup. 2006.** Reorganization of membrane lipids during fast and slow cold hardening in *Drosophila melanogaster*. *Physiological Entomology* 31: 328-335.
- Rajamohan, A. and B.J. Sinclair. 2008.** Short-term hardening effects on survival of acute and chronic cold exposure by *Drosophila melanogaster* larvae. *Journal of Insect Physiology* 54: 708–718.
- Rondon, S.I. 2010.** The Potato Tuberworm: A Literature Review of Its Biology, Ecology, and Control. *American Journal of Potato Research* 87:149–166.
- Sinclair, B.J. 1999** Insect cold tolerance: how many kinds of frozen? *European Journal of Entomology* 96: 157–164.
- Sinclair, B.J., P. Vernon, C. Jaco Klok and S.L. Chown. 2003.** Insects at low temperatures: an ecological perspective-review. *TRENDS in Ecology and Evolution* 18: 257-262.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1995.** *Biometry* 3rd ed. Freeman, New York.
- SPSS Inc. 2007.** SPSS for Windows, Version 16.0, Chicago, Illinois.
- Upadhyia, M.D., R. Cabello, R. Falcon and E. Chujoy. 2003.** Effects of location and year of production on hybrid true potato seed quality and performance. *Acta Horticultura* 619: 371-374.

Zachariassen, K.E. 1985. Physiology of Cold Tolerance. *Physiol. Rev.* 65: 799-832.

Zachariassen, K.E. and E. Kristiansen. 2003. What determines the strategy of cold-hardiness? *Acta Societas Zoologicae Bohemicae* 67: 51-58.