



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

Πανεπιστήμιο Πατρών  
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωπονίας

# Διαχείριση ζιζανίων στην καλλιέργεια της πατάτας



Πτυχιακή εργασία του  
**Παντελή Λαγού**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

Αμαλιάδα 2021

## **Αντί προλόγου**

Η παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βοτανικής και Ζιζανιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ. Α. Λιόπα – Τσακαλίδη για την αδιάκοπη επιστημονική καθοδήγηση, την πολύπλευρη βοήθεια, τις πολύτιμες συμβουλές και το ειλικρινές ενδιαφέρον της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις βαθύτατες ευχαριστίες στους γονείς μου για την ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	3
Περίληψη.....	5
Κεφάλαιο 1.....	6
1 Καλλιέργεια πατάτας .....	6
1.1 Εισαγωγικά στοιχεία .....	6
1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά- Βοτανική ταξινόμηση.....	11
1.3 Συστηματική ταξινόμηση .....	12
1.4 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά .....	12
1.5 Τρόπος πολλαπλασιασμού .....	18
1.6 Κλιματολογικές συνθήκες .....	19
1.7 Προετοιμασία εδάφους .....	19
1.8 Φύτευση .....	20
1.10 Συγκομιδή.....	23
Κεφάλαιο 2.....	25
2 Ζιζάνια .....	25
2.1 Ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια.....	25
2.2 Θετικές επιδράσεις ζιζανίων .....	26
Κυριότερα ζιζάνια στην καλλιέργεια της πατάτας.....	26
Κεφάλαιο 3.....	33
3. Αντιμετώπιση ζιζανίων.....	33
3.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης .....	33
3.2 Σύγχρονες τάσεις στην αντιμετώπιση των ζιζανίων .....	35
3.3 Ταυτοποίηση ζιζανίων σε καλλιέργειες πατάτας.....	45

3.4	Συλλογή δεδομένων και στοιχεία του συστήματος.....	47
3.5	Η αντίληψη του συστήματος ανίχνευσης των ζιζανίων.....	52
	Βιβλιογραφία .....	54

## Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εισαγωγικά στοιχεία σύμφωνα με στοιχεία του Εκτελεστικού Κανονισμού (ΕΕ) 2020/593 της Επιτροπής της 30ής Απριλίου 2020 για την έγκριση των συμφωνιών και των αποφάσεων σχετικά με μέτρα σταθεροποίησης της αγοράς στον τομέα της πατάτας κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19. Τη περίοδο της πανδημίας COVID-19 ο τομέας της πατάτας μπορεί να υποδιαιρεθεί σε νωπές πατάτες, οι οποίες αγοράζονται κυρίως για οικιακή κατανάλωση, και σε πατάτες προς μεταποίηση, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ζωοτροφές και μεταποιημένα τρόφιμα, όπως οι κατεψυγμένες πατάτες (συμπεριλαμβανομένων των κατεψυγμένων τηγανητών πατατών), οι αποξηραμένες πατάτες, οι παρασκευασμένες ή οι διατηρημένες πατάτες. Οι παραγωγοί θα πρέπει να καταστρέψουν το τμήμα των εναπομενόντων αποθεμάτων που δεν μπορούν να υποβληθούν σε μεταποίηση εγκαίρως. Ο διασκορπισμός στους αγρούς των πατατών προς μεταποίηση θα δημιουργήσει κίνδυνο μακροχρόνιων περιβαλλοντικών και φυτοϋγειονομικών επιπτώσεων, διότι οι εν λόγω πατάτες θα βλαστήσουν στις επόμενες καλλιέργειες και ενδέχεται να εμφανίσουν ασθένειες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν μακροχρόνια μόλυνση του εδάφους και να θέσουν σε κίνδυνο τις νέες φυτείες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κατόπιν περιγράφονται τα βοτανικά χαρακτηριστικά, η βοτανική ταξινόμηση, ο τρόπος πολλαπλασιασμού, οι κλιματολογικές συνθήκες, η προετοιμασία εδάφους, η φύτευση, η άρδευση και η συγκομιδή της πατάτας. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται γενικές πληροφορίες για τα ζιζάνια, καθώς και για τις ζημιές που προκαλούν, αλλά και για τις θετικές επιδράσεις των ζιζανίων, όπως επίσης και τα κυριότερα ζιζάνια στην καλλιέργεια της πατάτας. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι μέθοδοι αντιμετώπισης των ζιζανίων, οι σύγχρονες τάσεις στην αντιμετώπιση των ζιζανίων, η ταυτοποίηση ζιζανίων σε καλλιέργειες πατάτας, η συλλογή δεδομένων και στοιχείων του συστήματος, και η αντίληψη του συστήματος αντίχενωσης των ζιζανίων.

## Κεφάλαιο 1

### 1 Καλλιέργεια πατάτας

#### 1.1 Εισαγωγικά στοιχεία για την πατάτα την περίοδο της πανδημίας COVID-19

Σύμφωνα με στοιχεία του Εκτελεστικού Κανονισμού (ΕΕ) 2020/593 της Επιτροπής της 30ής Απριλίου 2020 για την έγκριση των συμφωνιών και των αποφάσεων σχετικά με μέτρα σταθεροποίησης της αγοράς στον τομέα της πατάτας κατά την περίοδο της πανδημίας COVID-19 αναφέρεται ότι ο τομέας της πατάτας μπορεί να υποδιαιρεθεί σε νωπές πατάτες, οι οποίες αγοράζονται κυρίως για οικιακή κατανάλωση, και σε πατάτες προς μεταποίηση, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ζωοτροφές και μεταποιημένα τρόφιμα, όπως οι κατεψυγμένες πατάτες (συμπεριλαμβανομένων των κατεψυγμένων τηγανητών πατατών), οι αποξηραμένες πατάτες, οι παρασκευασμένες ή οι διατηρημένες πατάτες. Η παραγωγή πατάτας στην Ένωση ανέρχεται σε περίπου 52 εκατομμύρια τόνους, εκ των οποίων 19,5 εκατομμύρια τόνοι αντιστοιχούν σε πατάτες προς μεταποίηση.

Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί πατάτας προς μεταποίηση στην Ένωση είναι το Βέλγιο, η Γερμανία, η Γαλλία, η Ιταλία και οι Κάτω Χώρες. Η παραγωγή κατεψυγμένων τηγανητών πατατών εκτιμάται ότι καλύπτει περίπου το 41 % της παραγωγής πατάτας προς μεταποίηση.



Η Ένωση είναι καθαρός εξαγωγέας μεταποιημένων πατατών. Κατά μέσο όρο, κατά τη

διάρκεια των τελευταίων 5 ετών, εκτιμάται ότι τουλάχιστον 4 εκατομμύρια τόνοι πατάτας προς μεταποίηση εξάγονται από το Βέλγιο, τη Γερμανία, τη Γαλλία, την Ιταλία και τις Κάτω Χώρες προς τρίτες χώρες, υπό μορφή μεταποιημένων προϊόντων πατάτας. Οι εξαγωγές κατεψυγμένων πατατών και, ιδίως, κατεψυγμένων τηγανητών πατατών, είναι ιδιαίτερα σημαντικές υπό τις συνήθεις συνθήκες της αγοράς: το 64 % των κατεψυγμένων πατατών που εξάγονται σε παγκόσμιο επίπεδο προέρχονται από την Ένωση και η αξία των εξαγωγών κατεψυγμένων τηγανητών πατατών από την Ένωση προς τρίτες χώρες εκτιμήθηκε σε 1,85 δισ. EUR το 2019. Λόγω της πανδημίας COVID-19 και των εκτεταμένων περιορισμών στις μετακινήσεις των προσώπων που έχουν επιβληθεί στα κράτη μέλη, οι παραγωγοί πατάτας προς μεταποίηση αντιμετωπίζουν οικονομικές αναταράξεις, οι οποίες προκαλούν οικονομικές δυσχέρειες και προβλήματα ρευστότητας. Η εξάπλωση της νόσου και τα μέτρα που έχουν επιβληθεί περιορίζουν τη διαθεσιμότητα εργατικού δυναμικού, γεγονός που θίγει ιδίως τα στάδια της παραγωγής, της μεταποίησης και της μεταφοράς πατάτας προς μεταποίηση. Η υποχρεωτική αναστολή λειτουργίας, στην Ένωση και σε τρίτες χώρες, των εστιατορίων και των λοιπών χώρων φιλοξενίας, όπως οι καντίνες σχολείων και επιχειρήσεων, καθώς και η ματαίωση αθλητικών και ψυχαγωγικών εκδηλώσεων, όπως πολιτιστικά και υπαίθρια φεστιβάλ, αθλητικά τουρνουά, επέφερε επίσης τη διακοπή λειτουργίας του κλάδου της φιλοξενίας και της εστίασης, με αποτέλεσμα να επέλθουν σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα ζήτησης προϊόντων πατάτας. Δεδομένου ότι οι καταναλωτές έχουν πλέον, σε μεγάλο βαθμό, πάψει να γευματίζουν εκτός σπιτιού ή να αγοράζουν φαγητά ταχείας εστίασης, η ζήτηση των καταναλωτών στράφηκε προς τις νωπές πατάτες για μαγείρεμα στο σπίτι. Επιπλέον, μολονότι οι καταναλωτές έχουν αυξήσει την κατανάλωση ορισμένων μεταποιημένων προϊόντων πατάτας, όπως τα πατατάκια και ο αποξηραμένος πουρές, αυτό δεν μπορεί να αντισταθμίσει την πτώση της ζήτησης στον κλάδο της φιλοξενίας και της εστίασης. Επιπλέον, οι αγοραστές στην Ένωση και στην παγκόσμια αγορά ακυρώνουν συμβάσεις και καθυστερούν τη σύναψη νέων, εν αναμονή περαιτέρω πτώσης των τιμών. Οι εξαγωγές αντιμετωπίζουν προβλήματα εφοδιαστικής, καθώς η έναρξη της πανδημίας COVID-19 στην Κίνα έχει προκαλέσει σημαντική συμφόρηση στους εκεί λιμένες αλλά και αλλού. Η περίοδος των αυξημένων ακυρώσεων δρομολογίων από πλοία μεταφοράς (blank sailings) αναμένεται να συνεχιστεί τουλάχιστον έως τον Ιούνιο του 2020, με αποτέλεσμα τη μείωση του

αριθμού των διαθέσιμων εμπορευματοκιβωτίων, ιδίως των εμπορευματοκιβωτίων που προορίζονται για νωπά και κατεψυγμένα προϊόντα, την αισθητή αύξηση των τιμών, και την αναβολή των μεταφορών των εξαγωγέων. Από την τέταρτη εβδομάδα του Μαρτίου 2020, οι ενωσιακοί παραγωγοί πατάτας προς μεταποίηση έχουν αναφέρει μείωση της τάξης του 25 % έως 47 % όσον αφορά τον αριθμό των συναλλαγών μεταξύ των κρατών μελών και της τάξης του 30 % έως 65 % όσον αφορά τις εξαγωγές σε τρίτες χώρες. Η ζήτηση για νωπές πατάτες έχει, στο παρόν στάδιο, αυξηθεί, σημειώθηκε κατακόρυφη πτώση της ζήτησης για πατάτες προς μεταποίηση, η οποία έχει άμεσο και σοβαρό αντίκτυπο στην αγορά. Η κατακόρυφη πτώση της ζήτησης αφορά ιδίως, αλλά όχι μόνο, τις πατάτες προς μεταποίηση που χρησιμοποιούνται στις κατεψυγμένες τηγανητές πατάτες, άλλες τεμαχισμένες πατάτες και τα συσκευασμένα υπό κενό προϊόντα, τα οποία καταναλώνονται συνήθως σε καταστήματα ταχείας εστίασης και σε εστιατόρια. Λόγω των διαφορετικών χαρακτηριστικών των νωπών πατατών και των πατατών προς μεταποίηση, οι πατάτες προς μεταποίηση δεν μπορούν να πωληθούν στην αγορά νωπών πατατών. Κατά συνέπεια, καθώς δεν υπάρχουν συναλλαγές, οι τιμές στις προθεσμιακές αγορές έχουν μειωθεί σημαντικά και βρίσκονται, τον Απρίλιο του 2020, σε επίπεδο κατά 90% χαμηλότερο σε σύγκριση με τις προσφερόμενες τιμές του Ιανουαρίου 2020. Ως συνέπεια της διακοπής των συναλλαγών, σε ορισμένα κράτη μέλη παραγωγής όπως το Βέλγιο και η Γαλλία, δεν υπάρχουν πλέον προσφορές τιμών για ορισμένες πατάτες προς μεταποίηση, γεγονός που αποτελεί ένδειξη έντονης πτώσης του όγκου και της αξίας των συναλλαγών. Σε άλλα κράτη μέλη, όπως η Γερμανία και οι Κάτω Χώρες, έχουν καταγραφεί μειώσεις κατά 90 % των τιμών για τις πατάτες προς μεταποίηση. Επιπλέον, υπάρχουν επί του παρόντος μεγάλες ποσότητες πατάτας προς μεταποίηση που έχουν τεθεί σε αποθεματοποίηση. Εκτιμάται ότι τουλάχιστον 2 650 000 τόνοι πατάτας προς μεταποίηση (αξίας 400 εκατ. EUR) της περιόδου εμπορίας 2019 θα παραμείνουν στο απόθεμα μέχρι το τέλος της περιόδου εμπορίας 2020 τον Ιούλιο του 2020. Οι πατάτες προς μεταποίηση που συγκομίστηκαν τον Οκτώβριο/Νοέμβριο του 2019 και βρίσκονται ακόμη σε απόθεμα, σύντομα θα καταστούν ακατάλληλες για οποιαδήποτε χρήση λόγω της υποβάθμισης της ποιότητάς τους. Προκειμένου να υπάρξει χώρος για τις πατάτες προς μεταποίηση της περιόδου εμπορίας 2020, οι παραγωγοί θα πρέπει να καταστρέψουν το τμήμα των εναπομενόντων αποθεμάτων που δεν μπορούν να υποβληθούν σε μεταποίηση



εγκαίρως. Δεδομένου ότι οι παραγωγοί θα πρέπει να επωμιστούν το κόστος μεταφοράς και καταστροφής της παραγωγής, υπάρχει κίνδυνος οι πατάτες προς μεταποίηση να διασκορπιστούν στους αγρούς, ως ύστατη λύση. Ο διασκορπισμός στους αγρούς των πατατών προς μεταποίηση θα δημιουργήσει κίνδυνο μακροχρόνιων περιβαλλοντικών και φυτοϋγειονομικών επιπτώσεων, διότι οι εν λόγω πατάτες θα βλαστήσουν στις επόμενες καλλιέργειες και ενδέχεται να εμφανίσουν ασθένειες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν μακροχρόνια μόλυνση του εδάφους και να θέσουν σε κίνδυνο τις νέες φυτείες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Προκειμένου να βοηθηθούν οι παραγωγοί πατάτας να επιτύχουν κάποια ισορροπία κατά την περίοδο αυτή της σοβαρής ανισορροπίας της αγοράς, είναι σκόπιμο να επιτραπεί σε γεωργούς, ενώσεις γεωργών ή ενώσεις των εν λόγω ενώσεων, ή σε αναγνωρισμένες οργανώσεις παραγωγών, ενώσεις αναγνωρισμένων οργανώσεων παραγωγών και αναγνωρισμένες διεπαγγελματικές οργανώσεις να συνάπτουν συμφωνίες και να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τις πατάτες προς μεταποίηση σε προσωρινή βάση για περίοδο έξι μηνών. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν:

- i) τις αποσύρσεις από την αγορά και τη δωρεάν διανομή·
- ii) την επεξεργασία και τη μεταποίηση·
- iii) την αποθεματοποίηση·
- iv) την κοινή προώθηση· και
- v) τον προσωρινό προγραμματισμό της παραγωγής.

Οι συμφωνίες και αποφάσεις που αφορούν τις πατάτες προς μεταποίηση θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν:

- i) την απόσυρση των πατατών από την αγορά για τη μεθοδική καταστροφή των προϊόντων ή τη δωρεάν διανομή σε τράπεζες τροφίμων ή σε δημόσιους οργανισμούς·
- ii) τη μεταποίηση των πατατών για άλλους σκοπούς, όπως οι ζωοτροφές ή η παραγωγή για μεθανιοποίηση·
- iii) τη δημιουργία και την εξεύρεση δυναμικότητας αποθεματοποίησης και την προετοιμασία των πατατών για μεγαλύτερες περιόδους αποθεματοποίησης·
- iv) την προώθηση της κατανάλωσης μεταποιημένων προϊόντων πατάτας· και v) μέτρα προγραμματισμού για τη μείωση των όγκων για τις μελλοντικές φυτείες

και την προσαρμογή των υφιστάμενων συμβάσεων για τις πατάτες από την περίοδο εμπορίας 2020.

Η καλλιέργεια της πατάτας έχει μεγάλη σημασία παγκοσμίως (Horton 1992, Borba *et al*, 2008). Είναι η τέταρτη πιο σημαντική καλλιέργεια, μετά το ρύζι, το σιτάρι και το καλαμπόκι. Η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) είναι η τρίτη μεγαλύτερη καλλιέργεια στον κόσμο, μετά το ρύζι και το σιτάρι, όσον αφορά τον όγκο παραγωγής, με την παραγωγή κονδύλων να ξεπερνά 330 εκατομμύρια τόνοι. Η παγκόσμια παραγωγή πατάτας έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της αυξημένης καλλιέργειας στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η βελτίωση των ποικιλιών, οι σπόροι που χρησιμοποιήθηκαν και οι μέθοδοι καλλιέργειας οδήγησαν σε υψηλότερες αποδόσεις. Επιπλέον, η ζήτηση οφείλεται σε αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες σε πολλές χώρες, γεγονός που οδήγησε σε αυξημένη κατανάλωση προϊόντων με βάση την πατάτα με υψηλότερο βαθμό βιομηχανικής μεταποίησης (Borba *et al*, 2008).

Η καλλιέργεια πατάτας είναι μια σημαντική πηγή εισοδήματος για πολλούς αγρότες. Στην περιοχή των Άνδεων στη Νότια Αμερική είναι μία από τις λίγες εμπορικές καλλιέργειες που παράγονται από μικρούς αγρότες. Η πατάτα είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στους αγρότες στις ορεινές περιοχές του Βιετνάμ, οι οποίοι επωφελούνται από ευνοϊκές τιμές στην τοπική αγορά. Παράγουν πατάτα ως σοδειά, περιστρέφονται με ρύζι και καλαμπόκι. Εκεί, το εισόδημα που παράγεται από τις πατάτες είναι ίσο με αυτό του ρυζιού και είναι διπλάσιο από αυτό του καλαμποκιού και της γλυκοπατάτας (López Rivero *et al*, 2020).

Η πατάτα ευδοκimeί 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. Η καλλιέργεια της πατάτας γίνεται σε δύο περιόδους την εαρινή (ανοιξιάτικη) καλλιέργεια όπου η φύτευση αρχίζει το Νοέμβριο και τελειώνει αρχές Φεβρουαρίου και την φθινοπωρινή (χειμερινή) καλλιέργεια όπου φυτεύεται τον Ιούλιο/Αύγουστο μέχρι μέσα Οκτωβρίου και η συγκομιδή γίνεται το Νοέμβριο μέχρι τέλος Φεβρουαρίου του επόμενου χρόνου. Για επίτευξη καλύτερης παραγωγής και για λόγους φυτοϋγειονομικούς οι παραγωγοί πρέπει να χρησιμοποιούν πιστοποιημένο πατατόσπορο.

Η συγκομιδή της πατάτας γίνεται όταν οι κόνδυλοι ωριμάσουν εντελώς, (περίπου 90-130 ημέρες από τη φύτευση), οπότε τα φύλλα και οι βλαστοί μαραίνονται, κιτρινίζουν, ζαρώνουν, ξηραίνονται και πέφτουν τα φύλλα.

## **1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά- Βοτανική ταξινόμηση**

Η πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) ανήκει στην οικογένεια Solanaceae (στρυγνοειδών). Η οικογένεια Solanaceae περιλαμβάνει πάνω από 2000 είδη, από τα οποία μόνο τα 8 πλέον καλλιεργούνται.

- *Solanum stenotomum*
- *Solanum phureja*
- *Solanum ajanhuiri*
- *Solanum goniocalyx*
- *Solanum chaucha*
- *Solanum juzepczukii*
- *Solanum curtilobum*
- *Solanum tuberosum*
- Το τελευταίο είδος *Solanum tuberosum* είναι το πιο ευρέως γνωστό και καλλιεργούμενο είδος καθότι ευδοκίμει σε όλες τις κλιματικές ζώνες.

### 1.3 Συστηματική ταξινόμηση

**Βασίλειο:** Φυτά (Plantae)

**Συνομοταξία:** Αγγειόσπερμα (Angiosperms)

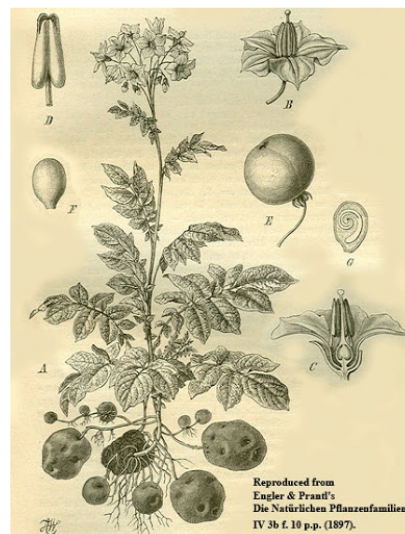
**Ομοταξία:** Δικοτυλήδονα (Magnoliopsida)

**Τάξη:** Στρυχνώδη (Solanales)

**Οικογένεια:** Στρυχνοειδή (Solanaceae)

**Γένος:** Στρύχον (Solanum)

**Είδος:** Στρύχον το κονδυλόριζον  
(*Solanum tuberosum* L.).

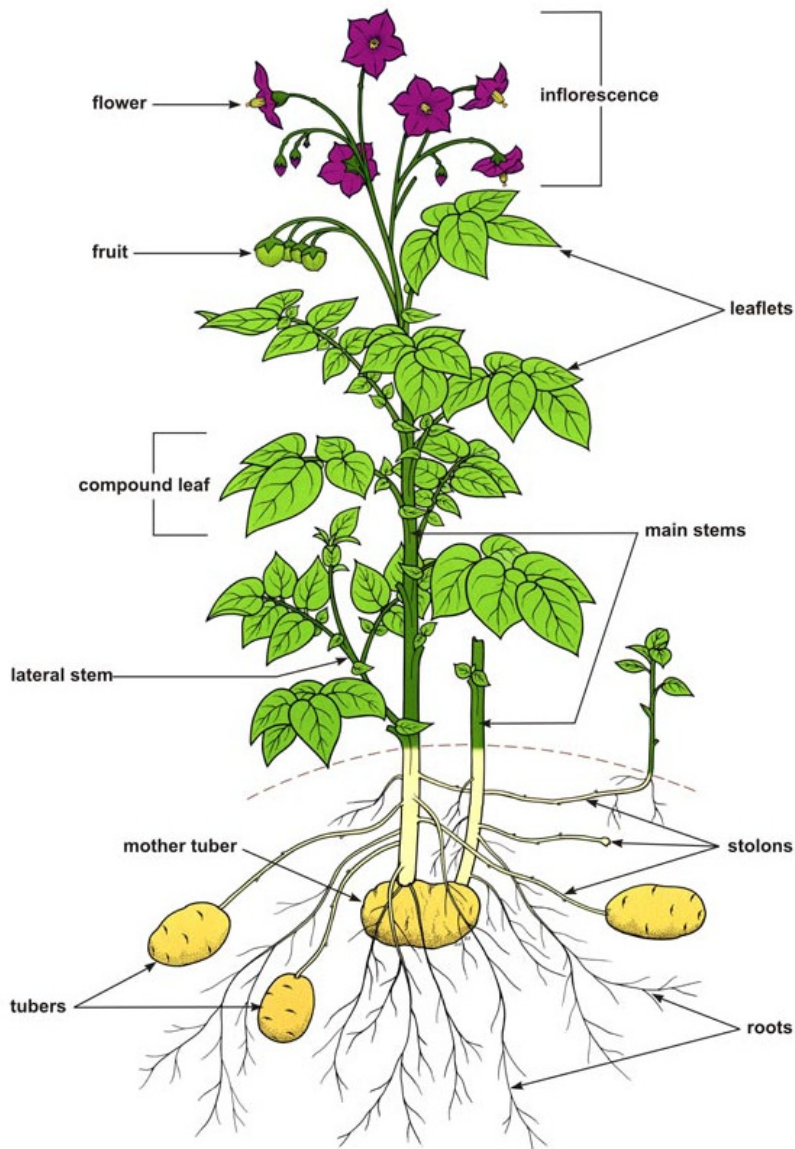


Στην οικογένεια Solanaceae εκτός από την καλλιεργούμενη πατάτα (*Solanum tuberosum* L.) ανήκουν τα κυριότερα καλλιεργούμενα κηπευτικά είδη (τομάτα, μελιτζάνα, πιπεριά, καπνός κ.α.). Το φυτό της πατάτας είναι ποώδες και ετήσιο με πλούσια και θαμνώδη ανάπτυξη, με βιολογικό κύκλο που κυμαίνεται από τρεις έως έξι μήνες λαμβάνοντας υπόψη και τις διαφορές που οφείλονται σε διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου φυτικού είδους. Το ύψος του μπορεί να κυμανθεί από τα 50 έως τα 80 cm. Ο πολλαπλασιασμός της πατάτας γίνεται αγενώς με ένα ή περισσότερους οφθαλμούς που φέρει ο κάθε κόνδυλος αναπτύσσοντας στο υπόγειο μέρος του φυτού μόνο δευτερογενείς ρίζες. Είναι ένα φυτό το οποίο έχει ανάγκες σε μεγάλη διάρκεια φωτοπεριόδου (14 ώρες/ μέρα) για την καλύτερη ανάπτυξη του και των κονδύλων του. Επίσης υπάρχουν και ποικιλίες όπου το ιδανικό της φωτοπεριόδου που είναι αναγκαίο ανέρχεται στις 24 ώρες.

### 1.4 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η πατάτα είναι ετήσιο, ποώδες φυτό, ύψους 50-80 cm, που στο υπόγειο τμήμα του σχηματίζονται εδώδιμοι κόνδυλοι, στους οποίους αποταμιεύονται οι αποθησαυριστικές ουσίες του φυτού (κυρίως άμυλο και μικρές ποσότητες ζαχάρου και πρωτεϊνών).

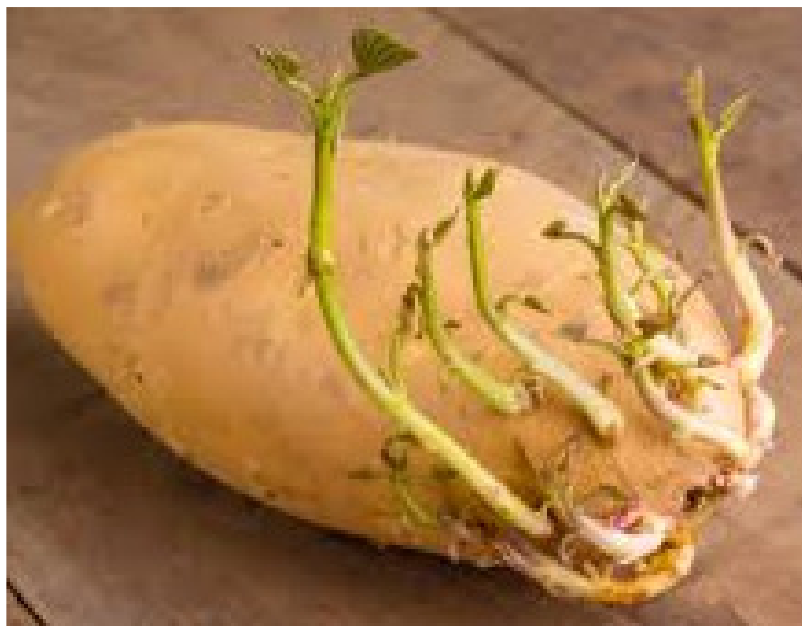
# The Potato Plant



## Φυτό πατάτας

**Βλαστοί** στέλεχος το φυτού μπορεί να έχει τριγωνική η τετραγωνική διατομή και αναπτύσσεται από τα φύτρα του κονδύλου, το οποίο διακλαδίζεται και ταυτόχρονα σχηματίζεται το υπόγειο μέρος του φυτού όπου εκπτύσσει στόλωνες και δημιουργούνται στην άκρη τους οι βλαστοκόνδυλοι.

## **Βλαστοί**



**Φύλλα:** Τα φύλλα είναι σύνθετα με επτά έως έντεκα φυλλίδια ελλειπτικά. Τα φύλλα αποτελούνται από έναν κεντρικό άξονα κατά μήκος του οποίου υπάρχουν ζεύγη έμμισχων φυλλαρίων και καταλήγει σε ένα φυλλάριο στην άκρη του φύλλου. Τα φυλλάρια είναι σχετικά μεγάλα με σχήμα ωοειδές και οξύληκτα.

## **Φύλλα**



**Άνθη:** Τα άνθη είναι πενταμερή με στεφάνη ιώδη ή υπόλευκη ή κίτρινη και συμπεταλή, φέρονται σε ταξιανθίες με άξονα μακρύ, ο οποίος αναπτύσσεται από τη μασχάλη του τελευταίου φύλλου έως τριακόσια σπέρματα. Τα άνθη του φυτού βρίσκονται στις επάκριες ταξιανθίες και έχουν μακριούς ποδίσκους. Κάθε άνθος έχει έναν κάλυκα, ο

οποίος έχει μία σωληνοειδή στεφάνη αποτελούμενη από πέντε πέταλα. Επίσης έχουν πέντε στήμονες με μία δίχωρη ωοθήκη και μακρύ στύλο. Το μέγεθος των ανθέων εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού και από την πιθανότητα γονιμότητας, όπου μπορεί να δώσει άνθη μεγέθους ένα έως δύο εκατοστά.

### Άνθη



**Ριζικό σύστημα:** Η πατάτα έχει ένα πλούσιο ριζικό σύστημα που στην αρχή της ανάπτυξης του είναι αβαθές διότι οι ρίζες του αναπτύσσονται οριζόντια σε μία ακτίνα 60 εκατοστών περιμετρικά του φυτού. Έχει παρατηρηθεί πως το βάθος του ριζικού συστήματος του φυτού μπορεί να φτάσει μέχρι και 2 m υπό ευνοϊκές εδαφολογικές συνθήκες. Επομένως σε πολύ συνεκτικά εδάφη η ρίζα του φυτού δεν έχει μεγάλη ικανότητα διείσδυσης και γι' αυτό κατά μέσο όρο καταλαμβάνει τα ανώτερα 25 cm του εδάφους που εκμεταλλεύεται. Να σημειωθεί πως όσο περισσότερο μεγαλώνουν και αναπτύσσονται τα φυτά, η πυκνότητα και το μέγεθος της ρίζας μειώνεται.

## Ριζικό σύστημα



**Κόνδυλοι:** Οι κόνδυλοι της πατάτας είναι τα αποθησαυριστικά όργανα που σχηματίζονται στην άκρη των στυλώνων που εκπτύσσονται και μεγαλώνουν στο υπόγειο μέρος του φυτού πριν την άνθισή του. Στους κόνδυλους μπορούμε να παρατηρήσουμε πως στην επιφάνειά τους υπάρχουν μικρές κοιλότητες οι λεγόμενοι οφθαλμοί, οι οποίοι είναι σύνθετοι. Αυτοί οι σύνθετοι οφθαλμοί αποτελούνται από έναν κύριο δύο τουλάχιστον δευτερεύοντες πλευρικούς προστατευόμενους από κάποια κατάλοιπα φύλλων τα οποία έχουν εκφυλιστεί. Οι οφθαλμοί αυτοί παραμένουν σε λήθαργο από δύο έως τρεις μήνες μετά την συγκομιδή τους. Το μέγεθος και το σχήμα των κόνδυλων εξαρτάται από την ποικιλία του φυτού καθώς επίσης το χρώμα της σάρκας και της επιδερμίδας.

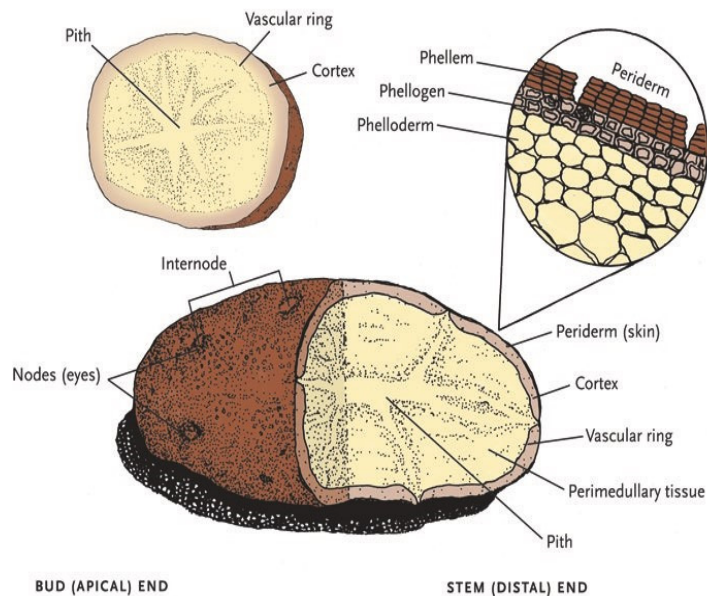


## Κόνδυλοι



Ο αριθμός των κονδύλων ποικίλει ανά φυτό και έτσι μπορούμε να συναντήσουμε από 2 έως 25 το ανώτερο, σχηματισμένοι την ίδια χρονική περίοδο χωρίς όμως να έχουν την ίδια ταχύτητα ανάπτυξης γι' αυτό και το μέγεθος τους στο ίδιο το φυτό είναι διαφορετικό χωρίς όμως να έχει διαφορά το πόσο κοντά είναι στον μητρικό κόνδυλο. Οι κύριες περιοχές στον ώριμο καρπό/κόνδυλο όπως παρατηρούνται από έξω προς τα μέσα είναι: 1) το περίδερμα, 2) ο φλοιός, 3) ο αγγειακός δακτύλιος, 4) το παρέγχυμα, και 5) η εντεριώνη.

## Κόνδυλω



Ο αριθμός των διαφόρων ποικιλιών πατάτας που καλλιεργούνται σε όλες τις ηπείρους φτάνει τις 3000, οι 700 από τις οποίες καλλιεργούνται κυρίως στην Ευρώπη. Στην

Ελλάδα καλλιεργούνται κυρίως τις ποικιλίες: Σπούντα, Λιζέτα, Λόλα, Τιμάτε, Σάρλοτ, Ντάιαμοντ, Νικόλα, Κάρα, Φιλέα, Ινόβα, Μάραπελ και σπάνια λίγες ακόμη ποικιλίες. Οι διάφορες ποικιλίες διαφοροποιούνται ως προς: τον καρπό, τη μορφολογία και τη χημική σύσταση του καρπού.

## 1.5 Τρόπος πολλαπλασιασμού

Η πατάτα πολλαπλασιάζεται εγγενώς με βοτανικό σπόρο και αγενώς, με κονδύλους (πατατόσπορος ή seedtuber) ή με μικροπολλαπλασιασμό (*in vitro*). Ο βοτανικός σπόρος της πατάτας χρησιμοποιείται κυρίως σε ερευνητικά ή βελτιωτικά προγράμματα για τη δημιουργία νέων ποικιλιών. Ο βοτανικός σπόρος παράγεται σε ράγες που συνήθως βρίσκονται πολλές μαζί σε ταξικαρπίες και κυμαίνονται από ελάχιστες έως και εκατοντάδες. Κάθε ράγα μπορεί να περιέχει μερικές εκατοντάδες σπόρους. Οι καλύτερες μέσες θερμοκρασίες για εκβλάστηση του Βοτανικού Σπόρου, είναι 15-20 °C. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος είναι ο αγενής πολλαπλασιασμός με κονδύλους σε όλες τις χώρες του κόσμου και ο λόγος που δεν χρησιμοποιείται ο εγγενής τρόπος είναι η ανομοιομορφία που υπάρχει ανάμεσα στους κονδύλους του φυτού. 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 φυτοϋγειονομικούς οι παραγωγοί πρέπει να χρησιμοποιούν πιστοποιημένο πατατόσπορο καταγωγής από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Κοινότητας ή ντόπιο πιστοποιημένο. Η χρήση του πατατόσπορου για τον πολλαπλασιασμό της πατάτας έχει καθιερωθεί παγκοσμίως, διότι προσφέρει ευκολία στη φύτευση και τη συγκομιδή των κονδύλων, η οποία πραγματοποιείται μηχανικά, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το εργατικό κόστος. Επιπλέον, τα φυτά αναπτύσσονται ταυτόχρονα και το παραγόμενο προϊόν χαρακτηρίζεται από ομοιομορφία και υψηλές αποδόσεις. Παρόλα τα πλεονεκτήματα της χρήσης του πατατόσπορου, η αγορά του είναι ακριβή και εκτοξεύει το κόστος της καλλιέργειας. Υπάρχει όμως και ένα μειονέκτημα που δυσκολεύει την καλλιέργεια της πατάτας με τον αγενή πολλαπλασιασμό. Αυτό είναι ο κίνδυνος της μετάδοσης ασθενειών (μυκητολογικών, βακτηριολογικών και ιολογικών) από τους

κονδύλους (πατατόσπορος) στα νέα φυτά. Έτσι λοιπόν, για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, οι κόνδυλοι που χρησιμοποιούνται για πολλαπλασιασμό προέρχονται από φυτά που έχουν αναπτυχθεί κάτω από αυστηρά μέτρα φυτοπροστασίας. Για να εξασφαλίσουμε γρήγορη και κανονική ανάπτυξη του φυτού, πρέπει ο πατατόσπορος να τοποθετείται σε ευνοϊκό περιβάλλον.

## **1.6 Κλιματολογικές συνθήκες**

Η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορες κλιματικές συνθήκες. Όμως για να έχουμε μία ικανοποιητική παραγωγή τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα προτιμώνται περιοχές με εύκρατο κλίμα και με σχετικά υψηλή υγρασία όπου οι θερμοκρασίες θα κυμαίνονται από 15 °C έως 20 °C. Όταν οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 29 °C, ο σχηματισμός των κονδύλων αναστέλλεται και αυτοί που έχουν ήδη σχηματιστεί δεν μπορούν να αυξήσουν τον όγκο τους. Αυτό γίνεται διότι στις υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται η αναπνοή των φυτών και μεγαλώνει η κατανάλωση των υδατανθράκων, με αποτέλεσμα να απομένει πολύ μικρή ποσότητα για αποθήκευση στο φυτό. Επίσης η ύπαρξη εδαφικής υγρασίας ευνοεί την παραγωγή των κονδύλων με άριστες αποδόσεις σε θερμοκρασία εδάφους και ατμόσφαιρας 17°C. Επομένως, σε περιόδους με υψηλές θερμοκρασίες (καλοκαίρι) το φυτό αναπτύσσει μόνο το υπέργειο μέρος του, χωρίς την ανάλογη ανάπτυξη των κονδύλων του, και παρόλο που η άνθιση και η καρποφορία ευνοούνται από μακρά φωτοπερίοδο, οι μεγαλύτερες αποδόσεις παίρνονται όταν το μήκος της μέρας δεν ξεπερνά τις 12 ώρες (φθινόπωρο). Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν, τις μεγάλες μέρες του έτους έχουμε ανάπτυξη του υπέργειου μέρους του φυτού ενώ κατά τις μικρές παίρνουμε μεγαλύτερες αποδόσεις στους κονδύλους. Είναι ένα φυτό που προσβάλλεται εύκολα από τους παγετούς και ευνοείται από αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία.

## **1.7 Προετοιμασία εδάφους**

Για να εγκαταστήσουμε μια καλλιέργεια πατάτας το έδαφος που χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να είναι ελαφρύ, καλά αεριζόμενο και καλά κατεργασμένο. Μία πατατοκαλλιέργεια έχει ευρύ φάσμα αντοχής στα εδάφη, αλλά για να έχουμε την μέγιστη απόδοση του φυτού, τα καταλληλότερα εδάφη είναι τα αμμο-πηλώδη και ιλυο-πηλώδη, πλούσια σε οργανική ουσία. Επίσης το φυτό δρα καλύτερα και αναπτύσσεται

σε όξινα εδάφη με pH που κυμαίνεται από 5 έως 6,5. Επιπλέον η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία, γι' αυτό και συνιστάται η εναλλαγή καλλιεργειών σε ένα σύστημα πολυετούς αμειψισποράς με σιτηρά ή ψυχανθή, η οποία μπορεί να μας δώσει πολύ καλές αποδόσεις.

## 1.8 Φύτευση



Απόσταση των κονδύλων επί της Πατατοφυτευτική μηχανή γραμμής

Οι πατατοφυτευτικές μηχανές εισάγουν τους κονδύλους με γραμμική μέθοδο ταυτόχρονα σε δύο ή περισσότερες σειρές στο έδαφος και παράλληλα εφαρμόζουν λίπανση δίπλα στις γραμμές φύτευσης σε περίπτωση που δεν έχει προηγηθεί η βασική. Οι αποστάσεις φύτευσης διαφοροποιούνται ανάλογα με τους τύπους του εδάφους που χρησιμοποιούνται και το μέγεθος του πατατόσπορου. Για παράδειγμα, σε αρκετά γόνιμα εδάφη με υψηλή υγρασία, η απόσταση των γραμμών θα κυμαίνεται από 60-90 cm και η απόσταση των κονδύλων επί της γραμμής από 25 έως 30 cm. Επίσης, το βάθος φύτευσης παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για το φυτό, διότι στα βαριά και συνεκτικά εδάφη οι κόνδυλοι τοποθετούνται πιο κοντά στην επιφάνεια (7-10 cm) για γίνει πιο εύκολο το φύτευμα, ενώ στα ελαφριά, το βάθος φύτευσης είναι από 12-15 cm.



Σπορά πατάτας

## 1.9 Άρδευση

Η πατάτα είναι ένα φυτό το οποίο είναι πολύ απαιτητικό σε νερό, για αυτό και αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες για την εξασφάλιση μίας αποδοτικότερης καλλιέργειας. Το νερό είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες για μια πετυχημένη και αποδοτική πατατοκαλλιέργεια. Η έλλειψη του νερού επηρεάζει την παραγωγή λόγω μείωσης της φωτοσύνθεσης, περιορίζει την ανάπτυξη της καλλιέργειας και επιταχύνει τη γήρανσή της. Στην καλλιέργεια πατάτας, η διαχείριση της υγρασίας, έχει μεγάλη σημασία για την παραγωγικότητα κατά τη συγκομιδή και για τον καθορισμό των καλύτερων χρόνων του έτους για φύτευση. Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε μεγαλύτερη διαπνοή των φυτών, γεγονός που αυξάνει τη ζήτηση νερού των φυτών. Αυτό θα προκαλέσει πίεση νερού σε πολλές από τις ξηρότερες περιοχές παραγωγής, προκαλώντας μείωση των αποδόσεων. Οι αποδόσεις θα μειωθούν περαιτέρω όταν δεν υπάρχει άρδευση. Η αναμενόμενη μείωση των αποδόσεων σε πολλές χώρες, ιδίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, θα φθάσει το 20-30%.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη αυξάνει τον κίνδυνο έκθεσης των πατατών στην ξηρασία. Οι ανάγκες σε νερό αυτού του φυτού της πατάτας εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία της πατάτας, η πρωιμότητα, ο χρόνος φύτευσης, η δομή του φυτού, η συμπαγής σύσταση του εδάφους ή η κατάλληλη γεωργική τεχνολογία. Υπό βέλτιστες συνθήκες άρδευσης, η πατάτα μπορεί να παράγει μεγάλο αριθμό κονδύλων υψηλής ποιότητας. Η έλλειψη βροχόπτωσης οδηγεί σε μείωση του

μεγέθους και επιδείνωση της ποιότητας απόδοσης της πατάτας. Οι απώλειες απόδοσης κονδύλων που προκύπτουν από ανεπάρκεια βροχόπτωσης κυμαίνονται από 10 έως 50%, και σε ορισμένες συνθήκες ακόμη και έως 70% (Nowacki 2018). Η βέλτιστη υγρασία του εδάφους, που εναλλάσσεται με έλλειψη νερού, προκαλεί επίσης επιδείνωση της ποιότητας των κονδύλων που εκδηλώνεται από την παραμόρφωση των κονδύλων. Η θερμοκρασία της νύχτας έχει καθοριστική επίδραση στο σχηματισμό αμύλου στους κονδύλους, με το ιδανικό να είναι 15 έως 18 °C. Όταν αυτή η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 22 °C, η υγρασία στο έδαφος μειώνεται. Οι κλιματολογικές συνθήκες για την καλλιέργεια της πατάτας βελτιώνονται λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών σε ορεινές περιοχές. Αυτή η εύνοια αποδίδει και οδηγεί σε επέκταση της παραγωγής προς περιοχές υψηλότερου και υψηλότερου γεωγραφικού πλάτους. Σε ορισμένες περιοχές, οι πατάτες μπορούν να καλλιεργηθούν ως χειμερινή καλλιέργεια (López Rivero *et al*, 2020). Τα κριτήρια τα οποία καθορίζουν τις ανάγκες του φυτού σε νερό είναι τα εξής: οι κλιματολογικές συνθήκες, η εποχή, το έδαφος, η λίπανση, η πυκνότητα των φυτών, η ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξής του, που είναι και το κυριότερο. Κατά τη φύτευση το έδαφος θα πρέπει να βρίσκεται στο ρώγο του. Η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει ακανόνιστο και καθυστερημένο φύτρωμα, καθώς και μείωση του αριθμού στελεχών ανά φυτό. Μετά τη φύτευση και πριν το φύτρωμα ο πατατόσπορος δεν πρέπει να βρίσκεται σε πολύ υγρό έδαφος γιατί υπάρχει κίνδυνος να σαπίσει. Στην περίοδο διόγκωσης των κονδύλων η καλλιέργεια έχει ανάγκη από άφθονο νερό για μεγάλη και καλής ποιότητας παραγωγή. Η άρδευση μπορεί να γίνει με αυλάκια ή με τεχνητή βροχή. Στο στάδιο της ωρίμανσης η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει πολύ μικρές επιδράσεις, έως και μηδενικές. Επομένως, από το στάδιο της ωρίμανσης και έπειτα, μέχρι και πριν το στάδιο της συγκομιδής, η ποσότητα της άρδευσης μπορεί να μειωθεί αλλά σε πολύ μικρό βαθμό.

### ***Μέθοδοι ποτίσματος***

- **Άρδευση με κατάκλιση:** Είναι μία μέθοδος άρδευσης με μικρό κόστος επένδυσης. Ένα πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα συγκέντρωσης μεγάλης ποσότητας νερού στο έδαφος, χωρίς να διαβρέχει τα φύλλα, με αποτέλεσμα την μείωση προσβολής του περονόσπορου. Όμως, αυτή η μέθοδος έχει και ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα,



το οποίο είναι η ανικανότητα άρδευσης σε μικρές δόσεις, κάτι το οποίο χρειάζεται το φυτό στην αρχή της ανάπτυξής του



Άρδευση με κατάκλιση

Άρδευση με καταιονισμό

Στάγδην άρδευση

- **Άρδευση με καταιονισμό:** Με τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούμε καταιονιστήρες (μπεκ) διαφόρων τύπων.
- **Στάγδην άρδευση:** Το σύστημα της στάγδην άρδευσης εφαρμόζεται κυρίως σε καλλιέργειες με εδαφοκάλυψη.

## 1.10 Συγκομιδή

Ο τρόπος με το οποίο συγκομίζονται οι κόνδυλοι μίας καλλιέργειας πατάτας, καθώς και η κατάλληλη χρονική στιγμή που θα συγκομιστούν, εξαρτάται κυρίως από το στάδιο ωρίμανσης των κονδύλων (90-130 μέρες), την πρωιμότητα της ποικιλίας και τέλος, την εμπορική ιδιότητα του προϊόντος (chips, οικιακή χρήση). επίσης, από τα παραπάνω κριτήρια επηρεάζεται άμεσα και η εμπορική του αξία. Επομένως μια καλή πρακτική για να βελτιωθεί η εμπορική αξία των κονδύλων είναι η καταστροφή του υπέργειου μέρους του φυτού και η παύση των ποτισμάτων 10 ημέρες πριν τη συγκομιδή με αποτέλεσμα την σκλήρυνση της επιδερμίδας τους χωρίς να ξεφλουδίζεται με το χέρι και την καλύτερη διατήρησή τους στο στάδιο της αποθήκευσης.



### Συλλογή των κονδύλων

Η συλλογή των κονδύλων από το έδαφος γίνεται είτε με το χέρι, είτε μηχανικά (πατατοεξαγωγέας), που είναι και ο πιο διαδεδομένος τρόπος στην Ελλάδα. Στην συνέχεια γίνεται μία πρώτη διαλογή στο χωράφι από εργάτες όπου διαχωρίζονται οι κόνδυλοι από ξένες ύλες (φύλλα, χώματα) και αποθηκεύονται σε πλαστικά τελάρα. Έπειτα οδηγούνται στο συσκευαστήριο για μία δεύτερη και πιο εξειδικευμένη διαλογή ώστε να γίνει η εξαγωγή τους στο εμπόριο για κατανάλωση.



## Κεφάλαιο 2

### 2 Ζιζάνια

Τα ζιζάνια είναι φυτά που φυτρώνουν και αναπτύσσονται εκεί που δεν είναι επιθυμητά με αποτέλεσμα να ανταγωνίζονται τις καλλιέργειες μειώνοντας τις αποδόσεις. Τα ζιζάνια είναι τα αυτοφυή φυτά που φυτρώνουν και αναπτύσσονται μόνα τους σε μια καλλιέργεια, με αποτέλεσμα τον ανταγωνισμό αυτών με τα καλλιεργούμενα φυτά. Με τον τρόπο αυτό στερούν από τα φυτά τα θρεπτικά στοιχεία και το νερό με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής. Τα ζιζάνια είναι από την φύση τους ισχυροί ανταγωνιστές, αφού διαθέτουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τα κάνουν να πλεονεκτούν και να κυριαρχούν στα αγροοικοσυστήματα σε βάρος των καλλιεργούμενων φυτών. Μερικά από τα χαρακτηριστικά που ενισχύουν τον ισχυρά ανταγωνιστικό χαρακτήρα των ζιζανίων είναι η μεγάλη ικανότητα σποροποίησης, το πλούσιο και δυνατό ριζικό τους σύστημα, η ικανότητα που διαθέτουν οι σπόροι τους σε διάφορα περιβάλλοντα, ακόμα και σε αντίξοες συνθήκες, η ικανότητα αγενούς πολλαπλασιασμού και διασποράς, η μεγάλη προσαρμοστικότητα και ανταγωνιστική ικανότητα. Σαν αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, τα ζιζάνια ικανοποιούν πρώτα τις ανάγκες τους σε θρεπτικά στοιχεία, υγρασία και φως. Τα ζιζάνια συγκαταλέγονται μεταξύ των σπουδαιότερων εχθρών των καλλιεργούμενων φυτών και σε πολλές περιπτώσεις προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες στην παραγωγή μειώνοντας σημαντικά τις αποδόσεις αλλά και υποβαθμίζοντας την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Τα ζιζάνια, ανάλογα με τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, διακρίνονται σε ετήσια, διετή και πολυετή. Τα ετήσια με τη σειρά τους διακρίνονται σε χειμερινά και εαρινά.

#### 2.1 Ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια

Είναι γνωστό ότι καμιά καλλιέργεια δεν μπορεί να αναπτυχθεί κανονικά και να αποδώσει ικανοποιητικά εκεί που υπάρχουν και μεγαλώνουν πολλά ζιζάνια. Τα ζιζάνια προκαλούν ζημιές στα καλλιεργούμενα φυτά, στα φυσικά λιβάδια (εξάπλωση δηλητηριωδών ζιζανίων ή ζιζανίων με ασήμαντη θρεπτική αξία), στον άνθρωπο (αλλεργίες, δηλητηριάσεις), όσο και στα ζώα (δηλητηριάσεις). Μεγαλύτερη σπουδαιότητα αποδίδεται στις ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια κυρίως στα

καλλιεργούμενα φυτά, εξαιτίας του ανταγωνισμού μεταξύ τους για θρεπτικά στοιχεία, νερό, φως και χώρο. Αποτέλεσμα του ανταγωνισμού μεταξύ ζιζανίων και καλλιεργούμενων φυτών, είναι η μειωμένη ανάπτυξη των δεύτερων και συνεπώς, η υποβάθμιση της ποιότητας της καλλιέργειας και η μείωση της παραγωγής. Η ζημία από τα ζιζάνια στην απόδοση εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας. Οι ζημιές που προκαλούν τα ζιζάνια είναι η μείωση της ποιότητας, η μείωση των αποδόσεων, και η αύξηση του κόστους παραγωγής. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση της ζημιάς των καλλιεργούμενων φυτών είναι το είδος του ζιζανίου, η πυκνότητα του ζιζανιοπληθυσμού, η ομοιομορφία κατανομής των ζιζανίων, ο χρόνος εμφάνισης και παραμονής των ζιζανίων, το είδος, η ποικιλία, και η πυκνότητα του καλλιεργούμενου φυτού, ο τύπος του εδάφους, καθώς και οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και νερό.

## **2.2 Θετικές επιδράσεις ζιζανίων**

Οι θετικές επιδράσεις των ζιζανίων είναι η αύξηση της γονιμότητας του εδάφους εξαιτίας της υπολειματικότητας σε φυτικά μέρη (ρίζες, φύλλα, βλαστούς), ο εμπόδισμός της διάβρωσης του εδάφους εξαιτίας του νερού σε περιοχές που το έδαφος έχει κάποια κλίση. Οι ωφέλειες των ζιζανίων είναι η οικολογική ισορροπία, διότι προστατεύουν από τη διάβρωση, συντελούν στη γονιμότητα του αγροοικοσυστήματος, αποτελούν πηγή γενετικού υλικού. Συντελούν στην αύξηση της οργανικής ουσίας του αζώτου στη γεωργική εκμετάλλευση. Φιλοξενούν πολλούς ωφέλιμους οργανισμούς, αρπακτικά και παράσιτα, που μετακινούνται στις φυτείες και συντελούν στον περιορισμό των εχθρών.

### **Κυριότερα ζιζάνια στην καλλιέργεια της πατάτας**

Η καλλιέργεια της πατάτας είναι ευαίσθητη στα ζιζάνια κυρίως λόγω του ανταγωνισμού που αναπτύσσεται στα αρχικά στάδια ανάπτυξης.

Τα ζιζάνια προκαλούν απώλειες στην απόδοση της πατάτας και την ποιότητα των κονδύλων με τον ανταγωνισμό για το φως, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά. παρεμβαίνοντας στη συγκομιδή και με τη φιλοξενία ασθενειών, εντόμων και νηματωδών.

Τα ζιζάνια έχουν αρνητική επίδραση στην καλλιέργεια της πατάτας γιατί ανταγωνίζονται την καλλιέργεια σε φως, νερό, θρεπτικά στοιχεία και αποτελούν κύριους ξενιστές για έντομα και ασθένειες. Τα ζιζάνια που εμφανίζονται πριν από το φύτευμα της πατάτας είναι περισσότερο επιζήμια για την καλλιέργεια επιδρώντας στην ποσότητα και την ποιότητα της σοδειάς ενώ παράλληλα έχουν αρνητική επίδραση στον αριθμό των σχηματιζόμενων κονδύλων αλλά και το μέγεθός τους. Η αναγνώριση και καταγραφή των ζιζανίων αποτελούν τα πρώτα βήματα για την εξεύρεση κατάλληλων πρακτικών για την αποτελεσματική διαχείρισή τους. Στη διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη, επίσης, η μελέτη βασικών στοιχείων της βιολογίας των ζιζανίων, τα οποία επιτρέπουν την αξιολόγηση της σπουδαιότητας των ειδών και επιπλέον μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την παρουσία ή απουσία ζιζανίων και την επίδραση παραμέτρων του αβιοτικού περιβάλλοντος (έδαφος, κλίμα) στην εμφάνισή τους και στη συχνότητα παρουσίας τους.

Ο αριθμός και οι πυκνότητες των ειδών των ζιζανίων στην πατάτα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά από μια γεωργική εκμετάλλευση σε μια άλλη, ακόμα και αν οι γεωργικές εκμεταλλεύσεις βρίσκονται σε κοντινή απόσταση ή και εάν το πρόγραμμα διαχείρισης των ζιζανίων, οι καλλιέργειες αμειψισποράς κ.λπ., είναι παρόμοιες (Hutchinson, 2020).



Τα ζιζάνια της εικόνας ανταγωνίζονται με την καλλιέργεια πατάτας για το φως, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά και είναι τα εξής: α) βλίτα, και β) ένα μείγμα από αγριοτοματιά, βλίτο, τραχύ βλίτο πλαγιαστό σε μια καλλιέργεια πατάτας

Τα ζιζάνια λόγω ανταγωνισμού μπορεί να προκαλέσουν σημαντική μείωση, ποσοτική και ποιοτική, της παραγωγής κονδύλων σε μια καλλιέργεια πατάτας, ιδιαίτερα εκείνα που αναπτύσσονται κατά την περίοδο μεταξύ της 3ης και 6ης εβδομάδας από το φύτεμα της καλλιέργειας. Τα πλατύφυλλα ανήκουν στην κλάση των δικοτυλήδων. Αυτό σημαίνει ότι κατά το φύτεμα τους έχουμε εμφάνιση δυο κοτυληδόνων που με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους βοηθούν να αναγνωρίζεται από νωρίς ένα είδος.

Πλατύφυλλα ζιζάνια καλλιέργειας πατάτας είναι:

Αγριοτοματιά (*Solanum nigrum*), Αγριομελιτζάνα (*Xanthium strumarium*), Βλίτο (*Amaranthus retroflexus*), Λουβουδιά (*Chenopodium album*), Κύπερη (*Cyperus spp.*), Περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis*), Πολύγωνο αμφίβιο (*Persicaria amphibia*), Κολλητσίδα (*Gallium aparine*), Πολυκόμπι (*Polygonum aviculare*), Αλογουρά (*Equisetum spp.*), Σινάπι (*Sinapis spp.*)

#### **Αγριομελιτζάνα *Xanthium strumarium***



Η Αγριομελιτζάνα είναι ένα από τα δυσκολοεξόντωτα ζιζάνια. Πολλαπλασιάζεται με σπόρο που φυτρώνει νωρίς την άνοιξη και συνεχίζεται καλοκαίρι - φθινόπωρο. Διατηρεί τη βιωσιμότητά του για πολλά χρόνια.

#### **Λουβουδιά *Chenopodium album***



Η λουβουδιά είναι ετήσιο, μονόικο, ζιζάνιο που παράγει σπόρους με ισχυρή πασσαλώδη ρίζα. Εμφανίζεται σχεδόν σε όλα τα εδάφη. Η περίοδος φυτώματος είναι αργά την άνοιξη έως το φθινόπωρο. Η μεγάλη πράσινη βιομάζα του μπορεί να προκαλέσει προβλήματα συγκομιδής. Η λουβουδιά μπορεί να αναπτύξει ανθεκτικούς βιότυπους.

#### **Βλίτο *Amaranthus retroflexus***



Το βλίτο είναι πολύ συνηθισμένο δικοτυλήδονο ζιζάνιο στους αγρούς που καλλιεργείται η πατάτα. Μπορεί να αναπτύξει ανθεκτικές φυλές και έτσι μπορεί να είναι επικίνδυνο και προβληματικό στον έλεγχο. Υπάρχουν κάποια άλλα είδη βλίτων, όπως το ψηλό βλίτο, αλλά παντού απαντάται κυρίως το τραχύ βλίτο. Το ζιζάνιο είναι



ένα χαρακτηριστικό ζιζάνιο που εμφανίζεται αργά το καλοκαίρι. Μπορεί να γίνει πολύ υψηλό, έως 1.5 μ και να αναπτύξει πολύ μεγάλη πράσινη βιομάζα. Ανταγωνίζεται πολύ την καλλιέργεια για το νερό και το άζωτο.

### **Κύπερη *Cyperus rotundus***



Η Κύπερη είναι πορφυρή κύπερη που ανήκει στα 10 χειρότερα ζιζάνια παγκόσμια. Πολλαπλασιάζεται κύριος με κονδύλους και σπανιότερα με σπόρο.

### **Περικοκλάδα *Convolvulus arvensis***



Η Περικοκλάδα είναι πολυετές ζιζάνιο των χειμερινών και ανοιξιάτικων φυτών μεγάλης καλλιέργειας. Αναπτύσσεται την άνοιξη και ανθίζει από Ιούνιο μέχρι

Αύγουστο. Οι σπόροι έχουν λήθαργο που διαρκεί λίγους μήνες έως και 3 χρόνια, θεωρείται από τα πιο επιβλαβή και δυσκολοεξόντωτα ζιζάνια.

### **Αγρωστώδη ζιζάνια**

Τα ετήσια ζιζάνια που αναπτύσσονται συχνά στην πατατοκαλλιέργεια είναι εκείνα που εμφανίζονται στα τέλη του χειμώνα και την άνοιξη. Τα αγρωστώδη είναι η μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*), η σετάρια (*Setaria spp.*), και ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*). Στα τέλη του χειμώνα πέρα απ' τα σταυρανθή και σύνθετα αναπτύσσονται και ορισμένα αγρωστώδη όπως: *Avena fatua* (αγριοβρώμη) και *Lolium spp* (ήρα).

### **Μουχρίτσα *Echinochloa crus-galli***



Μουχρίτσα είναι ετήσιο μονοκοτυλήδονο αγρωστώδες. Προτιμά υγρά εδάφη με υψηλό επίπεδο θρεπτικών στοιχείων. Εξαπλώνεται στους αγρούς πατάτας. Το ζιζάνιο είναι πολύ ανταγωνιστικό για τα θρεπτικά στοιχεία και μπορεί να καταστείλει την ανάπτυξη ποικιλιών πατάτας, οι οποίες έχουν μικρό φύλλωμα στη βλαστική περίοδο. Αυτό το ζιζάνιο προκαλεί μερικές φορές προβλήματα στους αγρούς πατάτας. Σε περίπτωση πολύ μεγάλης εξάπλωσης ο έλεγχος στον αγρό χωρίς καλλιέργεια μπορεί να είναι απαραίτητος.

**Βέλιουρας (*Sorghum halpense*) - Οικ. Poaceae (πολυετές)**



Ο Βέλιουρας ανήκει στα πιο βλαβερά ζιζάνια παγκόσμια. Πολλαπλασιάζεται με ριζώματα και σπόρο κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του θέρους.



## **Κεφάλαιο 3**

### **3. Διαχείριση ζιζανίων**

#### **3.1 Μέθοδοι αντιμετώπισης**

Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι αντιμετώπισης ζιζανίων είναι:

##### **Προληπτικά μέτρα**

Τα προληπτικά μέτρα αναφέρονται ουσιαστικά στις έμμεσες μεθόδους διαχείρισης των ζιζανίων. Προληπτικά μέτρα είναι η χρησιμοποίηση πιστοποιημένου σπόρου σποράς, κοπριάς και λοιπών υλικών απαλλαγμένα από σπόρους ή όργανα αγενούς αναπαραγωγής των ζιζανίων. Επιπλέον θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην υγιεινή του χρησιμοποιημένου σπόρου και των μηχανημάτων ώστε να αποφεύγεται η επιμόλυνση και η αύξηση του φορτίου της τράπεζας σπόρων των ζιζανίων στο έδαφος.

##### **Βοτάνισμα**

Η πιο αρχαία τεχνική ελέγχου των ζιζανίων είναι το βοτάνισμα. Είναι η παλιότερη τεχνική που χρησιμοποιείται και τα ζιζάνια αφαιρούνται με το χέρι στην αρχή και αργότερα με την πρόοδο της τεχνολογίας με τσάπες, σκαλιστήρια και τσουγκράνες. Το εργατικό κόστος της χειρωνακτικής απομάκρυνσης των ζιζανίων ανεβάζει το κόστος παραγωγής.

##### **Μηχανικοί τρόποι διαχείρισης ζιζανίων**

Με αυτήν την μέθοδο χρησιμοποιούνται σύγχρονα μηχανήματα όπως τα άροτρα, καλλιεργητές και φρέζες. Οι μηχανικοί τρόποι αντιμετώπισης των ζιζανίων περιλαμβάνουν μεθόδους, όπως το κόψιμο και τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων (φρέζα, άροτρο, καλλιεργητής). Η αποτελεσματικότητα της άμεσης αυτής παρέμβασης στα ζιζάνια, εξαρτάται από το τύπο του εδάφους και την υγρασία του, τη σύνθεση της ζιζανιοχλωρίδας και τη σχέση της με την καλλιέργεια. Η χρήση της φρέζας βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στην διαχείριση ζιζανίων μεταξύ των γραμμών των λαχανοκομικών καλλιεργειών και στις δενδρώδεις καλλιέργειες.

##### **Εναλλαγή καλλιεργειών (Αμειψισπορά)**

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εναλλαγή φυτών με διαφορετικά χαρακτηριστικά στον ίδιο αγρό. Οσωστός σχεδιασμός ενός συστήματος εναλλαγής καλλιεργειών οι οποίες μπορούν να ανταγωνιστούν τα ζιζάνια και να έχουν αλληλοπαθητική δράση, δημιουργούν ένα περιβάλλον που δεν είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη και εξάπλωση των ζιζανίων.

### **Καύση ζιζανίων**

Αποτελεί παλιά μέθοδο που σε άλλες χώρες γίνεται με ειδικούς καυστήρες και χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση ετήσιων ζιζανίων σε γραμμικές καλλιέργειες.

### **Βιολογική καταπολέμηση**

Σαν βιολογική μέθοδος διαχείρισης των ζιζανίων μπορεί να χαρακτηριστεί και η χρήση άλλων καλλιεργούμενων φυτών που έχουν την ικανότητα να εκκρίνουν ουσίες στο περιβάλλοντα χώρο και να δυσχεραίνουν την ανάπτυξη των ζιζανίων.

Η βιολογική μέθοδος διαχείρισης των ζιζανίων συνίσταται στη χρήση μικροοργανισμών, τα οποία εφαρμόζονται όπως και τα συνθετικά ζιζανιοκτόνα με ψεκασμό. Για την καταπολέμηση των ζιζανίων με αυτή την μέθοδο, χρησιμοποιούμε φυσικούς εχθρούς τους που μπορεί να είναι έντομα, μύκητες και διάφορα ζώα όπως πάπιες, πρόβατα, βοοειδή, ακόμα και ψάρια. Οι εχθροί αυτοί των ζιζανίων πριν από την χρήση τους πρέπει να εξετάζονται διεξοδικά έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε ότι οι δράσεις τους περιορίζονται μόνο στα ζιζάνια και δεν προκαλούν προβλήματα στην καλλιέργεια μας.

### **Χημική καταπολέμηση**

Η χρησιμοποίηση των χημικών μέσων καταπολέμησης ζιζανίων αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προόδους στη βελτίωση των καλλιεργητικών φροντίδων και στη μείωση του κόστους παραγωγής. Το μικρό κόστος καταπολέμησης των ζιζανίων με τη χρησιμοποίηση της χημικής μεθόδου, η ευκολία εφαρμογής των ζιζανιοκτόνων και η συνεχής ελάττωση των διαθέσιμων εργατικών χεριών συντέειναν στη γρήγορη εξάπλωση αυτής της μεθόδου. Ο βιολογικός κύκλος των περισσότερων ζιζανίων είναι μικρός και σε θερμά κλίματα δεν είναι μεγαλύτερος από 6 εβδομάδες από τη βλάστηση μέχρι την άνθηση. Μπορεί να παραχθεί μεγάλος αριθμός σπόρων από ένα μόνο φυτό,

συνήθως περισσότεροι από 2.000, και αποτελεσματικοί μηχανισμοί διασποράς μπορούν να εξασφαλίσουν τη γρήγορη διάδοση του ζιζανίου. Μια άλλη διάσταση των ζιζανίων είναι η ικανότητα τους να επιβιώνουν. Πολλά από αυτά βρίσκονται σε λήθαργο για μεγάλες περιόδους πριν αναδυθούν με την εμφάνιση των ευνοϊκών συνθηκών. Τα καλλιεργούμενα φυτά που εξασθενούν από τον ανταγωνισμό των ζιζανίων είναι περισσότερο ευάλωτα στην επίθεση από εχθρούς και ασθένειες.

### **Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση**

Είναι ένα σύστημα αντιμετώπισης των ζιζανίων και ελέγχου του πληθυσμού τους με τη συνδυασμένη εφαρμογή διαφόρων μεθόδων αντιμετώπισης: προληπτικά και καλλιεργητικά μέτρα και μηχανικές, βιολογικές και χημικές μεθόδους

### **3.2 Σύγχρονες τάσεις στην αντιμετώπιση των ζιζανίων**

Ο Graham Brodie (2018) στην εργασία του “*Η χρήση της φυσικής στον έλεγχο ζιζανίων*” περιέγραψε τρόπους αντιμετώπισης ζιζανίων χωρίς την χρήση ζιζανιοκτόνων με τους παρακάτω τρόπους: καύση, χρήση ατμού, ηλεκτροπληξία, εφαρμογή ακτινοβολίας, εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας, χρήση λέιζερ, ρομποτικής και χρήση τεχνικών ελέγχου λειαντικών ζιζανίων.

### **Θερμοδυναμικός έλεγχος ζιζανίων**

Η θερμοδυναμική προβλέπει ότι η ενέργεια, με τη μορφή θερμότητας, κινείται κατά μήκος της κλίσης της θερμοκρασίας έως ότου όλες οι χωρικές συντεταγμένες φτάσουν σε ισορροπία. Εξ ορισμού, η ισορροπία επιτυγχάνεται όταν η κλίση θερμοκρασίας εξαφανίζεται από το σύστημα. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω αγωγής, μεταφοράς και ακτινοβολίας. Η αγωγιμότητα είναι η μεταφορά θερμότητας μεταξύ στερεών / στερεών διεπαφών και εντός στερεών. Η συναγωγή είναι η μεταφορά θερμότητας μεταξύ ενός αντικειμένου και του περιβάλλοντος λόγω της κίνησης ρευστού, δηλαδή μιας διασύνδεσης αερίου ή υγρού με ένα στερεό. Η ακτινοβολία είναι η μεταφορά θερμότητας μεταξύ σωμάτων μέσω της εκπομπής και της απορρόφησης της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας, χωρίς την ανάγκη για μια διεπαφή υγρού (δηλαδή, ως καθαρά χωρικό φαινόμενο).

## **Καύση (Flaming)**

Η καύση του ζιζανίου είναι η πιο συχνή μέθοδος καταπολέμησης ζιζανίων. Η καύση (Flaming) ελέγχει ένα ευρύ φάσμα ειδών ζιζανίων, μερικά από τα οποία είναι ανεκτικά ή ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα (Ascard, 1994). Το κάψιμο των ζιζανίων το οποίο δεν αφήνει επιβλαβή υπολείμματα στο περιβάλλον είναι μια εφαρμογή δύσκολη λόγω του υψηλού κόστους των καυστήρων που χρησιμοποιούνται για τη καύση των ζιζανίων και του κινδύνου για φωτιά. Ο Ascard (1994) αναφέρει ότι το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται το ζιζάνιο κατά την εφαρμογή της θερμικής μεθόδου καθορίζει την ευαισθησία του στη θερμότητα, με περισσότερο ευαίσθητα τα μικρά ζιζάνια σε σχέση με τα μεγάλα. Επιπλέον το είδος των ζιζανίων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή της μεθόδου. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου θα πρέπει επίσης, να λαμβάνεται υπόψη και το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας.



## **Επεξεργασία με ατμό (Steam Treatment)**

Ο έλεγχος ζιζανίων με βάση τον ατμό είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική μέθοδος διαχείρισης των ζιζανίων και έχει λάβει μεγάλο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Ο ατμός του εδάφους είναι μια προληπτική μη χημική μέθοδος ελέγχου ζιζανίων. Η πιο κοινή και απλή εφαρμογή ατμού είναι ο ατμός στα φύλλα. Η επεξεργασία με ατμό (Steam Treatment) περιλαμβάνει την κάλυψη του εδάφους με μια θερμικά ανθεκτική μεμβράνη, η οποία σφραγίζεται στις άκρες. Ο ατμός, ο οποίος αντλείται κάτω από το φύλλο, διεισδύει στην επιφάνεια του εδάφους για να καταπολεμήσει τα ζιζάνια και τους σπόρους τους (Gay *et al*, 2010). Μια φορητή

επιλογή είναι να χρησιμοποιηθεί μια μικρή κεφαλή εφαρμογέα με κουκούλα, συνδεδεμένη σε πηγή ατμού μέσω σωλήνα και να εφαρμόζει τον κορεσμένο ατμό στην επιφάνεια του εδάφους (Gay *et al* 2010). Οι Raffaelli *et al*, (2016) ανέπτυξε ένα σύστημα ατμού, μια νέα πρωτότυπη μηχανή ατμού μάντας για επιτόπια εφαρμογή. Οι δοκιμές διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια καλλιέργειας καρότου βιολογικής καλλιέργειας σε πραγματικές συνθήκες, προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση διαφορετικών δόσεων ατμού στις καλλιέργειες και σε μια φυσική όχθη ζιζανίων, καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξης. Το πρωτότυπο διέθετε γεννήτρια ατμού. Ο ατμός αναμίχθηκε με το έδαφος μέσω ενός εναλλακτικού περιστροφικού καλλιεργητή. Με βάση τα πειραματικά δεδομένα, αξιολογήθηκε ένα οικονομικό περιθώριο για να βρεθεί η βέλτιστη δόση εφαρμογής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρατηρήθηκε μέγιστη θερμοκρασία 63 °C σε βάθος 25 mm με δόση ατμού 2,78 kg m<sup>-2</sup>. Υπάρχουν μελέτες οι οποίες καθορίζουν τη θερμική μέθοδο ως μία εναλλακτική για τη διαχείριση των ζιζανίων σε καλλιέργειες κηπευτικών (Ascard, 1995; Wszelaki *et al*, 2007).

Ενώ η επεξεργασία ατμού είναι αποτελεσματική στη νέκρωση ζιζανίων και μπορεί να επιτύχει κάποια απολύμανση του εδάφους (Gay *et al*, 2010), απαιτεί σημαντική ενεργειακή επένδυση για τη δημιουργία ατμού. Αυτό οφείλεται εν μέρει στους εγγενείς περιορισμούς της μεταφοράς θερμότητας. Ο θερμικός έλεγχος της θερμότητας ζιζανίων εξαρτάται από τη μεταφορά θερμότητας από ένα ζεστό υγρό (αέρα, νερό ή ατμό) στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις με ζιζάνια. Μια σημαντική συνέπεια αυτής της εξάρτησης από τη θερμοκρασία είναι ότι η μεταφορά θερμότητας μειώνεται γρήγορα καθώς η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αντικειμένου και του περιβάλλοντος μεταβάλλεται. Επομένως, η αποτελεσματικότητα του θερμικού ελέγχου ζιζανίων περιορίζεται από το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας στα φυτά. Θα ήταν καλύτερο εάν το σύστημα ελέγχου ζιζανίων θα μπορούσε να παράγει θερμότητα απευθείας στο ίδιο το φυτό ή το έδαφος, αντί να βασίζεται στη μεταφορά θερμότητας. Ένα σύστημα που παράγει απευθείας θερμότητα στα ζιζάνια θα μπορούσε να είναι πιο αποτελεσματικό από την επεξεργασία με ατμό.

### **Ηλεκτρικά συστήματα**

Ο έλεγχος των ηλεκτρικών συστημάτων για την αντιμετώπιση ζιζανίων εμπίπτει σε δύο κύριες κατηγορίες: μία μορφή περιλαμβάνει την εφαρμογή υψηλής τάσης απευθείας στα φυτά για την παραγωγή ροής ρεύματος μέσω της εγκατάστασης σύμφωνα με τον

νόμο του Ohm, ο οποίος παράγει θερμότητα στην τρέχουσα διαδρομή μέσω των εγκαταστάσεων. Ο άλλος περιλαμβάνει την εφαρμογή ισχυρών ηλεκτρικών πεδίων πάνω από τα φυτά, το οποίο συγκεντρώνει το ηλεκτρικό πεδίο στα άκρα των φύλλων και των φυτών για τη θέρμανση του ιστού και επομένως αναστέλλει την ανάπτυξη των φυτών. Ηλεκτρικά συστήματα για την αντιμετώπιση ζιζανίων έχουν δοκιμαστεί από τον 19ο αιώνα. Περιλαμβάνουν τη χρήση εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής τάσης, που διέρχεται από μια μονάδα, για να δημιουργήσει θερμότητα στο υλικό της εγκατάστασης λόγω της ωμικής θέρμανσης. Αυτές οι υψηλές θερμοκρασίες εξατμίζουν το νερό που περιέχεται στο φυτό, αυξάνοντας την πίεση μέσα στα φυτικά κύτταρα, γεγονός που προκαλεί ρήξη των κυτταρικών μεμβρανών και κατά συνέπεια σκοτώνει το φυτό. Ο Diprose *et al*, (1980) διαπίστωσαν ότι οι υψηλές εναλλασσόμενες τάσεις (συχνότητα μη καθορισμένη) στα 5 kV (RMS) μπορούν φυσικά να καταστρέψουν τα ετήσια τεύτλα σε γλάστρες σε λιγότερο από 20 δευτερόλεπτα. Το ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμόστηκε από δύο ηλεκτρόδια. Το ένα είναι μια ράβδος ορείχαλκου που ωθείται στο χώμα στην κατσαρόλα και η άλλη μια ταινία από αλουμινόχαρτο τυλιγμένη γύρω από το φύλλωμα στην κορυφή του φυτού. Διαπίστωσαν ότι δεν ήταν απαραίτητο να κάψετε εντελώς το φυτό για να το σκοτώσετε και προτάθηκαν διάφοροι τρόποι ελαχιστοποίησης της ενέργειας επεξεργασίας. Οι δοκιμές πεδίου, χρησιμοποιώντας φορητά ηλεκτρόδια για την εφαρμογή των ηλεκτρικών ρευμάτων σε ετήσια τεύτλα που καλλιεργούνται μεταξύ μιας καλλιέργειας, έδειξαν ότι ήταν πολύ μεγαλύτερη ισχύς (έως 20 kW) για να σκοτωθούν τα φυτά. Ένα σύστημα με ελκυστήρα κατασκευάστηκε για να παράγει εναλλασσόμενη τάση 8 kV (RMS). Αυτό το σύστημα του επέτρεψε να καλύψει έξι σειρές και να ταξιδέψει με ταχύτητες έως και 16 km h<sup>-1</sup>. Σκότωσε αποτελεσματικά το 75% των ζαχαροτεύτλων. Σε σύγκριση με τον χημικό ή μηχανικό έλεγχο ζιζανίων, αυτή η μέθοδος δεν εισάγει χημικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα και δεν διαταράσσει την επιφάνεια του εδάφους. Ωστόσο, η ηλεκτροπληξία απαιτεί πολύ υψηλές τάσεις και είναι πολύ χρονοβόρος. Αυτό εισάγει έναν λειτουργικό κίνδυνο για την υγεία και την ασφάλεια και δεν έχει υιοθετηθεί ευρέως.

Κάπως σαν ηλεκτροπληξία, η οποία είναι μια προσέγγιση άμεσης επαφής, η έρευνα σχετικά με την επίδραση των ηλεκτροστατικών πεδίων υψηλής έντασης χωρίς επαφή στην ανάπτυξη των φυτών πραγματοποιήθηκε από τα μέσα του 18<sup>ου</sup> μέχρι και του 20ου

αιώνα. Τα πρώτα πειράματα έδειξαν ότι θα μπορούσαν να ληφθούν αυξημένες αποδόσεις τόσο από δημητριακά όσο και από φυτικές καλλιέργειες εφαρμόζοντας ηλεκτροστατικά χωράφια σε φυτά ενώ αυτά αναπτύσσονταν. Ωστόσο, αυτό το ευεργετικό αποτέλεσμα δεν είναι πλέον αποδεκτό. Ο Murr (1963) διεξήγαγε πειράματα, στα οποία δημιουργούσε ηλεκτροστατικό πεδίο μεταξύ δύο καλωδίων από αλουμίνιο. Ένα ηλεκτρόδιο τοποθετήθηκε κατώ στο έδαφος και χρησιμοποιήθηκε στο ζιζάνιο δακτυλίδα (*Dactylis glomerata*) σε σπωρόνα ως είδος δοκιμής. Ένα ηλεκτρόδιο αναρτήθηκε επάνω από το έδαφος και ρυθμίστηκε σε ύψος για να μεταβάλει την ισχύ του ηλεκτρικού πεδίου, αν και το επάνω πλέγμα δεν ήταν ποτέ περισσότερο από 10 cm πάνω από τις κορυφές των φυτών. Η θερμοκρασία και η ένταση του φωτός 16 h/day ελέγχθηκαν. Η ίδια ερευνητική ομάδα (Murr, 1963) παρατήρησε ότι κατά τη συνεχή έκθεση στα ηλεκτροστατικά πεδία, οι άκρες των φύλλων άρχισαν να γίνονται καφέ, σαν να είχαν καεί. Ο Murr καθόρισε έναν παράγοντα βλάβης ως το ποσοστό του ξηρού βάρους του ηλεκτρικού υλικού σε σύγκριση με τα δείγματα ελέγχου. Για ζιζάνιο δακτυλίδα (*Dactylis glomerata*) η ζημιά ήταν στο 25% όταν η ισχύς του ηλεκτροστατικού πεδίου ήταν 50 kV m και στη συνέχεια στο 50% στα 75 kV m<sup>1</sup>. αντιστοίχα. Παρόμοια αποτελέσματα ελήφθησαν με τα σπορόφυτα του ζιζανίου φάλαρη η καλαμοειδή (*Phalaris arundinacea*) (Murr, 1963). Τα εγκάρσια τμήματα ορισμένων φύλλων έδειξαν ότι τα επιδερμικά κύτταρα είχαν καταστραφεί στην καφετιά άκρη και υπέστησαν ζημιές στις σκούρες πράσινες ζώνες. Υπήρχε πλήρης απουσία κυτταρικής δομής στην περιοχή των άκρων και χλωροπλαστική διαταραχή στη σκούρα πράσινη ζώνη. Μετά την παρατήρηση των φυσικών χαρακτηριστικών της ζημιάς, οι Bachman και Reichmanis, (1973) διερεύνησαν τους ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών που υποβλήθηκαν σε ηλεκτροστατικά πεδία. Χρησιμοποιώντας τόσο κεκλιμένα όσο και οριζόντια άνω ηλεκτρόδια, διαπίστωσαν ότι τα φυτά κριθαριού μεγάλωσαν μέχρι που απείχαν περίπου 2 cm από το ηλεκτρόδιο, έτσι ώστε οι κορυφές των φυτών να ακολουθούν το προφίλ του ηλεκτροδίου. Σε αυτό το σημείο, η ισχύς του πεδίου αντιστοιχούσε σε περίπου 800 kV m<sup>-1</sup>. Αν και τα φυτά είχαν νεκρωθεί με την εφαρμογή πολύ υψηλών ηλεκτροστατικών πεδίων, είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αυτή η μέθοδος απαιτεί συστοιχίες καλωδίων που έχουν ανασταλεί περίπου 2 μέτρα πάνω από τις καλλιέργειες και όλες οι τάσεις

είναι δεκάδες kV. Εκτός εργαστηρίου, αυτό το σύστημα είναι δυσκίνητο και επικίνδυνο λόγω της πολύ υψηλής αντοχής του πεδίου..

### **Ηλεκτρομαγνητικά πεδία**

Τα ζιζάνια που είναι ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα έχουν οδηγήσει στη διερεύνηση άλλων μεθόδων διαχείρισης ζιζανίων και αρκετές τεχνικές ελέγχου ζιζανίων έχουν διερευνηθεί. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν την εφαρμογή ηλεκτροστατικών πεδίων. Τα ηλεκτροστατικά πεδία έχουν μικρή επίδραση στα φυτά. Τα ηλεκτροστατικά πεδία, προκαλούν άμεση βλάβη των φυτών η τη θνησιμότητα των φυτών από ηλεκτρικές επιπτώσεις (Brodie,2018, Chappell *et al*, 2010).

### **Μικροκύματα στον έλεγχο ζιζανίων**

Το ενδιαφέρον στις επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας στα βιολογικά υλικά χρονολογείται από τα τέλη του 19ου αιώνα (Ark and Parry, 1940), ενώ το ενδιαφέρον για την επίδραση των κυμάτων υψηλής συχνότητας στο φυτικό υλικό ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920. Πολλά από τα προηγούμενα πειράματα σε φυτικό υλικό επικεντρώθηκαν στην επίδραση των ραδιοσυχνοτήτων (RF) στους σπόρους (Ark and Parry, 1940). Σε πολλές περιπτώσεις, η σύντομη έκθεση οδήγησε σε αυξημένη βλάστηση και σθένος των αναδυόμενων φυτωρίων. Ωστόσο, η μακροχρόνια έκθεση συνήθως είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο των σπόρων (Ark and Parry, 1940, Bebawi *et al*, 2007). Οι Davis *et al*, (1971, 1973) ήταν από τους πρώτους που μελέτησαν τη θανατηφόρα επίδραση της θέρμανσης μικροκυμάτων στους σπόρους. Επεξεργάστηκαν σπόρους, με και χωρίς έδαφος, σε φούρνο μικροκυμάτων και έδειξαν ότι η βλάβη των σπόρων επηρεάστηκε κυρίως από έναν συνδυασμό περιεκτικότητας υγρασίας σπόρου και απορροφημένης ενέργειας ανά σπόρο. Άλλα ευρήματα από τη μελέτη των Davis *et al*, (1971) πρότεινε ότι τόσο η ειδική μάζα όσο και ο ειδικός όγκος των σπόρων σχετίζονται στενά με την ευαισθησία ενός σπόρου σε βλάβη από πεδία μικροκυμάτων. Ο συσχετισμός μεταξύ του όγκου του σπόρου και της ευαισθησίας του σε επεξεργασία μικροκυμάτων μπορεί να συνδέεται με τη διατομή ραντάρ που παρουσιάζεται από τους σπόρους σε πολλαπλασιαστικά μικροκύματα. Οι μεγάλες διατομές ραντάρ επιτρέπουν στους σπόρους να αναχαιτίζονται και, ως εκ τούτου, να απορροφούν περισσότερη ενέργεια μικροκυμάτων. Ο Barker και Craker (1991)



διερεύνησαν τη χρήση θέρμανσης μικροκυμάτων σε εδάφη ποικίλης περιεκτικότητας σε υγρασία (10-280 g νερού/kg εδάφους) για να νεκρώσουν τους σπόρους βρώμης (*Avena sativa*) και έναν απροσδιόριστο αριθμό φυσικών σπόρων ζιζανίων που υπάρχουν στο εδάφους τους. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι η ευαισθησία ενός σπόρου σε επεξεργασία μικροκυμάτων εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τη θερμοκρασία. Όταν η θερμοκρασία του εδάφους αυξήθηκε στους 75°C, σημειώθηκε απότομη πτώση τόσο στους σπόρους βρώμης όσο και στη βλάστηση των φυσικών σπόρων ζιζανίων. Όταν η θερμοκρασία του εδάφους αυξήθηκε πάνω από 80°C, η βλάστηση των σπόρων σε όλα τα είδη παρεμποδίστηκε πλήρως.

### **Υπέρυθρη ακτινοβολία**

Η υπέρυθη ακτινοβολία θερμότητας νεκρώνει τα φυτά. Εργαστηριακές έρευνες διαπίστωσαν ότι ένας «μεσαίου κύματος σωληνοειδής συντηγμένος υπέρυθρος πομπός χαλαζία» ήταν ο πιο αποτελεσματικός για τον έλεγχο των ζιζανίων. Για αποτελεσματική καταστροφή των φυτών, απαιτείται ένα υπέρυθρο θερμαντικό σώμα, το οποίο παράγει υψηλή ένταση ενέργειας σε μήκος κύματος που απορροφάται, παρά ανακλάται ή μεταδίδεται, από τους ιστούς του φυτού. Για να νεκρωθούν τα νεαρά φυτά απαιτείται ενεργειακή πυκνότητα στο επίπεδο του εδάφους μεταξύ 200 και 400 kJ m<sup>-2</sup> (ή 20-40 J cm<sup>-2</sup>) υπέρυθρης ενέργειας μεσαίου κύματος ή μεσαίου κύματος για να περιοριστεί σοβαρά η ανάπτυξη των φυτών.

### **Υπεριώδης ακτινοβολία**

Το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) κυμαίνεται μεταξύ 100 και 400 nm και επομένως βρίσκεται εκτός του ορατού εύρους. Οι ακτίνες UV μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις ομάδες με βάση το μήκος κύματος: UV-A (320–400 nm), UV-B (280–320 nm) και UV-C (100–280 nm). Όταν τα φυτά ακτινοβολούνται με υπεριώδη ακτινοβολία, σχεδόν όλη η ενέργεια απορροφάται στο εξωτερικό στρώμα 0.1-0.2 mm του φυτικού ιστού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη θέρμανση του φυτικού ιστού και συνεπώς μπορεί να έχει παρόμοια αποτελέσματα με τη βλάβη στα φυτά όπως η καύση (flaming) των ζιζανίων (Andreasen *et al*, 1999).

### **Lasers**

Η ενίσχυση του φωτός μέσω διεγερμένης εκπομπής ακτινοβολίας (λείζερ), σε στρώματα UV (355 nm), ορατά (532 nm), IR (810 nm) και CO<sub>2</sub> (1064 nm) χρησιμοποιείται για την κοπή των στελεχών των ζιζανίων, συμπεριλαμβανομένου του πολυετούς ryegrass (*Lolium perenne L.*), (Heisel *et al.*, 2001). Το λείζερ έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν έλεγχο ζιζανίων. Ωστόσο, η συσκευή πρέπει να στοχεύει με ακρίβεια τους μίσχους φυτών ζιζανίων για να νεκρώσει το φυτό. Αυτό δεν επιτυγχάνεται εύκολα. Εξετάζονται διάφορες τεχνικές εικόνας ή σάρωσης μηχανήματων για την παροχή ακριβής στόχευσης λείζερ για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης σε αυτόνομα αγροτικά ρομπότ.

## Robots

Ένας από τους πρώτους τομείς υιοθέτησης της ρομποτικής στη γεωργία ήταν το μη επανδρωμένο εναέριο όχημα (UAV) ή το drone. Πολλά από αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί για την επιτήρηση αγροκτημάτων, χρησιμοποιώντας κάμερες που λειτουργούν τόσο στην ορατή όσο και στην υπέρυθρη ζώνη του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η εναέρια απεικόνιση μπορεί επίσης να βοηθήσει έναν αγρότη να προσδιορίσει καλύτερα ποια έκταση ενός αγρού είναι έτοιμη για απομακρυσμένη χαρτογράφηση ζιζανίων (Graves, 2013).



Για παράδειγμα, η Yamaha κατασκευάζει ένα μη επανδρωμένο ελικόπτερο που μπορεί να αιωρείται πάνω από τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις και να εφαρμόζει ζιζα(Graves,

2013). Το μη επανδρωμένο ελικόπτερο έχει χωρητικότητα 28 κιλά και τρέχει με δίκυλινδρο κινητήρα (Anon, 2013). Οι αγρότες στην Ιαπωνία έχουν χρησιμοποιήσει αυτά τα συστήματα για καλλιέργειες ρυζιού. Αυτά τα συστήματα είναι πολύ αποτελεσματικά στον έλεγχο ζιζανίων σε απρόσιτες περιοχές. Επίγεια αυτόνομα οχήματα έχουν αναπτυχθεί από έρευνα σε αυτόματα συστήματα διεύθυνσης, τα οποία ξεκίνησαν την ανάπτυξη τη δεκαετία του 1960 (Bechar και Vigneault, 2016). Μέχρι τη δεκαετία του 1990, οι περισσότερες γεωργικές μηχανές ήταν βαριές, ισχυρές, υψηλής χωρητικότητας μηχανές με υψηλό λειτουργικό κόστος. Η πρόσφατη έρευνα επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη πολλών μικρών αυτόνομων συστημάτων που συνεργάζονται μεταξύ τους μέσω τεχνολογιών δικτύων αυτόματης ανάπτυξης για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της εργασίας, του χαμηλότερου κόστους και των μειωμένων απαιτήσεων εργασίας (Bechar και Vigneault, 2016). Τα πολλαπλά συνεργαζόμενα γεωργικά συστήματα ρομποτικής εξαρτώνται από ad hoc ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων. Η ασύρματη επικοινωνία δεδομένων για γεωργικούς σκοπούς βασίζεται σε έναν ή περισσότερους αισθητήρες περιβαλλοντικών δεδομένων όπως ανίχνευσης ζιζανίων. Τα ρομποτικά συστήματα ελέγχου ζιζανίων εξαρτώνται από την ακριβή αναγνώριση ζιζανίων. Η αυτόνομη ανίχνευση ζιζανίων, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες γεωργίας ακριβείας, όπως η τεχνολογία Green Seeker. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί δείκτη βλαστικής ομαλοποιημένης διαφοράς (NDVI), ο οποίος χρησιμοποιεί τις κόκκινες, πράσινες και σχεδόν υπέρυθρες ζώνες για την αξιολόγηση των φυτών. Έχει υιοθετηθεί για τη διαφοροποίηση των καλλιεργούμενων ζιζανίων από τα υποστρώματα και το έδαφος. Οι ερευνητές στο Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Κουίνσλαντ έχουν αναπτύξει μικρά γεωργικά ρομπότ για να αυξήσουν την παραγωγή καλλιεργειών ευρείας κλίμακας και να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το έργο τους δημιουργεί μια νέα κατηγορία μηχανημάτων για την αφαίρεση ζιζανίων, η οποία είναι το βασικό στοιχείο της γεωργίας με μηδέν άροση (Corke, 2013). Αυτά τα ρομπότ έχουν προηγμένη ικανότητα πλοήγησης χρησιμοποιώντας αισθητήρες χαμηλού κόστους ενώ υποστηρίζουν την τοπική πλοήγηση σε σχέση με τα ζιζάνια και άλλα ρομπότ. Οι δοκιμές πεδίου τους δείχνουν πώς τα πολλαπλά μικρά ρομπότ προκαλούν λιγότερη βλάβη στο έδαφος, εφαρμόζουν πιο έξυπνα τις μεθόδους ελέγχου ζιζανιοκτόνων και

εναλλακτικών μεθόδων ελέγχου ζιζανίων και λειτουργούν ως ένα σύστημα που είναι πιο ισχυρό σε μεμονωμένες αστοχίες μηχανών (Corke, 2013).

### **Λειαντικός έλεγχος ζιζανίων ή εκτόξευση ζιζανίων (Abrasive weed control (weed blasting))**

Το λειαντικό ζιζάνιο είναι ένα μη χημικό εργαλείο διαχείρισης ζιζανίων. Τα φύλλα και τα στελέχη ζιζανίων λειαινούνται από μικρούς κόκκους που προωθούνται από πεπιεσμένο αέρα. Αυτή η τριβή οδηγεί σε φυλλόπτωση, θραύση στελεχών ή βλάβη ιστού που οδηγεί σε τραυματισμό ζιζανίων ή, ιδανικά, θνησιμότητα. Το λειαντικό ζιζάνιο είναι μια μηχανική εναλλακτική λύση, χρησιμοποιεί κόκκους με αέρα για τον έλεγχο των μικρών ζιζανίων που αναπτύσσονται εντός της σειράς καλλιεργειών. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει την επιτυχή χρήση λειαντικών ζιζανίων για τη μείωση των ζιζανίων και την αύξηση των αποδόσεων σε καλλιέργεια βιολογικού καλαμποκιού (*Zea mays*), ντομάτας (*Solanum lycopersicum*) και καλλιέργειες πιπερίας (*Capsicum annuum*).



Έρευνα σχετικά με το λειαντικό ζιζάνιο ξεκίνησε με μελέτες θερμοκηπίου για να καταδειχθεί ότι τα μικρά ζιζάνια θα μπορούσαν να θανατωθούν με πεπιεσμένο αέρα. (Forcella, 2012). Οι μαλακοί κόκκοι, που προέρχονται από καλαμπόκι, κελύφη καρυδιών και στρώματα από σπόρους, έχουν δοκιμαστεί για την ικανότητά τους να λειαινούν και να ελέγχουν τα πλατύφυλλα ζιζάνια.

## **Συμπεράσματα σύγχρονων τάσεων αντιμετώπισης ζιζανίων**

Όλες οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τον έλεγχο της ανάπτυξης ζιζανίων είτε για τη θανάτωση των ζιζανίων. Στις περισσότερες από τις εφαρμογές της για τον έλεγχο των ζιζανίων, η άμεση βλάβη των φυτών από φυσικές, ηλεκτρικές ή θερμικές επιπτώσεις προκαλεί τη θνησιμότητα των φυτών. Οι περισσότερες από τις τεχνολογίες απαιτούν μέτρια έως υψηλή ενεργειακή επένδυση. Καθώς η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα γίνεται πιο διαδεδομένη, ορισμένες ή όλες αυτές οι τεχνολογίες μπορεί να υιοθετηθούν ευρύτερα.

### **3.3 Ταυτοποίηση ζιζανίων σε καλλιέργειες πατάτας**

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ένας πολύ ενεργός τομέας μελέτης (Montalvo *et al*, 2013). Τα ζιζάνια θεωρούνται επιβλαβή φυτά στην γεωργία, λόγω του ανταγωνισμού έναντι των καλλιεργειών για τη λήψη νερού, μετάλλων και άλλων θρεπτικών συστατικών στο έδαφος μιας γεωργικής εκμετάλλευσης. Οι τεχνικές ελέγχου ζιζανίων εξαρτώνται από τον τύπο της καλλιέργειας, τον τύπο των ζιζανίων και τη μέθοδο φύτευσης. Γενικά, ο βέλτιστος χρόνος για τον έλεγχο των ζιζανίων ξεκινά με τη φύτευση των σπορόφυτων και συνεχίζεται έως ότου ολοκληρωθεί η ανάπτυξη των καλλιεργειών. Σήμερα, ο πιο συνηθισμένος τρόπος για την απομάκρυνση των ζιζανίων είναι ο ομοιόμορφος ψεκασμός του ζιζανιοκτόνου σε όλη τη γεωργική εκμετάλλευση που σημαίνει ότι ψεκάζονται επίσης περιοχές χωρίς ζιζάνια. Επομένως, έχουν προταθεί νέα συστήματα της γεωργίας ακριβείας για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αυτά τα συστήματα ψεκάζουν μόνο στα ακριβή σημεία όπου υπάρχουν ζιζάνια και, επομένως, μειώνουν τον κίνδυνο μόλυνσης των καλλιεργειών, των ανθρώπων, των ζώων και των υδάτινων πόρων. Ο ψεκασμός κηλίδων (spot) υπό όρους είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση της χρήσης διαφόρων τύπων ζιζανιοκτόνων και θα συμβάλει στη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας και στην πρόληψη της περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Οι Wong *et al*, (2014) πρότειναν ένα σύστημα εμπειρογνομόνων για την όραση μέσω υπολογιστή που βασίζεται στον ψεκασμό κηλίδων (spot) υπό όρους, λαμβάνοντας υπόψη διαφορετικούς τύπους ζιζανίων, τα οποία συνήθως απαντώνται σε καλλιέργειες καλαμποκιού. Ελήφθησαν 80 εικόνες από κάθε τύπο ζιζανίων. Χρησιμοποιήθηκαν 60 δείγματα για την κατάρτιση ενός ταξινομητή μηχανημάτων φορέα υποστήριξης , ενώ

οι υπόλοιπες 20 εικόνες χρησιμοποιήθηκαν για δοκιμή. Μετά τη λήψη, εξήχθησαν διάφορα σχήματα, αμετάβλητες στιγμές και χρωματικά χαρακτηριστικά από κάθε δείγμα. Μερικά από τα καλύτερα χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν χρησιμοποιώντας έναν γενετικό αλγόριθμο και στη συνέχεια εφαρμόστηκε ένας ταξινομητής χρησιμοποιώντας αυτούς. Τα πειράματα έδειξαν ότι ο προτεινόμενος ταξινομητής πέτυχε ακρίβεια 100% για όλες τις τάξεις. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν μέσω διαδικτύου, για λόγους:

(1) υπήρχε μόνο ένας τύπος ζιζανίων στις χρησιμοποιημένες εικόνες, αλλά γενικά είναι πιθανό ότι διάφοροι τύποι ζιζανίων και καλλιεργειών εμφανίζονται σε εικόνα; και  
(2) οι εικόνες λήφθηκαν σε στατική λειτουργία, ωστόσο σε ακολουθίες βίντεο, η κάμερα κινείται κατά μήκος του πεδίου και πολλά καρέ ενδέχεται να μην είναι σωστά εστιασμένα, ανάλογα με το βάθος πεδίου και την έκθεση. Αρκετοί ερευνητές, έχουν μελετήσει την ανίχνευση και την ταξινόμηση των ζιζανίων και διαφορετικών τύπων καλλιεργειών με βάση την ανάλυση χρώματος. Σύμφωνα με ορισμένους συγγραφείς τα έξυπνα ρομπότ στη γεωργία θα πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζουν τις πληροφορίες για το περιβάλλον τους και τις κατευθύνσεις κίνησής τους. Αλλά αυτές οι δύο ενέργειες μπορεί να διαταραχθούν λόγω της αλλαγής του φωτός, της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Έτσι, πρότειναν ότι τα ρομπότ εστιάζουν σε εικόνες που λαμβάνονται από περικοπή υπό διαφορετικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας διαφορετικά οπτικά χαρακτηριστικά. Μερικοί συγγραφείς πρότειναν την εφαρμογή γενετικών αλγορίθμων σε προβλήματα ανίχνευσης ζιζανίων.

Οι Nguyen *et al*, (2013) χρησιμοποίησαν γενετικό προγραμματισμό για τη διάκριση του ρυζιού.

Οι Watchareeruetai και Ohnishi (2011), χρησιμοποίησαν επίσης γενετικούς αλγόριθμους για να διαμορφώσουν τις παραμέτρους ενός ασαφούς λογικού ταξινομητή χρησιμοποιώντας χρώμα και υφή. Αυτό το σύστημα σχεδιάστηκε για την ανίχνευση ζιζανίων γκαζόν το χειμώνα, δείχνοντας τα οφέλη αυτής της υβριδικής προσέγγισης.

Οι Li *et al*, (2017), πρότειναν ένα σύστημα εντοπισμού ζιζανίων με πολυφασματικές εικόνες, χρησιμοποιώντας 4 χαρακτηριστικά μήκη κύματος και απόκτηση ακρίβειας αναγνώρισης 90,7%.

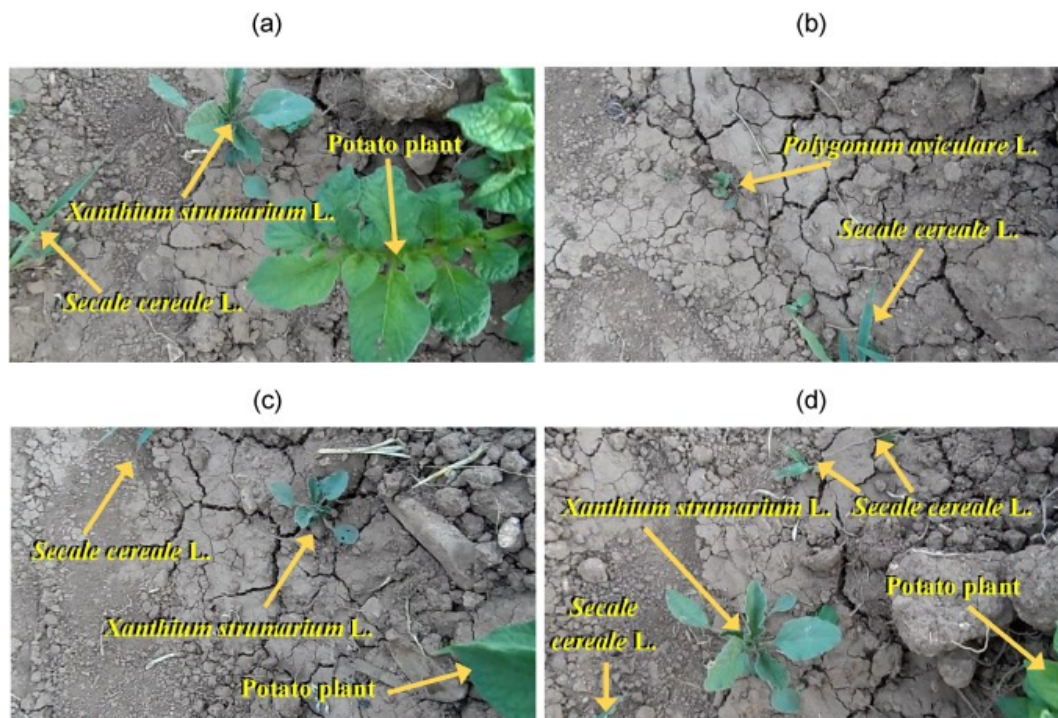
Οι Zheng *et al*, (2017), αντιμετώπισαν το πρόβλημα της ανίχνευσης ζιζανίων στις καλλιέργειες καλαμποκιού, χρησιμοποιώντας δείκτες χρωμάτων.

### 3.4 Σύλλογή δεδομένων και στοιχεία του συστήματος

Οι Sabzi *et al*, (2018) στην εργασία τους ‘Ένα γρήγορο και ακριβές σύστημα εμπειρογνομόνων για την ταυτοποίηση ζιζανίων σε καλλιέργειες πατάτας χρησιμοποιώντας αλγόριθμους’ περιγράφουν ένα νέο σύστημα εμπειρογνομόνων στον υπολογιστή, χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά χρώματος και υφής για τον εντοπισμό ζιζανίων προκειμένου να πραγματοποιηθεί ψεκασμός ζιζανιοκτόνων για συγκεκριμένες τοποθεσίες τριών διαφορετικών τύπων ζιζανίων *Secale cereale* L., *Polygonum aviculare* L. και *Xanthium strumarium* L., στην καλλιέργεια της πατάτας (*Solanum tuberosum* subsp. *Tuberosum*, var *Marfona*.). Η κύρια συνεισφορά της προσέγγισης αυτής της εργασίας είναι ο συνδυασμός τεχνητών νευρικών δικτύων με δύο αλγόριθμους, ένα για την επιλογή των δυνατοτήτων εισόδου και ένα άλλο για τη διαμόρφωση των παραμέτρων του νευρικού δικτύου. Το προτεινόμενο ειδικό σύστημα είναι σε θέση να λειτουργεί υπό φυσικές συνθήκες φωτισμού, επιτυγχάνοντας μεγάλη ακρίβεια και υπολογιστική απόδοση στην ταξινόμηση των φυτών και των ζιζανίων.

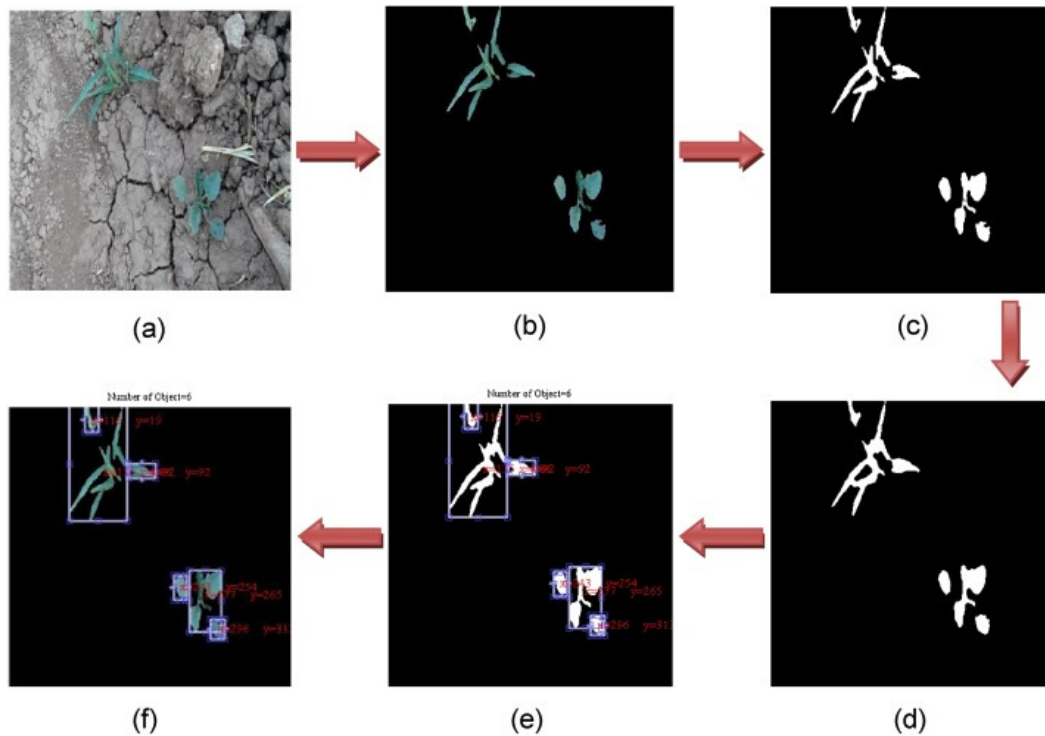
Τα στοιχεία του υλικού των Sabzi *et al*, (2018) περιλαμβάνουν μια κινούμενη πλατφόρμα, μια βιντεοκάμερα (DFK 23GM021, CMOS, 120 f / s, Imaging Source GmbH, Γερμανία) και έναν φορητό υπολογιστή. Η κάμερα συνδέθηκε σταθερά με την πλατφόρμα σε ύψος 60 cm από το έδαφος, προσομοιώνοντας ένα ύψος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε τυπικά γεωργικά μηχανήματα. Το τμήμα λογισμικού περιέχει λειτουργίες επεξεργασίας εικόνας (καταγραφή, προεπεξεργασία, μετα-επεξεργασία και εξαγωγή χαρακτηριστικών) και αλγόριθμους ταξινόμησης. Οι εικόνες τραβήχτηκαν σε συνθήκες φωτισμού εξωτερικού χώρου σε διαφορετικές ώρες της ημέρας, προκειμένου να εκπαιδευτεί το προτεινόμενο όραμα υπολογιστή σύστημα σε ρεαλιστικές συνθήκες. Αυτό περιλαμβάνει δείγματα συννεφιασμένων και ηλιόλουστων ημερών. Τα βίντεο λήφθηκαν από δύο καλλιέργειες πατάτας της ποικιλίας Marfona, με συνολική έκταση 4 εκταρίων που βρίσκεται στο Kermanshah – Ιράν (34 ° 20 ° 17.203''N, 46 ° 19'56.807''E). Οι εικόνες λήφθηκαν την 6η εβδομάδα μετά τη φύτευση των σπορών πατάτας. Η πλατφόρμα μετακινήθηκε στο αγρόκτημα με ταχύτητα 0,13 m / s. Όλα τα ζιζάνια και τα φυτά πατάτας στα βίντεο ελέγχθηκαν χειροκίνητα και ταξινομήθηκαν από έναν ανθρώπινο εμπειρογνώμονα. Το Σχήμα 1 δείχνει μερικά δείγματα των τριών ειδών ζιζανίων και φυτών πατάτας.





Σχήμα 1: Δείγμα εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα, δείχνοντας φυτά πατάτας (var. Marfona) και τους τρεις τύπους ζιζανίων που εξετάστηκαν.

Προκειμένου να εκτελεστούν εργασίες ανάλυσης εικόνας σε φυτά σε μια καλλιέργεια, η τμηματοποίηση είναι ένα ουσιαστικό βήμα. Σε γενικές γραμμές, μια διαδικασία τμηματοποίησης περιλαμβάνει δύο βασικά ζητήματα: το διαχωρισμό των φυτών από το φόντο (δηλαδή το έδαφος και τη βλάστηση) και την ομαδοποίηση των σχετικών εικονοστοιχείων για να σχηματίσουν συνδεδεμένα αντικείμενα. Το χρώμα έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πολύ ισχυρό χαρακτηριστικό για τμηματοποίηση. Το Σχ. 2 δείχνει το διάγραμμα ροής των κύριων βημάτων αυτής της διαδικασίας τμηματοποίησης.



Σχήμα 2'Κύρια βήματα της διαδικασίας τμηματοποίησης.

(α) Αρχική εικόνα.

(β) Τμηματοποιημένη εικόνα χρησιμοποιώντας κανάλι Cr.

(γ) Λήψη δυαδικής εικόνας .

(δ) Βελτιωμένη δυαδική εικόνα χρησιμοποιώντας κλειστό χειριστή.

(ε) Συνδεδεμένα στοιχεία (αντικείμενα) στη δυαδική εικόνα.

(στ) Τα ίδια αντικείμενα στην έγχρωμη εικόνα.

Οι αλγόριθμοι έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην επιλογή των χαρακτηριστικών από τις στατιστικές μεθόδους και αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο σε συστήματα ειδικών. Η ταξινόμηση είναι ένα από τα κύρια συστατικά οποιουδήποτε συστήματος ειδικών. Εφόσον η ακρίβεια ταξινόμησης είναι υψηλή, το σφάλμα συστήματος θα είναι μικρό. Οι Sabzi *et al.* (2018) σε αυτήν την έρευνα χρησιμοποίησαν τον υβριδικό αλγόριθμο Artificial Neural Networks–Harmony Search (ANN-HS). Το νέο σύστημα εμπειρογνομών βασισμένο στην όραση υπολογιστών με κύριο στόχο την πραγματοποίηση ψεκασμού ζιζανίων ζιζανιοκτόνων για συγκεκριμένη τοποθεσία. Αυτό το σύστημα βασίζεται σε χαρακτηριστικά χρώματος και υφής που ταξινομούνται με τεχνητά νευρικά δίκτυα. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για την επιλογή των πιο σχετικών χαρακτηριστικών. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν αποδείξει με

σαφήνεια ότι αυτό το σύστημα είναι σε θέση να αναγνωρίσει σωστά τα φυτά πατάτας και τρία είδη κοινών ζιζανίων, με ακρίβεια 98,36% υπό συνθήκες φωτισμού εξωτερικού χώρου και λήψη λιγότερων από 0,8 s σε έναν μέσο υπολογιστή.

Οι συγγραφείς Champ *et al*, (2020) στην εργασία τους “*Τμηματοποίηση παρουσίας για την ακριβή ανίχνευση φυτών και ζιζανίων με ρομπότ ακριβείας*” αναφέρουν ότι η απομάκρυνση ζιζανίων στη γεωργία επιτυγχάνεται συνήθως χρησιμοποιώντας ζιζανιοκτόνα. Η χρήση αυτόνομων ρομπότ για τη μείωση των ζιζανίων είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, αν και η εφαρμογή τους απαιτεί την ακριβή ανίχνευση και ταυτοποίηση των καλλιεργειών και των ζιζανίων για να επιτρέψει μια αποτελεσματική δράση. Οι συγγραφείς Champ *et al*, (2020) με ένα καταναμητικό νευρωνικό δίκτυο τμηματοποίησης εντόπισαν κάθε δείγμα φυτού ορατού σε εικόνες που πήραν από αγροτικά ρομπότ. Το προκύπτουν σύνολο δεδομένων περιλάμβανε εικόνες πεδίου στις οποίες σχεδιάστηκαν χειροκίνητα τα περιγράμματα των δειγμάτων δύο είδη καλλιέργειας και τέσσερα είδη ζιζανίων.



Οι εικόνες δείχνουν τη σημασία της ανίχνευσης του βαρύ-κέντρου του ορατού φυτού (ροζ κύκλοι) παρά του κέντρου ενός πλαισίου οριοθέτησης γύρω από το φυτό (μπλε κύκλοι). (A) *Brassica nigra*. (B) Ένα φυτό ζιζανίων.

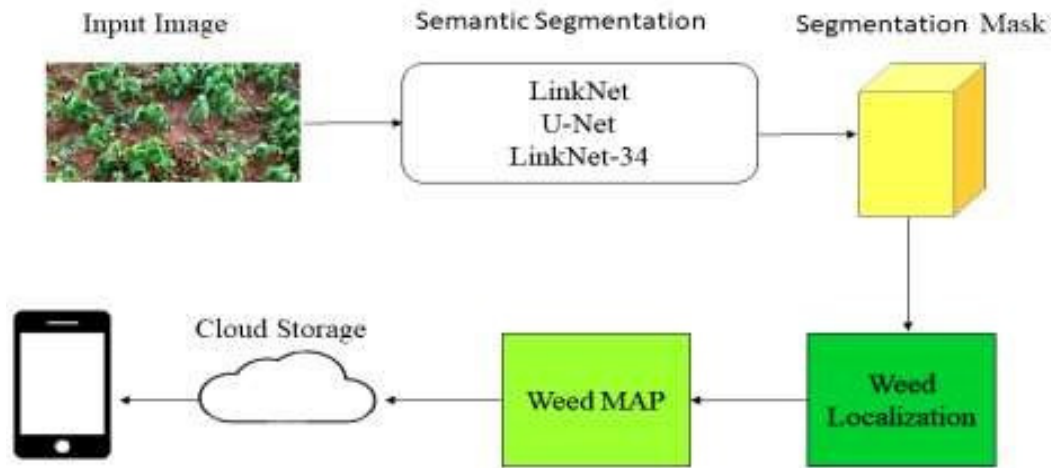
Οι συγγραφείς προσάρμοσαν τις υπερπαραμέτρους ενός συνεκτικού νευρικού δικτύου με βάση την περιοχή της μάσκας (R - CNN) σε αυτό. Η πιθανότητα ανίχνευσης χρησιμοποιώντας το μοντέλο ήταν αρκετά καλή, αλλά ποικίλλει σημαντικά ανάλογα

με το είδος και το μέγεθος των φυτών. Στην πράξη, μεταξύ 10% και 60% των ζιζανίων θα μπορούσαν να αφαιρεθούν χωρίς πολύ υψηλό κίνδυνο σύγχυσης με τα φυτά. Η τμηματοποίηση ανοίγει πολλές δυνατότητες για βελτιστοποιημένες ενέργειες αφαίρεσης ζιζανίων.

Οι συγγραφείς Revanasiddappa *et al*, (2020) στην εργασία τους «*Εγκαιρη ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο των φυτών των αγρών σε τομέα καλλιέργειας παλμών χρησιμοποιώντας drone με IoT*» ανιχνεύουν σε πραγματικό χρόνο φυτά σε γεωργική εκμετάλλευση με τη χρήση χαμηλού υψομέτρου ιπτάμενο drone. Ένα πλήρως συμπαιγνιακό μοντέλο σημασιολογικής κατάτμησης αποδείχθηκε ότι εκτελεί με ακρίβεια την κατάτμηση αντικειμένων με μεγαλύτερη πολυπλοκότητα χρόνου. Σε αυτή την έρευνα, το μοντέλο Link Net με Resnet-34 χρησιμοποίησαν για την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο των φυτών ζιζάνιο χρησιμοποιώντας ένα βίντεο από χαμηλό υψόμετρο που φέρουν drones. Τα πειραματικά αποτελέσματα έχουν αποδειχθεί ότι LinkNet-34 ότι μπορεί να ανιχνεύσει επικαλυπτόμενα και ακανόνιστα αντικείμενα ζιζάνιο σχήμα σε 0,86 μέση ακρίβεια pixel του 0,598 μέση IoU σε 0,217s. Το LinkNet-34, είναι ένα βαθύ πλήρως συναθροικόνευρωνικό δίκτυο για την κατάτμηση που χρησιμοποιεί το ResNet-34 ως αρχιτεκτονική ραχοκοκαλιάς που είναι προ-εκπαιδευμένο στο Image Net ως κωδικοποιητή του. ResNet34 έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί για εικόνες μέσης ανάλυσης μεγέθους 256x256 και κάνει ακριβή γρήγορη σημασιολογική κατάτμηση που μπορεί να ανιχνεύσει ακανόνιστα αντικείμενα σχήμα, όπως τα ζιζάνια με ακρίβεια, λόγω των συμμετρικών κωδικοποιητή και αποκωδικοποιητή χαρακτηριστικά επίπεδο δομής. Το σύστημα αντίληψης περιλαμβάνει τα βήματα εμφανίζεται στο σχήμα 3. Ο αγωγός για την ανίχνευση των ζιζάνια περιλάμβανε τέσσερα διαφορετικά στάδια.

- (i) Η σύλληψη των δεδομένων των εγκαταστάσεων των αιφνιδίων χρησιμοποιήθηκε ένα μη επανδρωμένο εναέριο όχημα UAV.
- (ii) Τα δεδομένα καταρτίστηκαν με χειροκίνητο σχολιασμό.
- (iii) ( Το μοντέλο ανίχνευσης των εγκαταστάσεων των ιδεών εκπαιδεύτηκε με υπερπαραμέτρο.
- (iv) Εντοπισμός ζιζάνιο και (v) δημιουργία χάρτη ζιζάνιο φορτώθηκαν στο σύννεφο. Ο ανιχνευτής έτρεξε στις έτοιμες εικόνες για να παραγάγει τις υποψήφιας περιοχές ζιζάνιο. Η παραγόμενη υποψήφια περιοχή ενδιαφέροντος (ROI) από το

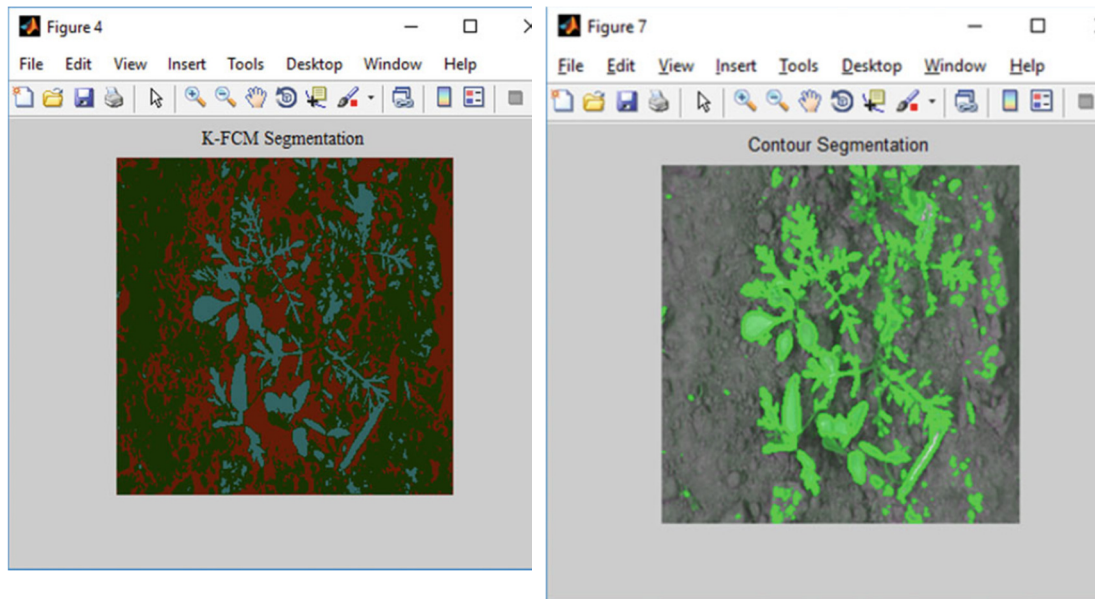
δεύτερο βήμα εντοπίστηκε στις περιοχές των ζώων που τροφοδοτούσαν τη δημιουργία του χάρτη των ψηφισμάτων και ο παραγόμενος χάρτης των ζώων φορτώθηκε στο cloud για περαιτέρω ανάλυση.



### 3.5 Η αντίληψη του συστήματος ανίχνευσης των ζιζανίων

Στο πρόβλημα ανίχνευσης των ζιζανίων, το αρχικό μέγεθος της εικόνας που καταγράφεται και οι σχολιασμένες μάσκες είναι 1280x720. Για αλγοριθμικό πρότυπο η εικόνα που καταγράφεται και η μάσκα αλλάζει το μέγεθος σε 512x512. Η εικόνα περιέχει δύο κατηγορίες ενός αντικειμένου κυρίως (i) καλλιέργεια παλμού (ii) ζιζάνιο. Συλλαμβάνονται ζιζάνιο και καλλιέργειες είναι επικάλυψη με το ίδιο χρώμα, αλλά με διαφορετικά σχήματα φύλλων. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα χαρακτηριστικά, ο αλγόριθμος σημασιολογίας κατάτμησης όπως το U-net, το LinkNet και το LinkNet-34 έχουν σχεδιαστεί για να επεξεργάζονται την ανάλυση εικόνας 512x512 ως είσοδο, ώστε να μπορούν να διατηρήσουν τις δυνατότητες της εικόνας. Οι Karthikeyan *et al*, (2020) αναφέρουν ότι το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι μια εξελισσόμενη τεχνολογία τις τελευταίες ημέρες και θα αντιπροσωπεύει το μέλλον της επικοινωνίας και των υπολογιστών. Χρησιμοποιώντας αυτήν την έξυπνη τεχνολογία στον τομέα της γεωργίας, είναι σε θέση να ελέγχει τα φυτοφάρμακα και να διατηρεί μια γεωργία ακριβείας με αυτήν την απόδοση παρακολούθησης. Το RaspberryPi και η μονάδα κάμερας του παίζουν ζωτικό ρόλο στην αναγνώριση έξυπνων ζιζανίων με βάση το IoT στη σύγχρονη γεωργία. Αυτό το αυτόματο σύστημα ταυτοποίησης ζιζανίων επιτρέπει την ανίχνευση των λεπτών ζιζανίων φυτών σε έναν γεωργικό τομέα.





Αυτή η παρακολούθηση γίνεται υπό προπαρασκευή με χρήση πραγματικών αισθητήρων, και επίσης παρέχει την κατάτμηση της εγκατάστασης. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούμε νευρωνικά δίκτυα (CNN) και μέθοδο ακρίβειας και χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση καλλιεργειών και ζιζανίων που χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των ζιζανίων μεταξύ χόρτου και πλατύφυλλων, οπότε εδώ στοχεύουμε στον εντοπισμό του ζιζανίου και την εφαρμογή του συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου σε ανιχνεύονται ζιζάνια.

## Βιβλιογραφία

- Andreasen, C, Leif, H, Jens, C.S, 1999. The effect of ultraviolet radiation on the fresh weight of some weeds and crops. *Weed Technol.* 13 (3), 554–560.
- Anon., 2013. Yamaha Unveils Unmanned Helicopters. Available from, <https://www.tradefarmmachinery.com.au/product-news/1307/yamaha-unveils-unmanned-helicopters>.
- Ark, P.A, Parry, W, 1940. Application of high-frequency electrostatic fields in agriculture. *Q. Rev. Biol.* 15 (2), 172–191.
- Ascard, J, 1994. Dose-response models for flame weeding in relation to plant size and density. *Weed Res.* 34 (5), 377–385.
- Ascard, J, 1998. Comparison of flaming and infrared radiation techniques for thermal weed control. *Weed Res.* 38, 69–76.
- Ascard, J., 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Res.* 35, 397–411.
- Bachman, C.H, Reichmanis, M., 1973. Barley leaf tip damage resulting from exposure to high electrical fields. *Int. J. Biometeorol.* 17 (3), 243–251.
- Barker, A.V, Craker, L.E, 1991. Inhibition of weed seed germination by microwaves. *Agron. J.* 83 (2), 302–305.
- Bebawi, F.F, Cooper, A.P., Brodie, G.I., Madigan, B.A., Vitelli, J.S., Worsley, K.J., Davis, K.M., 2007. Effect of micro-wave radiation on seed mortality of rubber vine (*Cryptostegia grandiflora* R.Br.), parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) and bellyache bush (*Jatropha gossypifolia* L.). *Plant Prot. Q.* 22 (4), 136–142.
- Bechar, A., Vigneault, C, 2016. Agricultural robots for field operations: concepts and components. *Biosyst. Eng.* 149, 94–111.
- Borba, N, Uruguay, R. La papa un alimentobásico. Posibles impactos frente a la Introducción de papa transgénica. 2008, pp. 1–11. Available online: <http://www.rapaluruaguay.org/transgenicos/Papa/Papa.pdf>
- Brodie, G. (2018). The use of physics in weed control. In *Non-Chemical Weed Control* (pp. 33-59). Academic Press.
- Brodie, G. The Use of Physics in Weed Control. 33-59, doi:10.1016/b978-0-12-809881-3.00003-6 (2018).



- Champ, J, Mora-Fallas, A., Goëau, H., Mata-Montero, E., Bonnet, P., & Joly, A. (2020). Instance segmentation for the fine detection of crop and weed plants by precision agricultural robots. *Applications in plant sciences*, 8(7), e11373.
- Chappell, J. M, Iqbal, A, Abbott, D, 2010. A simplified approach to electromagnetism using geometric algebra. *Phys. Educ.*, Available from: <https://arxiv.org/pdf/1010.4947.pdf>.
- Corke, P, 2013. Robotics for Zero-Tillage Agriculture. Available from <https://wiki.qut.edu.au/display/cyphy/Robotics+for+zero-tillage+agriculture>.
- Davis, F.S, Wayland, J.R, Merkle, M.G, 1973. Phytotoxicity of a UHF electromagnetic field. *Nature* 241 (5387),291–292.
- Davis, F.S, Wayland, J.R., Merkle, M.G., 1971. Ultrahigh-frequency electromagnetic fields for weed control: phyto-toxicity and selectivity. *Science* 173 (3996), 535–537.
- Diprose, M.F, Benson, F.A, Hackam, R, 1980. Electrothermal control of weed beet and bolting sugar beet. *Elektrothermische Bekämpfung von Unkrautrüben und Zucker-rübenschossern* 20 (5), 311–322.
- Dirac, P.A.M, 1927. The quantum theory of the emission and absorption of radiation. *Proc. R Soc. Lond A Math. Phys. Sci.* 114 (767), 243–265.
- Einstein, A, 1951. The advent of the quantum theory. *Science* 113 (2926), 82–84.
- Evans, M.W, 2005. The spinning and curving of spacetime: the electromagnetic and gravitational fields in the Evansfield theory. *Found. Phys. Lett.* 18 (5), 431–454.
- Forcella, F, 2012. Air-propelled abrasive grit for postemergence in-row weed control in field corn. *Weed Technol.* 26 (1), 161–164.
- Forcella, F, 2013. Soybean seedlings tolerate abrasion from air-propelled grit. *Weed Technol.* 27 (3), 631–635.
- Gay, P, Piccarolo, P, RicaudaAimonino, D, Tortia, C, 2010. A high efficacy steam soil disinfestation system, part II: design and testing. *Biosyst. Eng.* 107 (3), 194–201.
- Gay, P, Piccarolo, P, RicaudaAimonino, D, Tortia, C, 2010b. A high efficiency steam soil disinfestation system, partI: physical background and steam supply optimisation. *Biosyst. Eng.* 107 (2), 74–85.

- Gourd, T, 2002. Controlling Weeds Using Propane Generated Flame and Steam Treatments in Crop and Non Crop-lands. Organic Farming Research Foundation, Santa Cruz, CA.
- Graves, B, 2013. Growing reliance on technology: agriculture has high-tech helpers. San Diego Bus. J. 34 (43), 1.
- Grigorov, G.R, 2003. Method and System for Exterminating Pests, Weeds and Pathogens. Patent No. 20030037482A1.
- Guyton, K.Z., Loomis, D, Grosse, Y, El Ghissassi, F, Benbrahim-Tallaa, L, Guha, N, Scoccianti, C, Mattock, H., Straif, K, 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. LancetOncol. 16 (5), 490–491.
- Heisel, T, Schou, J., Christensen, S, Anderson, C, 2001. Cutting weeds with a CO2 laser. Weed Res. 41, 19–29.
- Hendrick, J, 1918. Experiments on the treatment of growing crops with overhead electric discharges. Scott. J. Agric. 1, 160–171.
- Horton, D. *La Papa: Produccion, Comercializacion Y Programas*; International Potato Center: Lima, Peru, 1992.
- Hutchinson, P. J. (2020). Weed management. In *Potato Production Systems* (pp. 347-416). Springer, Cham.
- Karthikeyan, P, Manikandakumar, M, Subarnaa, D. S, & Priyadharshini, P. (2020). Weed Identification in Agriculture Field Through IoT. In *Advances in Smart System Technologies* (pp. 495-505). Springer, Singapore.
- Kelley, M.C, 2013. The Earth's Electric Field. [Electronic Resource]: Sources from Sun to Mud. 2013 Elsevier Science, Burlington.
- Li, L., Wei, X, Mao, H, & Wu, S. (2017). Design and application of spectrum sensor for weed detection used in winter rape field. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(18), 127-133
- López Rivero, A. J, Martínez Alayón, C. A, Ferro, R, de la Iglesia, D. H, & Alonso Secades, V. (2020). Network Traffic Modeling in a Wi-Fi System with Intelligent Soil Moisture Sensors (WSN) Using IoT Applications for Potato Crops Using ARIMA and SARIMA Time Series. *Applied Sciences*, 10(21), 7702.

- Montalvo, M., Guerrero, J. M., Romeo, J., Emmi, L., Guijarro, M., & Pajares, G. (2013). Automatic expert system for weeds/crops identification in images from maize fields. *Expert Systems with Applications*, 40(1), 75-82.
- Murr, L.E, 1963. Optical microscopy investigation of plant cell destruction in an electrostatic field. *J. Pa. Acad. Sci.* 37, 109–121.
- Nguyen, M. L, Ciesielski, V, & Song, A. (2013, June). Rice leaf detection with genetic programming. In *2013 IEEE Congress on Evolutionary Computation* (pp. 1146-1153). IEEE.
- Nowacki W. Water in potato production, problems and challenges. *Inżynieria Ekol.* 2018 19 (6): 14–25, ISSN 0123–4226.
- Raffaelli, M, Martelloni, L, Frasconi, C, Fontanelli, M, Carlesi, S, Peruzzi, A, 2016. A prototype band-steaming machine: design and field application. *Biosyst. Eng.* 144, 61–71.
- Revanasiddappa, B., Arvind, C. S., & Swamy, S. Real-time early detection of weed plants in pulse crop field using drone with IoT. *Technology*, 16(5), 1227-1242.
- Sabzi, S., Abbaspour-Gilandeh, Y., & García-Mateos, G. (2018). A fast and accurate expert system for weed identification in potato crops using metaheuristic algorithms. *Computers in Industry*, 98, 80-89.
- Watchareeruetai, U, & Ohnishi, N. (2011). A new color-based lawn weed detection method and its integration with texture-based methods: A hybrid approach. *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, 131(2), 355-366.
- Wong, W. K, Chekima, A., Mariappan, M., Khoo, B, Choo, C. W., & Nadarajan, M. (2014). Genetic Algorithm optimization and feature selection for a support Vector Machine weed recognition system at critical Stage of Development. *World Applied Sciences Journal*, 30(12), 1953-1959.
- Wszelaki, A.L., Doohan, D.J., Alexandrou, A., 2007. Weed control and crop quality in cabbage [*Brassica oleracea* (capitata group)] and tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) using a propane flamer. *Crop Prot.* 26, 134–144
- Zheng, Y, Zhu, Q, Huang, M., Guo, Y, & Qin, J. (2017). Maize and weed classification using color indices with support vector data description in outdoor fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 215-222.