

Σποροπαραγωγή-Νέες Τεχνολογίες



Πτυχιακή εργασία της φοιτήτριας
Μαρία-Νεφέλη Τουρναβίτη

Αμαλιάδα 2021
Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Α. Λιόπα-Τσακαλίδη

Αντί προλόγου

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

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας και Πρόεδρο του Τμήματος 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. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Λητώ Ροδίτη.

Θα ήθελα να εκφράσω επίσης τις βαθύτατες ευχαριστίες στην οικογένεια μου για τη στήριξη και τη δύναμη που μου πρόσφεραν ώστε να εκπληρώσω τους στόχους μου.

Περιεχόμενα

Αντί προλόγου	2
Περίληψη	5
Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 1	7
1 Σποροπαραγωγή	7
1.2 Κατηγορίες σπόρων	8
1.2.1 Σπόρος Βελτιωτή (Breeders seed).....	8
1.2.2 Προβασικός σπόρος (Pre-basic seed).....	8
1.2.3 Βασικός σπόρος (Basic seed).....	9
1.2.4 Σπόρος 1 ^{ης} γενιάς αναπαραγωγής (εγγυημένος σπόρος/πιστοποιημένος)	10
1.2.5 Σπόρος 2 ^{ης} γενιάς αναπαραγωγής (πιστοποιημένος σπόρος).....	10
1.2.6 Σπόρος πιστοποιημένος ως «standard seed» (Κανονικός σπόρος).....	10
1.3 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι σπόροι σποράς καθώς και οι αγροί στους οποίους θα πραγματοποιηθεί σποροπαραγωγή.	10
1.4 Παραγωγή σπόρων στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά	15
1.5 Παραγωγή σπόρων στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά	17
1.6 Συγκομιδή σπόρων.....	18
Κεφάλαιο 2	20
2 Μετασυλλεκτική χειρισμοί που γίνονται στους σπόρους σποράς.....	20
2.1 Καθαρισμός σπόρων.....	21
2.2 Αποθήκευση σπόρων	22
2.3 Ποικιλιακός έλεγχος	25
Κεφάλαιο 3	27
3 Ευφυής γεωργία και νέες τεχνολογίες.....	27
3.1 Εισαγωγή	27

3.2	Ορισμός.....	29
	Κεφάλαιο 4	32
4.1	Το διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία.....	32
4.1.2	Οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών	32
4.2	Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία.....	35
4.3	Προηγμένες γεωργικές πρακτικές.....	42
4.3	Κύριος εξοπλισμός των τεχνολογιών που εφαρμόζεται	44
4.4	Συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές.....	47
4.5	Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων	49
4.6	Μελέτες περιπτώσεων IoT.....	51
4.6.1	Αυτοματοποιούμενη άρδευση.....	52
4.6.2	Αυτοματισμοί θερμοκηπίων.....	53
4.6.3	Διαχείριση καλλιεργειών.....	56
4.7	Ασφάλεια γεωργικής εκμετάλλευσης	58
	Κεφάλαιο 5	60
5	Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία	60
5.1	Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις ευρωπαϊκές χώρες.....	65
	Συμπεράσματα	67
	Βιβλιογραφία	68

Περίληψη

Η πτυχιακή Εργασία *σποροπαραγωγή και νέες τεχνολογίες* αποτελείται από πέντε κεφάλαια και αναφέρεται στην βασική γνώση της τεχνολογίας του Internet of Things (IoT) σε σχέση με την εξέλιξη της σποροπαραγωγής. Νέες τεχνολογίες αναπτύσσονται για να καλύψουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις ενός καινούριου ψηφιακού κόσμου, όπου όλες οι συσκευές είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους, αποτελώντας μέρος ενός IoT οικοσυστήματος. Η σποροπαραγωγή αποτελεί μία εξειδικευμένη προσέγγιση διαχείρισης της αγροτικής δραστηριότητας, η οποία αξιοποιεί τις σύγχρονες τεχνολογίες αλλά και την επιστημονική γνώση, με στόχο την σωστή λήψη αποφάσεων με πολλαπλά οφέλη για το περιβάλλον.

Το 1ο κεφάλαιο η σποροπαραγωγή, περιλαμβάνει τις κατηγορίες των σπόρων, τον σπόρο βελτιωτή (breeders seed), τον προβασικό σπόρο (pre-basic seed), τον βασικό σπόρο (basic seed), τον σπόρο 1ης γενιάς αναπαραγωγής (εγγυημένος σπόρος/πιστοποιημένος), τον σπόρο 2ης γενιάς αναπαραγωγής (πιστοποιημένος σπόρος), τον σπόρο πιστοποιημένο ως «standard seed» (κανονικός σπόρος), τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι σπόροι σποράς, καθώς και οι αγροί στους οποίους θα πραγματοποιηθεί σποροπαραγωγή, την παραγωγή σπόρων στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά, την παραγωγή σπόρων στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά, και την συγκομιδή σπόρων. Το 2ο κεφάλαιο αναφέρεται στους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς που γίνονται στους σπόρους σποράς, στον καθαρισμό των σπόρων, στην αποθήκευση των σπόρων, και στον ποικιλιακό έλεγχο. Το 3ο κεφάλαιο αναφέρεται στην ευφυή γεωργία και στις νέες τεχνολογίες, με μια εισαγωγή και τον ορισμό της.

Το 4ο κεφάλαιο αναφέρεται στο διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία, στα οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών στις τεχνολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία, στις προηγμένες γεωργικές πρακτικές, στον κύριο εξοπλισμό των τεχνολογιών που εφαρμόζεται, στην συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές, στις εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων, στις μελέτες περιπτώσεων IoT, στην αυτοματοποιούμενη άρδευση, στους αυτοματισμούς των θερμοκηπίων, στη διαχείριση των καλλιεργειών και στην ασφάλεια της γεωργικής εκμετάλλευσης. Στο 5ο Κεφάλαιο αναφέρονται παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία και την εφαρμογή τους στις ευρωπαϊκές χώρες.

Εισαγωγή

Οι δραστηριότητες της σποροπαραγωγής οδηγούν στην ανάπτυξη και στην απελευθέρωση βελτιωμένων ποικιλιών καλλιέργειας και εν γένει στην αναπαραγωγή φυτών. Σκοπός της συστηματικής σποροπαραγωγής οφείλει να είναι η απελευθέρωση βελτιωμένων ποικιλιών καλλιεργειών, η αύξηση της παραγωγικότητας και η συνολική παραγωγή καλλιεργειών για την τροφή των ανθρώπων.

Η σποροπαραγωγή βελτιωμένων ποικιλιών και η προώθηση τους στους αγρότες υπόκεινται σε κανόνες συστημάτων ανάπτυξης και πιστοποίησης σπόρων. Το επίπεδο ανάπτυξης της βιομηχανίας σπόρων συνεχώς βελτιώνεται με την βοήθεια των νέων τεχνολογιών και ιδιαίτερα των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things).

Οι νέες τεχνολογίες συμπεριλαμβάνουν την χρήση drones, υπολογιστών, ηλεκτρονικών και εργαλείων, όπως λόγω χάρη αισθητήρες, κάμερες, κ.λ.π., με βάση των οποίων επιτυγχάνεται η αυτοματοποίηση των διαφόρων δραστηριοτήτων και ενεργειών, προς βοήθεια της αύξησης της παραγωγικότητας και την αύξηση της αγροτικής παραγωγής.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) αφορά την σύνδεση μεταξύ των «έξυπνων» διατάξεων όπως διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών, είτε σε τοπικό επίπεδο είτε και απομακρυσμένα, με σκοπό την ύπαρξη συνεχούς ροής από πληροφορίες οι οποίες συλλέγονται, αποστέλλονται και επεξεργάζονται ώστε να αξιοποιηθούν και να δημιουργήσουν ένα έξυπνο και εύχρηστο περιβάλλον.

Η εκβιομηχάνιση της γεωργίας αυξάνει τη βελτιστοποίηση της παραγωγής τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Η βοήθεια των νέων τεχνολογιών μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things) και η δυνατότητα να προσφέρει λύσεις, βελτιώνει τη γεωργική παραγωγή και συμβάλλει στον εκσυγχρονισμό της ευφούς γεωργίας.

Κεφάλαιο 1

1 Σποροπαραγωγή

Ο σπόρος για κάθε γεωργό αποτελεί το ξεκίνημα για την εγκατάσταση μιας καλλιέργειας. Η επίτευξη υψηλής παραγωγικής απόδοσης και η καλή ποιότητα προϊόντος αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για ένα καλό ξεκίνημα μιας καλλιέργειας, το οποίο επιτυγχάνεται μόνο με τη χρήση καλής ποιότητας σπόρων που συνδυάζουν γρήγορη και ομοιόμορφη βλάστηση, δίνοντας φυτά που καλύπτουν όλα τα ζητούμενα των γενετικών χαρακτηριστικών. Σε μια τέτοιου είδους σύγχρονη καλλιέργεια απαιτούνται οι πιο κατάλληλοι και βελτιωμένοι σπόροι. Για την εξασφάλιση τέτοιων βελτιωμένων σπόρων κατάλληλων για αποδοτικές καλλιέργειες αναπτύχθηκε η τεχνική που σήμερα είναι γνωστή ως σποροπαραγωγή.



Με την σποροπαραγωγή μπορεί να επιτευχθεί η αναπαραγωγή νέων ποικιλιών, η ανανέωση των σπόρων παλαιότερων ποικιλιών, καθώς και η επάρκεια σε σπόρους των καλλιεργούμενων ποικιλιών.

Στην Ελλάδα η σποροπαραγωγή ξεκίνησε με το Α.Ν.825 το 1937 (Περί σποροπαραγωγής των βελτιωμένων ποικιλιών μικρών σιτηρών, κτηνοτροφικών φυτών και οσπρίων). Για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και έχοντας θεσπιστεί διάφοροι νόμοι από την πολιτεία, όλες οι ευθύνες για την οργάνωση της σποροπαραγωγής είχαν ως αποτέλεσμα να περιέλθουν στο δημόσιο. Το 1985 με τον Ν.1564 (Περί οργάνωσης, παραγωγής και εμπορίας του πολλαπλασιαστικού υλικού, σπόρων και μη), η σποροπαραγωγή εναρμονίστηκε με την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Σήμερα η σποροπαραγωγή δεν είναι αποκλειστικά κρατική αλλά ασκείται από όσους έχουν άδεια σποροπαραγωγικής επιχείρησης. Η παραγωγή και το εμπόριο σπόρων γίνεται από φορείς (Φυσικά ή Νομικά Πρόσωπα) τα οποία είναι εξουσιοδοτημένα από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης σύμφωνα με την νομοθεσία και εφόσον είναι καταχωρημένοι σε αντίστοιχο Μητρώο.



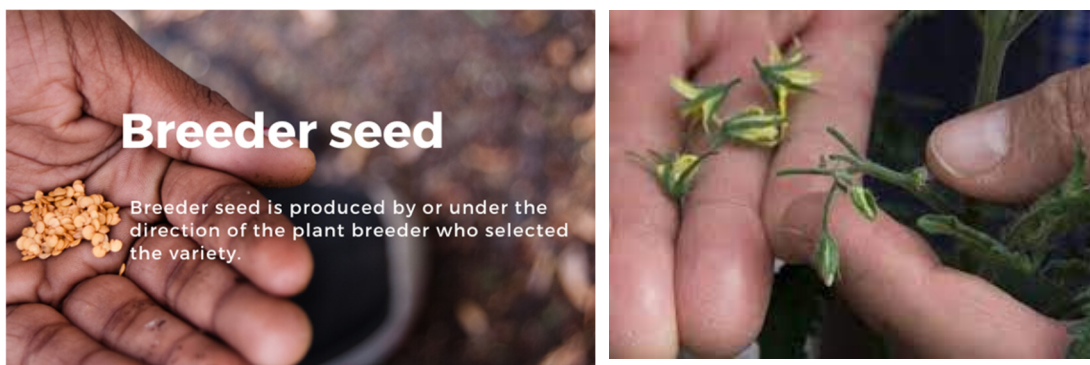
Η ανάπτυξη της παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού (σποροπαραγωγή) στην Ελλάδα αποτελεί Εθνικό συμφέρον και αναγκαιότητα. Έλλειψη αυτής, η γεωργική παραγωγή στην Ελλάδα θα έχει εξωτερική εξάρτηση.

1.2 Κατηγορίες σπόρων

Οι σπόροι διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες:

1.2.1 Σπόρος Βελτιωτή (Breeders seed)

Είναι ο σπόρος που ανήκει 100% στη συγκεκριμένη ποικιλία που είναι προς εγγραφή ή είναι ήδη εγγεγραμμένη στον Εθνικό Κατάλογο Ποικιλιών.



Συνήθως ο ιδιοκτήτης του σπόρου αυτού είναι ο φορέας που τον έχει δημιουργήσει εξ' ου και το όνομα σπόρος βελτιωτή, ο οποίος είναι υπεύθυνος και για τη διατήρηση της καθαρότητας του σπόρου αυτού.

1.2.2 Προβασικός σπόρος (Pre-basic seed)

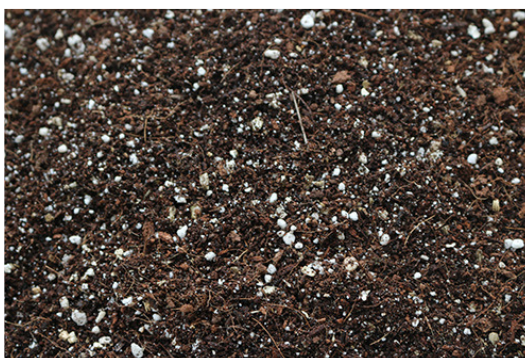
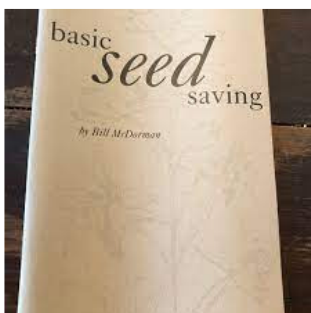
Ο σπόρος αυτός προέρχεται από τον προηγούμενο (τον σπόρο βελτιωτή) και λαμβάνεται ειδική μέριμνα ώστε να είναι καθαρός και να ανήκει επίσης 100% στη συγκεκριμένη ποικιλία. Η κυριότητα του σπόρου αυτού μπορεί να έχει αποκτηθεί μετά από διαγωνισμό από κάποια Εμπορική Εταιρεία.



Παρόλα αυτά, ο έλεγχος και η ευθύνη του καθαρισμού ανήκουν στον δημιουργό του σπόρου. Έλεγχος της καθαρότητας της φυτείας και της τήρησης των κανόνων σποροπαραγωγής αλλά και του καλού αλωνισμού, γίνεται και από αρμόδιους υπαλλήλους του Κέντρου Ελέγχου και Πιστοποίησης του Πολλαπλασιαστικού Υλικού (ΚΕΠΠΥΕΛ).

1.2.3 Βασικός σπόρος (Basic seed)

Προέρχεται από τον προηγούμενο και το γεγονός ότι έχει υποστεί τη διαδικασία ελέγχου και καθαρισμού άλλες δυο φορές, εξασφαλίζει την πιστότητα και τη γενετική του καθαρότητα. Και στο βασικό σπόρο η κυριότητα μπορεί να ανήκει σε κάποια εταιρεία, ο έλεγχος όμως και η ευθύνη του καθαρισμού ανήκουν στο δημιουργό του σπόρου.



Οι τακτικοί έλεγχοι γίνονται από το ΚΕΠΠΥΕΛ τόσο κατά τη διάρκεια του αλωνισμού, όσο και κατά τη διάρκεια του καθαρισμού. Ο βασικός σπόρος παράγεται σε μικρές ποσότητες από φυτά αυστηρά επιλεγμένα και καλλιεργημένα σε ελεγχόμενες συνθήκες.

1.2.4 Σπόρος 1^{ης} γενιάς αναπαραγωγής (εγγυημένος σπόρος/πιστοποιημένος)

Σε αυτή την κατηγορία γίνεται η πιστοποίηση ότι ο σπόρος ανέρχεται στο βαθμό γενετικής γνησιότητας που απαιτείται από τις αρχές για την πιστοποίηση σπόρων. Ο σπόρος της κατηγορίας αυτής προέρχεται από το βασικό και χρησιμοποιείται για την παραγωγή πιστοποιημένου σπόρου 2ης γενιάς.

1.2.5 Σπόρος 2^{ης} γενιάς αναπαραγωγής (πιστοποιημένος σπόρος)

Προέρχεται από τον προηγούμενο και είναι αυτός ο οποίος δίνεται στον καλλιεργητή/παραγωγό για καλλιέργεια. Στην περίπτωση αυτή όπως και στην προηγούμενη, υπεύθυνος για τον καθαρισμό και τη διατήρηση της γενετικής καθαρότητας του σπόρου είναι ο Σποροπαραγωγικός Οίκος που έχει αποκτήσει τα δικαιώματα του σπόρου.

1.2.6 Σπόρος πιστοποιημένος ως «standard seed» (Κανονικός σπόρος)

Μετά τον πιστοποιημένο σπόρο 2ης γενιάς κάθε αναπολλαπλασιασμός δεν πιστοποιείται. Εξαιρούνται ορισμένα φυτικά είδη στα οποία υπάρχει αναπολλαπλασιασμός και πέραν της 2ης γενιάς και οι σπόροι αυτοί πιστοποιούνται ως Standard. Κατηγορίες σπόρων που πιστοποιούνται ως Standard υπάρχουν μόνο στα κηπευτικά. Ο σπόρος αυτός μπορεί δε να αναφέρεται και ως εμπορικός σπόρος.

1.3 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν οι σπόροι σποράς καθώς και οι αγροί στους οποίους θα πραγματοποιηθεί σποροπαραγωγή.

Οι σπόροι σποράς αναγνωρίζονται ως η βασική συμβολή στην παραγωγή καλλιεργειών. Η διασφάλιση της διαθεσιμότητας βελτιωμένων ποικιλιών και υψηλής ποιότητας σπόρων στους αγρότες, είναι ένα από τα κύρια εργαλεία στη γεωργική ανάπτυξη. Όμως οι σπόροι είναι ένα ζωντανό υλικό και αυτό εισάγει πολλούς κινδύνους στην αλυσίδα παραγωγής και εμπορίας, με αποτέλεσμα τα αναμενόμενα οφέλη από την προμήθεια «βελτιωμένων σπόρων» να μην έχουν επιτευχθεί πάντα στην πράξη.

Η νομοθεσία για τους σπόρους έχει σαν στόχο να παρέχει ένα μέτρο προστασίας στους αγρότες και στη βιομηχανία σπόρων από δόλιες πωλήσεις σπόρων χαμηλής ποιότητας

και να διευκολύνει την πρόσβαση των αγροτών σε σπόρους υψηλής ποιότητας από ένα ευρύ φάσμα ποικιλιών.

Οι αγρότες κατά βάση αγοράζουν σπόρους, αφού συνεκτιμήσουν τα χαρακτηριστικά τους, τα οποία αποτελούν τις προϋποθέσεις για την καλλιέργεια που θα αναπτύξουν. Ο σπόρος που είναι καθαρός θα βλαστήσει καλά και θα εξελιχθεί σε καλή και υγιή καλλιέργεια. Αυτό παραπέμπει στην καλή αξία φύτευσης ή με άλλα λόγια στην καλή ποιότητα του σπόρου και είναι ένας συνδυασμός πολλών διαφορετικών χαρακτηριστικών που λαμβάνονται υπόψη ως προϋποθέσεις για την καλλιέργεια που θα αναπτυχθεί. Η ποιότητα του σπόρου και η ταυτότητα του (ποικιλία), καθώς και η καθαρότητα της ποικιλίας που αναλύεται παρακάτω, αποτελούν τις προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρούν οι σπόροι σποράς.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που αναδεικνύουν την ποιότητα των σπόρων σποράς συνοψίζονται ως εξής:

- **Φυσική ποιότητα:** Ο σπόρος με φυσική ποιότητα πρέπει να έχουν ομοιόμορφο μέγεθος, βάρος και χρώμα και να είναι απαλλαγμένοι από άλλους σπόρους όπως σπόρους ζιζανίων, διάφορα ίχνη από υπολείμματα σπόρων, άρρωστους σπόρους και σπόρους που έχουν υποστεί ζημιά από έντομα, καθώς και από κενούς κατεστραμμένους σπόρους. Να είναι απαλλαγμένοι από πέτρες, σκόνη, φύλλα, κλαδάκια, στελέχη λουλουδιών και άλλα αδρανή υλικά. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα πρέπει να αποφεύγονται σπόροι προς σπορά με παρουσία επιβλαβών οργανισμών ή θα πρέπει να είναι ελαχιστοποιημένη η παρουσία τους.
- **Γενετική καθαρότητα ή καλή γενετική αξία (καθαρότητα ποικιλίας):** Μια τέτοια επιθυμητή βελτιωμένη ποικιλία θα έχει καλή απόδοση υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες από τις οποίες θα καλλιεργηθεί η καλλιέργεια. Αυτό μπορεί να εξαρτάται από πολλούς αγρονομικούς παράγοντες, από την εποχή παραγωγής και από την προβλεπόμενη χρήση για την τελική συγκομιδή. Η καθαρότητα της ποικιλίας μπορεί να θεωρηθεί ως η γενετική ποιότητα του σπόρου που προκύπτει από τις προσπάθειες των παραγωγών του, οι οποίοι συνθέτουν το συνδυασμό γονιδίων (γονότυπος) και αντιπροσωπεύουν την ποικιλία. Κατά συνέπεια οι σπόροι προς σπορά απαιτείται να έχουν επαρκή ποικιλιακή ταυτότητα και καθαρότητα.
- **Φυσιολογική Ποιότητα:** Τα φυσιολογικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του σπόρου περιλαμβάνουν τη βλάστηση των σπόρων και τη σφριγηλότητα. Η ζωντάνια ενός σπόρου είναι γνωστή ως βιωσιμότητα. Ο βαθμός ζωντάνιας για την παραγωγή καλών

σποροφύτων ή η ικανότητα του σπόρου για παραγωγή σποροφύτων με φυσιολογική ρίζα και βλαστό σε ευνοϊκή κατάσταση, είναι γνωστή ως βλαστική ικανότητα (βλάστηση). Η σφριγηλότητα του σπόρου είναι η ενέργεια ή η αντοχή του σπόρου στην παραγωγή βελτιωμένων σποροφύτων. Είναι το άθροισμα όλων των χαρακτηριστικών των σπόρων που επιτρέπει την αναγέννησή του υπό οποιεσδήποτε δεδομένες συνθήκες. Η φυσιολογική ποιότητα καθορίζει το επίπεδο απόδοσης των σπόρων προς σπορά ή των σπόρων κατά τη βλάστηση και την εμφάνιση των φυτών. Η φυσιολογική ποιότητα των σπόρων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της σωστής επιλογής σπόρων (ωριμασμένων σπόρων) που χρησιμοποιούνται για σπορά και φροντίζοντας ποιοτικούς χαρακτήρες κατά την συλλογή, την ξήρανση και την αποθήκευση. Ο σπόρος με καλό σθένος είναι προτιμότερος για την καλλιέργεια μιας καλής φυτείας. Το σθένος σχετίζεται με την ηλικία του σπόρου, την σκληραγώγησή του, την καλή κατάστασή του και την υγεία του. Εν προκειμένω, οι σπόροι προς σπορά θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη βλαστική ικανότητα.

- **Υγεία σπόρων:** Η κατάσταση της υγείας των σπόρων δεν είναι παρά η απουσία προσβολής από έντομα και η απουσία μυκητιασικής λοίμωξης, εντός ή πάνω στον σπόρο. Ο σπόρος δεν πρέπει να μολυνθεί με μύκητες ή να μολυνθεί με έντομα καθώς αυτά θα μειώσουν τη φυσιολογική ποιότητα του σπόρου και επίσης τη φυσική ποιότητα του σπόρου σε μακροχρόνια αποθήκευση. Η υγειονομική κατάσταση των σπόρων επηρεάζει άμεσα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και εγγυάται την υγιεινή κατάσταση των σποροφύτων στο φυτώριο / αγρό.

Επιπλέον θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη:

- i. Η ικανότητα των σπόρων στο να δίνει τον επιθυμητό πληθυσμό φυτών κατά την σπορά.
- ii. Η ικανότητα αντοχής τους στις αντίξοες συνθήκες.
- iii. Τα σπορόφυτα που θα παραχθούν να είναι πιο έντονα, ταχέως αναπτυσσόμενα και να μπορούν να αντισταθούν σε κάποιο βαθμό στην επίπτωση παρασίτων και ασθενειών.
- iv. Να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ανάπτυξη και ωριμότητα.
- v. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος να είναι πιο αποτελεσματική ώστε να βοηθά στην απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών και να έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη απόδοση.
- vi. Να ανταποκρίνονται καλά στα πρόσθετα λιπάσματα και στις άλλες εισροές.

- vii. Ως σπόροι σποράς καλής ποιότητας βελτιωμένων ποικιλιών να εξασφαλίζουν υψηλότερη απόδοση.
- viii. Η υγρασία των σπόρων να μην υπερβαίνει το 13%.
- ix. Ιδιαίτερη προσοχή πριν την σπορά θα πρέπει να δίνεται στην ημερομηνία λήξης, δηλαδή στην ωφέλιμη ζωή των σπόρων. Δεν πρέπει να ξεπερνάει τα δύομισι χρόνια από την ημερομηνία συσκευασίας.
- Ως παράδειγμα, στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι προδιαγραφές του βασικού και πιστοποιημένου σπόρου σποράς της μηδικής καλλιέργειας.

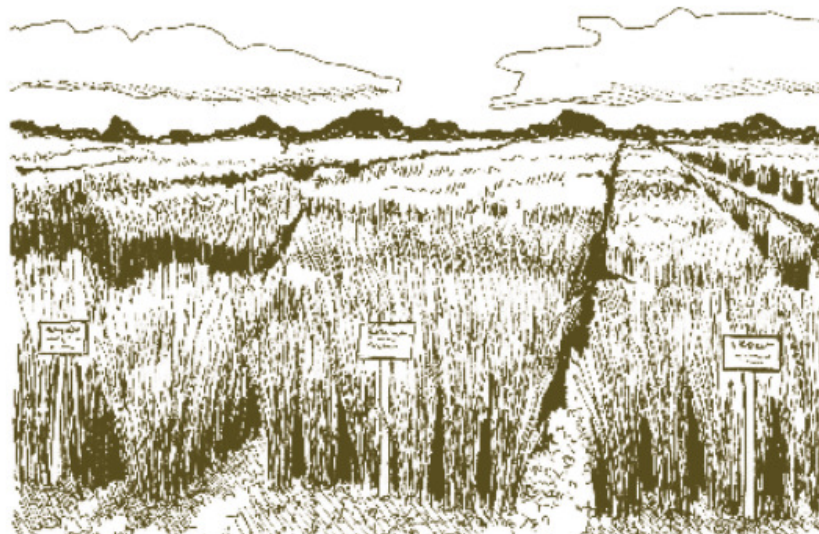
Γνώρισμα	Βασικός σπόρος	Πιστοποιημένος σπόρος
Βλαστικότητα (min)	80%	80%
Καθαρότητα σπόρου (min)	99%	98%
Σκληροί σπόροι (max)	20%	20%
Συνολικοί σπόροι ζιζανίων (max)	0,3%	0,3%
Σπόροι ζιζανίων: Rumex spp., Cirsium spp., Sorghum halepense (max)	5/50kg	5/50kg
Σπόροι ζιζανίων: Alopecurus myosuroides, Melilotus spp., Cuscuta spp. (max)	0	0

Όσο απαιτείται ο έλεγχος των σπόρων σποράς πριν την σπορά, άλλο τόσο χρειάζεται ο έλεγχος και η προετοιμασία των αγρών/χώρου φύτευσης πριν τη διαδικασία της σποράς.

Η επιτυχής σπορά μιας φύτευσης εξαρτάται, αφενός από την προμήθεια σπόρων με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθώς και την προετοιμασία τους, αφετέρου από την προσεγμένη προετοιμασία του τόπου σποράς / φύτευσης. Η καλύτερη σποροπαραγωγή ευνοείται όταν οι αγροί είναι σχετικά ξηροί. Πριν από τη σπορά θα πρέπει να οργώνονται σε βάθος 50-60cm (για να επιτευχθεί σπάσιμο του υπεδάφους) και στη συνέχεια να εφαρμόζεται άρδευση.

Το έδαφος αποτελεί ίσως τη βασικότερη παράμετρο για την επιλογή του τόπου σποράς / φύτευσης. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι η γεωγραφική θέση, το υψόμετρο, το ανάγλυφο, η κλίση, η μηχανική (αποστράγγιση και αερισμός), η χημική σύσταση (έλεγχος pH κ.λ.π.), καθώς και η διαθεσιμότητα του σε

νερό. Απαιτούνται μελέτες της σύστασης του εδάφους, ώστε να εξετασθεί η καταλληλότητά του για την ανάπτυξη της σποροπαραγωγής.



Κατάλληλα εδάφη θεωρούνται αυτά που χαρακτηρίζονται από καλή στράγγιση, καλό αερισμό, την απαιτούμενη αλκαλικότητα και περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, τα οποία επιτρέπουν στο ριζικό σύστημα να εισχωρήσει σε βάθος. Προτιμώνται τα εδάφη με ομοιογενή δομή προκειμένου οι διαφορές στην ωριμότητα μεταξύ των φυτών να είναι ελάχιστες.

Οι αγρός ή ο τόπος σποράς / φύτευσης που επιλέγεται για σποροπαραγωγή, δεν θα πρέπει να έχει καλλιεργηθεί κατά την προηγούμενη περίοδο με το ίδιο φυτικό είδος. Θα πρέπει να έχει υποστεί κατά τα προηγούμενα χρόνια εναλλαγή καλλιεργειών (αμειψισπορά) ή ο αγρός θα πρέπει να προέρχεται από αγρανάπαυση, ώστε να έχει υπάρξει εμπλουτισμός του εδάφους με συστατικά που άλλα φυτά απορροφούν και άλλα αποδίδουν στο έδαφος. Έτσι, αφενός διατηρείται η γονιμότητα του χωραφιού και η αποδοτικότητα του, αφετέρου καταπολεμούνται καλύτερα οι ασθένειες καθώς και τα ζιζάνια (κυρίως τα πολυετή) και το σπουδαιότερο, προλαβαίνονται και δεν μπορούν να εκδηλωθούν καταστροφικές για την καλλιέργεια ασθένειες όπως για παράδειγμα η «ριζομανία». Επίσης ο επιλεγμένος αγρός θα πρέπει να απέχει από άλλους αγρούς με καλλιέργειες είτε ίδιας ποικιλίας ή και με διαφορετικές ποικιλίες, προς αποφυγή συγκομιδής μείγματος σπόρων.

1.4 Παραγωγή σπόρων στα αυτογονιμοποιούμενα φυτά

Γονιμοποίηση είναι η ένωση των γενετικών κυττάρων. Από τους αρσενικούς και θηλυκούς γαμέτες δημιουργείται το ζυγωτό με το οποίο θα εξελιχθεί το έμβρυο του νέου φυτού. Στα φυτά οι αρσενικοί γαμέτες που περιέχονται στους γυρεόκοκκους (γύρη), πρέπει να "κάτσουν" πάνω στο στίγμα του υπέρου για να πραγματοποιηθεί η γονιμοποίηση. Αυτό το επιτυγχάνουν με την επικονίαση.

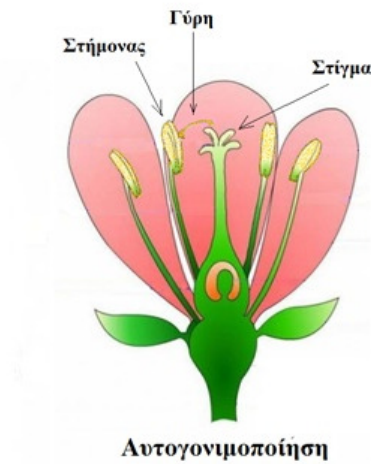
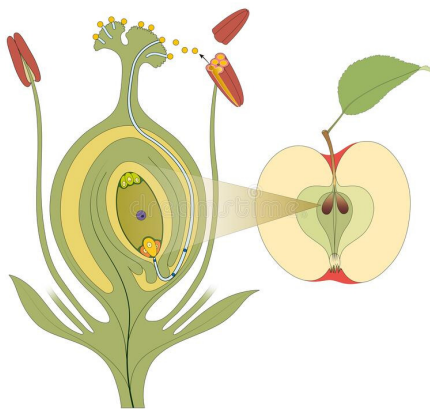
Μερικά φυτά γίνονται από επικονίαση από ένα άλλο φυτό (διασταυρούμενη επικονίαση), μερικά όμως είναι σε θέση να το κάνουν τα ίδια για τον εαυτό τους (αυτεπικονίαση/αυτογονιμοποίηση).

Πρόκειται για την επικονίαση που συμβαίνει από μόνη της στη φύση με τη βοήθεια των εντόμων, των ζώων, ή του ανέμου και του νερού. Με αυτόν ακριβώς τον τρόπο προέκυψε η αναπαραγωγή των φυτών. Έτσι λοιπόν αναπαράγονται τα φυτά εδώ και εκατομμύρια χρόνια.

Σε αντίθεση με τον φυσικό τρόπο επικονίασης, σήμερα έχει εισέλθει ένας νέος τρόπος επικονίασης που ακούει στο όνομα «νεότερη πρακτική υβριδισμού», όπου τα φυτά με διάφορα χαρακτηριστικά που θεωρούνται επιθυμητά, είναι σκόπιμα επικονιασμένα για εμπορικούς ή άλλους βοτανικούς σκοπούς.

Η επικονίαση στη φύση προκύπτει είτε μέσω της αυτεπικονίασης/ αυτογονιμοποίησης, όπου το αρσενικό στοιχείο του άνθους παράγει την απαιτούμενη γύρη η οποία και προορίζεται για να επικονιάσει το θηλυκό άνθος του ίδιου όμως φυτού, είτε μέσω της διασταυρούμενης επικονίασης που θα αναφερθούμε πιο κάτω, η οποία λαμβάνει χώρα όταν το αρσενικό άνθος ενός φυτού είναι σε θέση να επικονιάσει το θηλυκό ενός άλλου φυτού του ίδιου είδους.

Η αυτεπικονίαση/αυτογονιμοποίηση προκύπτει σε διαφορετικές μορφές. Ορισμένα είδη φυτών παράγουν άνθη με αρσενικά και θηλυκά στοιχεία μέσα στο ίδιο άνθος όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, ενώ άλλα φυτά παράγουν ξεχωριστά αρσενικά και θηλυκά άνθη στο ίδιο φυτό.



Μέσω της αυτεπικονίασης/αυτογονιμοποίησης προκύπτουν απόγονοι που είναι ουσιαστικά ένα πιστό αντίγραφο του αρχικού φυτού. Πρόκειται για μια μορφή αναπαραγωγής φυτών που δεν καταπονεί το αρχικό φυτό και δεν απαιτεί για την πραγματοποίησή της πολλή ενέργεια και αποθηκευμένα θρεπτικά συστατικά. Όμως τα ελαττωματικά γονίδια, εάν αυτά υπάρχουν, θα μεταφερθούν από τη μία γενεά φυτών στην επόμενη. Τα φυτά που αναπαράγονται με αυτό τον τρόπο συχνά παράγουν σπόρους κακής ποιότητας σε σύγκριση με εκείνους που προκύπτουν από διασταυρούμενη επικονίαση.

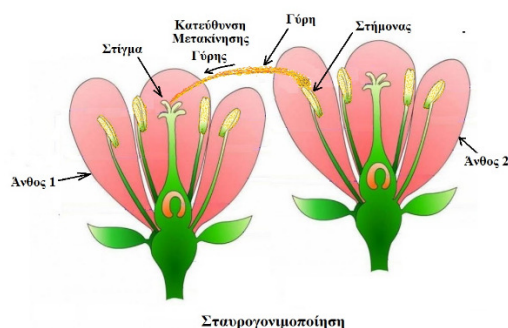
Βεβαίως η ύπαρξη του ομοζυγωτικού εκφυλισμού ήτοι η απώλεια της ζωνρότητας που παρατηρείται στους απογόνους μιας διασταύρωσης συγγενών ατόμων ή στους απογόνους της αυτογονιμοποίησης, είναι γνωστή και αποτελεί ένα κύριο μειονέκτημα αυτού του είδους της επικονίασης/γονιμοποίησης. Με την αυτογονιμοποίηση όλα τα γονίδια γίνονται σιγά σιγά ομοζυγωτά στους απογόνους και η έκφραση των υπολειπόμενων αλληλόμορφων αποκαλύπτεται ολοένα και περισσότερο, οδηγώντας στις δηλητηριώδεις συνέπειες του ομοζυγωτικού εκφυλισμού, με αποτέλεσμα η αυτογονιμοποίηση των καθαρών σειρών να μειώνει σημαντικά την ζωτικότητα και την επιβίωση των απογόνων τους.

Τα ζώντα είδη έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίζουν την επιβίωση των απογόνων τους. Εκείνα που αποτυγχάνουν εξαφανίζονται. Απαιτείται επομένως γενετική ποικιλομορφία ώστε σε μεταβαλλόμενες συνθήκες περιβάλλοντος μερικοί από τους απογόνους να μπορούν να επιβιώσουν. Η αυτεπικονίαση/αυτογονιμοποίηση οδηγεί στην παραγωγή φυτών με λιγότερη γενετική ποικιλομορφία, καθώς το γενετικό υλικό

από το ίδιο φυτό χρησιμοποιείται για να σχηματίσει γαμέτες και τελικά, το ζυγωτό, κατά συνέπεια μειονεκτεί έναντι της διασταυρούμενης επικονίασης/γονιμοποίησης. Ο ομοζυγωτικός εκφυλισμός εμφανίζεται τόσο σε αυτογονιμοποιούμενα όσο και σε σταυρογονιμοποιούμενα φυτά.

1.5 Παραγωγή σπόρων στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά

Σε αντίθεση με την αυτεπικονίαση/αυτογονιμοποίηση, στην περίπτωση της διασταυρούμενης επικονίασης/γονιμοποίησης ο στόχος είναι να τοποθετηθεί η γύρη από τον ανθήρα του ενός φυτού στο στίγμα ενός άλλου φυτού. Αυτό μπορεί να συμβεί με τη βοήθεια των εντόμων, των ζώων κ.α. Τα πτηνά, οι νυχτερίδες, τα έντομα, οι αράχνες, τα ζώα και κάθε άλλο ζωντανό είδος μπορούν να βοηθήσουν άμεσα στην επικονίαση πηγαίνοντας από άνθος σε άνθος, αναζητώντας ένα γεύμα ή μπορεί να μεταφέρουν τη γύρη κατά λάθος κοντά σε γόνιμα άνθη. Ο άνεμος και το νερό είναι επίσης υπεύθυνοι για το 10% περίπου της επικονίασης. Ωστόσο, το μεγαλύτερο ποσοστό της επικονίασης εκτελείται από ζώντες οργανισμούς. Η παρακάτω εικόνα δείχνει την μεταφορά της γύρης από το ένα άνθος στο άλλο.



Η διασταυρούμενη επικονίαση μπορεί να προσφέρει πλεονεκτήματα σε ένα φυτικό είδος μέσω πιθανών υγιέστερων απογόνων. Νέες ποικιλίες φυτικών ειδών εντός των φυτικών γενών μπορούν και έχουν δημιουργηθεί με διασταυρούμενη επικονίαση/γονιμοποίηση.

Σε αντίθεση με την αυτοεπικονίαση/γονιμοποίηση, στην διασταυρούμενη επικονίαση/γονιμοποίηση η αναπαραγωγή είναι αβέβαιη. Και οι δύο πλευρές μπορούν να είναι έτοιμες, πρόθυμες και ικανές να αναπαραχθούν, αλλά χωρίς τα μέσα της επικονίασης (ζώα και φυτά), η αναπαραγωγή δε θα συμβεί ποτέ.

Τα φυτά που αναπαράγονται με διασταυρούμενη επικονίαση τείνουν να παράγουν και μεγαλύτερες ποσότητες σπόρων.

Αναφορικά, με την ύπαρξη του ομοζυγωτικού εκφυλισμού και τα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά αν και έχουν ετεροζυγωτά αλληλόμορφα στα περισσότερα γονίδια τους, έχουν και υπολειπόμενα αλληλόμορφα δηλητηριώδη για το άτομο, αλλά καλύπτονται από τα επικρατή αλληλόμορφα.

Το αντίθετο του ομοζυγωτικού εκφυλισμού η αυξημένη δηλαδή ευρωστία-ζωηρότητα (ετέρωση), παρουσιάζεται στους απογόνους μιας διασταύρωσης (υβρίδια). Η ζωηρότητα αυτή είναι πιο έντονη στα σταυρογονιμοποιούμενα είδη σε σχέση με τα αυτογονιμοποιούμενα.

Η διασταύρωση ατόμων από διαφορετικούς πληθυσμούς καλαμποκιού έδωσε άτομα με καλύτερη απόδοση κατά 40% στην πρώτη γενιά (1^ο καταγεγραμμένο πείραμα από τον Beal στο τέλος του 19^{ου} αιώνα). Μετά από αρκετά έτη επαναλήψεων προέκυψε το συμπέρασμα ότι ο υβριδισμός ατόμων από διαφορετικές καθαρές σειρές (ποικιλίες), δίνει απογόνους με πολύ καλύτερη απόδοση και ζωηρότητα-ευρωστία ιδιαίτερα στα σταυρογονιμοποιούμενα φυτά.

1.6 Συγκομιδή σπόρων

Για να γίνει η συγκομιδή των καρπών και οι περιεχόμενοι σε αυτούς σπόροι θα πρέπει να έχουν ωριμάσει πλήρως. Όταν οι σπόροι έχουν αποκτήσει το χρώμα που είναι χαρακτηριστικό για κάθε φυτικό είδος ή ποικιλία, τότε είναι έτοιμοι για συλλογή. Η ύπαρξη τακτικής παρακολούθησης της προόδου ωρίμανσης των σπόρων πάνω στο φυτό είναι επιβεβλημένη, ώστε να γίνεται η συλλογή των σπόρων πριν εκτιναχθούν από τους καρπούς του φυτού και διασκορπισθούν. Οι σπόροι δεν ωριμάζουν όλοι μαζί και γι' αυτό η συλλογή συνιστάται να γίνεται τμηματικά, εφόσον κάτι τέτοιο είναι εφικτό.

Το πρωί με την δροσιά είναι η καλύτερη ώρα της ημέρας για την συλλογή των σπόρων. Μετά από βροχή ή γενικά με υγρό καιρό η συλλογή σπόρων θα πρέπει να αποφεύγεται. Η συγκομιδή των σπόρων είναι εργασία που μπορεί να γίνει είτε με το χέρι είτε με ειδικές μηχανές συγκομιδής. Η συγκομιδή όταν γίνεται με τα χέρια έχει καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ποιότητα, αλλά το κόστος είναι υψηλό λόγω των πολλών εργατικών χεριών που απαιτούνται. Συνήθως αυτός ο τρόπος εφαρμόζεται για μικρές σποροπαραγωγικές μονάδες οικογενειακής μορφής όπου το εργατικό κόστος

καλύπτεται από προσωπική εργασία της οικογένειας του αγρότη καλλιεργητή. Η χρήση μηχανικών μέσων συγκομιδής εφαρμόζεται σε μεγάλο μέγεθος σποροπαραγωγικές εκτάσεις. Κατά την περίοδο της συγκομιδής οι μηχανές θα πρέπει να είναι καθαρές και απαλλαγμένες από σπόρους άλλων φυτών από παλιότερες συγκομιδές.

Κεφάλαιο 2

2 Μετασυλλεκτική χειρισμοί που γίνονται στους σπόρους σποράς

Μετά την συγκομιδή των σπόρων που προέρχονται είτε κατευθείαν από το χωράφι είτε από κέντρο συγκέντρωσης, θα πρέπει να υποστούν επεξεργασία με διάφορες μεθόδους προκειμένου να διατηρηθεί η φυσική καθαρότητα και επίσης να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους. Αυτό πρέπει να γίνει πριν οι σπόροι οδηγηθούν για αποθήκευση.

- ***Ξήρανση των σπόρων***

Η ξήρανση των σπόρων είναι η διαδικασία μείωσης της περιεκτικότητας σε υγρασία του σπόρου, προκειμένου να βελτιωθεί η σφριγηλότητα και η βιωσιμότητα του και συνεπώς να αυξηθεί η διάρκεια αποθήκευσης. Βοηθά στο να κρατήσει τους σπόρους απαλλαγμένους από παράσιτα και ασθένειες. Το στέγνωμα πρέπει να γίνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Κατά την ξήρανση πρώτα θα εξατμιστεί η υγρασία από την επιφάνεια του σπόρου και έπειτα από τα εσωτερικά στρώματα του, η οποία μεταφέρεται στην επιφάνεια του σπόρου για περαιτέρω ξήρανση.

- ***Καθαρισμός των σπόρων***

Με αυτή τη διαδικασία είναι σημαντικό και πρέπει να διαχωριστούν ανεπιθύμητα στοιχεία όπως μεγάλες ακαθαρσίες, άμμος, λεπτοί κόκκοι και ζιζάνια από τους συλλεγμένους σπόρους της συγκομιδής. Γίνεται διενέργεια ενός τελικού καθαρισμού προκειμένου να πληρείται όσο το δυνατόν περισσότερο η διασφάλιση των φυτοϋγειονομικών συνθηκών. Σε αυτό το στάδιο οι σπόροι εξετάζονται περαιτέρω για μούχλα και αν εμφανίζουν ασθένειες που είναι ορατές στο εξωτερικό τους περίβλημα.

- ***Λίχνισμα***

Είναι μια πολύ παλιά μέθοδος για να αφαιρείται ο φλοιός από τους σπόρους πετώντας τους στον αέρα. Βοηθά στην απομάκρυνση των μίσχων, των παλαιών πετάλων, των φλοιών και άλλων τμημάτων του λουλουδιού και των συντριμμάτων που αναμιγνύονται με τους σπόρους. Υπάρχουν και μηχανικές εφαρμογές για λίχνισμα. Επίσης τα κόσκινα κοσκινίσματος με διαφορετικά μετρητικά μεγέθη χρησιμοποιούνται για κοσκίνισμα, προκειμένου να αφαιρεθούν τα συντρίμια και οι διάφοροι άλλοι σπόροι από τους σπόρους ενδιαφέροντος.



ΛΙΧΝΙΣΜΑ

- **Ταξινόμηση**

Ταξινομούνται σε μεγέθη διασφαλίζοντας ότι οι σπόροι έχουν αρκετό υλικό για βλάστηση, επομένως δεν είναι πολύ μεγάλοι και σίγουρα όχι πολύ μικροί σε σύγκριση με το μέσο μέγεθος της καλλιέργειας.

- **Θεραπεία**

Σε αυτό το σημείο οι σπόροι θα μπορούσαν να ξηρανθούν περαιτέρω, να αεριστούν και σε περιπτώσεις να επικαλυφθούν με εγκεκριμένα αγροχημικά που έχουν αντιμικροβιακό ή μυκητοκτόνο δραστικό συστατικό.

- **Συσκευασία**

Αυτή γίνεται με τους σωστούς τύπους σακουλιών που θα διασφαλίσουν επαρκή αερισμό.

- **Αποθήκευση**

Στη συνέχεια οι σπόροι μεταφέρονται και αποθηκεύονται σε χώρο χωρίς επιβλαβείς οργανισμούς, σε παλέτες, σε κλειδωμένα καταστήματα και μακριά από τοίχους για να αποφευχθεί η υγρασία προτού διατεθούν στην αγορά.

2.1 Καθαρισμός σπόρων

Τα κομμάτια μίσχων που συλλέγονται μαζί με τους σπόρους φιλοξενούν έντομα που θα μπορούσαν να καταστρέψουν τους αποθηκευμένους σπόρους. Προκειμένου να

αποφευχθούν τέτοιες ζημιές, πρέπει να ακολουθείται ο καθαρισμός είτε με υγρή είτε με στεγνή μέθοδο.

i. Υγρός καθαρισμός

Τα φυτά που μεταφέρουν σπόρους στην υγρή τους σάρκα μπορούν να καθαριστούν με αυτήν τη μέθοδο. Οι σπόροι που μαζεύονται από τη σάρκα του ωριμασμένου φρούτου πρέπει να συλλέγονται σε ένα δοχείο και να τρίβονται έντονα με χονδροειδή άμμο για να αφαιρεθεί η σάρκα γύρω από τους σπόρους. Στη συνέχεια, οι σπόροι λαμβάνονται σε κόσκινο και πλένονται επανειλημμένα κάτω από τρεχούμενο νερό για να αφαιρεθούν τα κομμάτια σάρκας και βλεννογόνου. Μετά από αυτόν τον καθαρισμό, οι σπόροι πρέπει να στεγνώνονται για 10 ημέρες πριν από την αποθήκευση.

ii. Στεγνό καθάρισμα

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για τους ώριμους σπόρους σε ξηρό καψάκιο / λοβό. Είτε οι ξηροί λοβοί μπορούν να συλλεχθούν μεμονωμένα, είτε ολόκληρο το φυτό με το λοβό να τραβηχτεί και να στεγνώσει σε σκιά. Κατόπιν να γίνει αλώνισμα για τη συλλογή των σπόρων. Μετά το αλώνισμα οι σπόροι συνθλίβονται ή τυλίγονται ήπια και αραιώνονται πριν από την αποθήκευση.



2.2 Αποθήκευση σπόρων

Η αποθήκευση των σπόρων είναι η διατήρηση των σπόρων στην αρχική ποιότητα έως ότου χρειαστούν για την νέα φύτευση. Η ικανότητα του σπόρου να ανέχεται την απώλεια υγρασίας του επιτρέπει να διατηρήσει τη βιωσιμότητα σε ξηρή κατάσταση. Η αποθήκευση ξεκινά στο ίδιο το μητρικό φυτό όταν επιτυγχάνει τη φυσιολογική

ωριμότητα. Μετά τη συγκομιδή οι σπόροι αποθηκεύονται είτε σε σπίτια, είτε σε αγροκτήματα, είτε σε χώρους διαμετακόμισης, είτε σε καταστήματα λιανικής.

Η πρακτική της αποθήκευσης των σπόρων ξεκινά από την αρχαιότητα ακολουθώντας απλές και φθηνές τεχνικές π.χ. την τοποθέτηση των σπόρων σε αλάτι, κ.λ.π.

Κατά τη διάρκεια των παλαιών χρόνων οι αγρότες χρησιμοποιούσαν σπόρους που είχαν αποθηκεύσει στο αγρόκτημα σε μικρή ποσότητα. Με την εισαγωγή των ποικιλιών και των υβριδίων υψηλής απόδοσης σε συνδυασμό με τον εκσυγχρονισμό της γεωργίας, απαιτήθηκε η ανάπτυξη νέων τεχνικών αποθήκευσης για τη διατήρηση των σπόρων.

Στη σημερινή γεωργία η ποσότητα προς αποθήκευση είναι πολύ μεγάλη όπως και η ανταλλαγή ποικιλιών και ειδών, καθώς και η ανταλλαγή γονιδίων. Ο τύπος του υλικού που πρόκειται να αποθηκευτεί αποφασίζει «από μόνος του» τις τεχνικές που πρέπει να ακολουθούνται για την ασφαλή αποθήκευσή του. Η τεχνική αποθήκευσης άλλαξε από τη συνηθισμένη σε κρυογονική αποθήκευση δεξαμενών, ακόμη και σε αποθήκευση γονιδίων.

Αρχές αποθήκευσης σπόρων

Οι σπόροι όταν αποθηκεύονται σε φυσικό περιβάλλον ανταποκρίνονται εύκολα στη θερμοκρασία, στο διαθέσιμο οξυγόνο και στη σχετική υγρασία. Οι μεταβολικές δραστηριότητες, η ηλικία και η μακροζωία των σπόρων, ελέγχονται με τη θερμοκρασία της υγρασίας και του οξυγόνου. Η μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία του σπόρου έως ένα κατάλληλο όριο είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την αποθήκευση, καθώς ο σπόρος θα μπορούσε να υποστεί βλάβη λόγω της αποξήρανσης.

Οι σπόροι μπορούν να αποθηκευτούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λόγω χαμηλότερου επιπέδου υγρασίας. Σύμφωνα με τον κανόνα του Harrington, η διάρκεια ζωής του σπόρου διπλασιάζεται μειώνοντας την περιεκτικότητα υγρασίας στο 1%, στην περίπτωση που η περιεκτικότητα σε υγρασία του σπόρου είναι μεταξύ 5 και 14%. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία επηρεάζεται περισσότερο από την υψηλότερη θερμοκρασία, οπότε οι σπόροι πρέπει να αποθηκεύονται σε δροσερή τοποθεσία. Η διάρκεια ζωής του σπόρου διπλασιάζεται μειώνοντας τη θερμοκρασία στους 5 ° C και ισχύει για θερμοκρασίες μεταξύ 0 και 50 ° C. Το επίπεδο οξυγόνου μπορεί να ελεγχθεί με ερμητική αποθήκευση σε ένα σφραγισμένο δοχείο που μειώνει τη φυσιολογική γήρανση των κόκκων καθώς επίσης και τη φυσική βλάβη λόγω εντόμων και μυκητιασικής ανάπτυξης. Η καλή αποθήκευση σπόρων επιτυγχάνεται

όταν το ποσοστό της σχετικής υγρασίας στο περιβάλλον αποθήκευσης και η θερμοκρασία αποθήκευσης σε βαθμούς Φαρενάιτ ανέρχονται σε εκατό, αλλά η συμβολή από τη θερμοκρασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 50 ° F (10°C).

Τύποι αποθήκευσης σπόρων σε συνάρτηση θερμοκρασίας και υγρασίας

1. Αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και υγρασία

Οι σπόροι μπορούν να αποθηκευτούν σε σωρούς, σε μεμονωμένα στρώματα, σε σάκους ή σε ανοιχτά δοχεία κάτω από καταφύγιο έναντι της βροχής, αεριζόμενο καλά και προστατευμένο από τρωκτικά. Έτσι μπορούν να αποθηκευτούν για αρκετούς μήνες.

2. Στεγνή αποθήκευση με έλεγχο της υγρασίας αλλά όχι της θερμοκρασίας

Οι σπόροι θα διατηρήσουν τη βιωσιμότητα περισσότερο όταν στεγνώσουν σε χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (4,8%) και στη συνέχεια, η αποθήκευσή τους σε σφραγισμένο δοχείο ή σε δωμάτιο όπου ελέγχεται η υγρασία. Η ψυχρή κατάσταση είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή.

3. Στεγνή αποθήκευση με έλεγχο τόσο της υγρασίας όσο και της θερμοκρασίας

Αυτό συνιστάται για πολλά είδη σπόρων που έχουν περιοδικότητα σποράς, αλλά φυτεύονται ετησίως σε έργα αναδάσωσης μεγάλης κλίμακας. Ένας συνδυασμός περιεκτικότητας υγρασίας 4-8% και θερμοκρασίας 0 έως 5 ° θα διατηρήσει τη βιωσιμότητά τους για 5 χρόνια ή περισσότερο.

4. Στεγνή αποθήκευση για μακροχρόνια διατήρηση γονιδίων

Για την μακροχρόνια διατήρηση των σπόρων συνιστάται η θερμοκρασία στους -18 ° C και η περιεκτικότητα υγρασίας να είναι 5 ± 11%.

5. Υγρή αποθήκευση χωρίς έλεγχο της υγρασίας της θερμοκρασίας

Κατάλληλο για αποθήκευση των άνυδρων σπόρων για μερικούς μήνες το χειμώνα. Οι σπόροι μπορούν να αποθηκευτούν σε σωρούς στο έδαφος, σε ρηχούς λάκκους, σε καλά στραγγιζόμενα εδάφη ή σε στρώματα σε καλά αεριζόμενα υπόστεγα, συχνά καλυμμένα ή αναμεμιγμένα με φύλλα, υγρή άμμο, τύρφη ή άλλα πορώδη υλικά. Ο στόχος είναι η διατήρηση υγρών και δροσερών συνθηκών με καλό αερισμό για την αποφυγή υπερθέρμανσης που μπορεί να προκύψει από τους σχετικά υψηλούς ρυθμούς αναπνοής που σχετίζονται με την υγρή αποθήκευση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τακτική περιστροφή των σωρών.

6. Υγρή κρύα αποθήκευση, με έλεγχο της θερμοκρασίας

Αυτή η μέθοδος συνεπάγεται με την ελεγχόμενη χαμηλή θερμοκρασία ακριβώς πάνω από την κατάψυξη, ή λιγότερο συχνά ακριβώς κάτω από την κατάψυξη. Η υγρασία μπορεί να ελεγχθεί εντός περίπου ορίων προσθέτοντας μέσα υγρά, όπως π.χ. άμμο, τύρφη ή ένα μείγμα και των δύο στον σπόρο, σε αναλογίες ενός μέρους του μέσου προς 1 μέρος σπόρου κατ' όγκο, και να υγρανθεί περιοδικά ή πιο ακριβή ελέγχοντας την υγρασία. Αυτή η μέθοδος είναι πολύ εφαρμόσιμη σε εύκρατα ανθεκτικά γένη.

7. Κρυοσυντήρηση

Ονομάζεται επίσης ως κρυογονική αποθήκευση. Οι σπόροι τοποθετούνται σε υγρό άζωτο στους $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ και στην αέρια φάση του υγρού αζώτου $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ για εύκολο χειρισμό και ασφάλεια. Οι μεταβολικές αντιδράσεις σχεδόν σταματούν στη θερμοκρασία του υγρού αζώτου και τα κύτταρα παραμένουν σε αμετάβλητη κατάσταση έως ότου οι ιστοί να αφαιρεθούν από το υγρό άζωτο και να ξεπαγώσουν. Επομένως, λίγη επιβλαβής φυσιολογική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα σε αυτές τις θερμοκρασίες, γεγονός που παρατείνει τη διάρκεια αποθήκευσης των σπόρων.

2.3 Ποικιλιακός έλεγχος

Τα συστήματα καταγραφής και δοκιμών των σπορο-ποικιλιών αναπτύχθηκαν στις βιομηχανικές χώρες το πρώτο μισό του 19ου αιώνα, προκειμένου να δημιουργηθούν διαφανείς αγορές σπόρων. Διαφορετικές πολιτικές για τους σπόρους στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ, που βασίζονται σε διαφορετικές αντιλήψεις σχετικά με τον ρόλο της κυβέρνησης στην οικονομική ζωή, δημιούργησαν πολύ διαφορετική κυβερνητική συμμετοχή στη ρύθμιση και στην εφαρμογή των ελέγχων των σπορο-ποικιλιών. Φαίνεται ότι οι χώρες διαθέτουν κάποιο είδος συστήματος καταχώρισης ποικιλιών που προσδιορίζει τις ποικιλίες. Η Ευρώπη ανέπτυξε ένα σύστημα βασισμένο σε δημόσια ιδρύματα, ενώ απ' την άλλη πλευρά στις ΗΠΑ, τα μέρη της αγοράς παρέμειναν σε μεγάλο βαθμό υπεύθυνα για το εθελοντικό σύστημα καταχώρισης ποικιλιών.

Οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες ακολούθησαν το ευρωπαϊκό παράδειγμα όταν ανέπτυξαν τα επίσημα συστήματα σπόρων τους κατά τη διάρκεια της Πράσινης Επανάστασης. Το μοντέλο έδειξε δύσκολο να εφαρμοστεί κατά τις πρώτες δεκαετίες της ύπαρξής τους. Οι τρέχοντες έλεγχοι ποικιλίας υπόκεινται σε πίεση από τη διαρθρωτική προσαρμογή της οικονομίας, που οδηγεί σε τάση ιδιωτικοποιήσεων στον τομέα των σπόρων.

Στη χώρα μας ο έλεγχος των ποικιλιών και κατ' επέκταση οι τρεις κύριες διαδικασίες ελέγχου που είναι καταχώριση ποικιλίας, οι δοκιμές απόδοσης και οι αποφάσεις κυκλοφορίας, γίνονται από Ινστιτούτο Ελέγχου Ποικιλιών Σίνδου (Ι.Ε.Π.Σ). Στον φορέα αυτόν στέλνεται το δείγμα σπόρου και αφού καλλιεργηθεί από τον ΙΕΠΣ και βλαστήσει, συγκρίνεται ως προς τα εξωτερικά χαρακτηριστικά (φύλλα, βλαστός, κυρτότητα στάχων, παρουσία αγάνων, κ.α.), με αυτά του πρότυπου φυτού. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι ο έλεγχος της ποικιλιακής ταυτότητας και της ποικιλιακής καθαρότητας του πολλαπλασιαστικού υλικού που πιστοποιείται και τίθεται σε εμπορία όπως ορίζονται από τις σχετικές κοινοτικές οδηγίες (ειδικοί σκοποί ανάλογα με το φυτικό είδος και τις ειδικές συνθήκες). Η διαδικασία ελέγχου αφορά τον έλεγχο στο χωράφι και τον έλεγχο στο εργαστήριο.

Κεφάλαιο 3

3 Ευφυής γεωργία και νέες τεχνολογίες

3.1 Εισαγωγή

Η γεωργία θεωρείται η βάση της ζωής για το ανθρώπινο είδος καθώς είναι η κύρια πηγή σιτηρών τροφίμων και άλλων πρώτων υλών. Διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην ανάπτυξη της οικονομίας της χώρας. Παρέχει επίσης μεγάλες και άφθονες ευκαιρίες απασχόλησης στους πολίτες. Η ανάπτυξη του γεωργικού τομέα είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη της οικονομικής κατάστασης της χώρας.

Δυστυχώς, πολλοί αγρότες εξακολουθούν να χρησιμοποιούν τις παραδοσιακές μεθόδους καλλιέργειας που έχουν, με αποτέλεσμα την χαμηλή απόδοση καλλιεργειών και φρούτων. Αλλά, όπου έχει εφαρμοστεί η αυτοματοποίηση κάνοντας χρήση αυτόματων μηχανημάτων, η απόδοση βελτιώθηκε. Για το λόγο αυτό, είναι ανάγκη να εφαρμοστεί η σύγχρονη επιστήμη και τεχνολογία στον γεωργικό τομέα για την αύξηση της απόδοσης. Αυτό σηματοδοτεί τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων, που συλλέγουν τα δεδομένα από διαφορετικούς τύπους αισθητήρων και στη συνέχεια τα στέλνουν στον κύριο διακομιστή, χρησιμοποιώντας το ασύρματο πρωτόκολλο.

Τα συλλεγόμενα δεδομένα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους διαφορετικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους βοηθούν στην παρακολούθηση του συστήματος. Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραγόντων δεν είναι αρκετή και πλήρης λύση για τη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Υπάρχουν πολλοί άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητα.

αυτοματισμού και ιδιαίτερα κάνοντας χρήση της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things / IoT).

Η χρήση ενός ευφυούς τηλεχειριζόμενου ρομπότ που βασίζεται σε GPS περιλαμβάνει αφενός την εκτέλεση των εργασιών όπως τον ψεκασμό των ζιζανίων, την ανίχνευση της υγρασίας, την απομάκρυνση πουλιών και ζώων, την διατήρηση της επαγρύπνησης, κ.λ.π. και αφετέρου την αυτοματοποιημένη άρδευση. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με βάση των δεδομένων του πεδίου σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, περιλαμβάνει την διαχείριση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, καθώς και την ανίχνευση κλοπής στην αποθήκη. Ο έλεγχος όλων αυτών των λειτουργιών θα γίνεται μέσω οποιασδήποτε απομακρυσμένης συσκευής ή υπολογιστή που είναι συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων και οι λειτουργίες θα εκτελούνται με αισθητήρες διασύνδεσης, μονάδες Wi-Fi ή ZigBee, κάμερες και ενεργοποιητές με μικροελεγκτή και raspberry pi.

3.2 Ορισμός

Η ευφυής γεωργία είναι ένα νέο στάδιο της γεωργικής παραγωγής. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης, των μαζικών δεδομένων του Διαδικτύου των πραγμάτων (Internet of Things/IoT) και άλλων τεχνολογιών της πληροφορίας στη γεωργία. Η ευφυής γεωργία μπορεί να πραγματοποιήσει την ανταλλαγή πληροφοριών, τη συγκέντρωση των δεδομένων και την εμβάθυνση του ευφυούς. Έχει αλλάξει τις ελλείψεις της παραδοσιακής γεωργίας όπως το υψηλό κόστος εργασίας, την υψηλή εισροή του κόστους παραγωγής, την χαμηλή παραγωγικότητα, την απρόβλεπτη παραγωγή και την ποιότητα των προϊόντων.

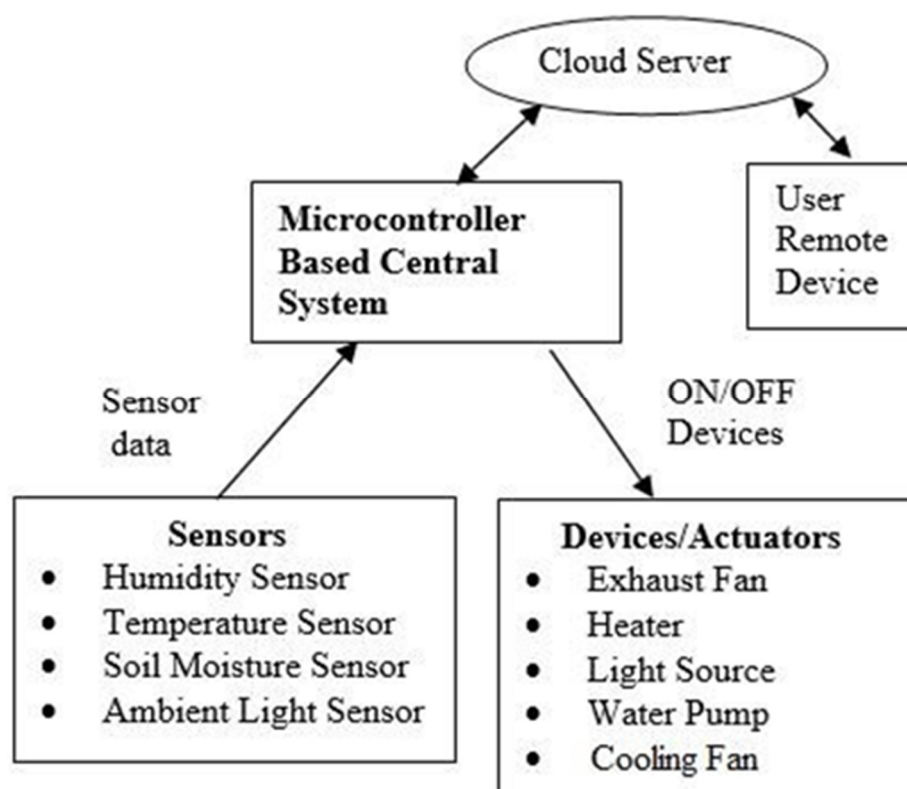
Με την εξάπλωση ενός δικτύου συσκευών μπορεί να δημιουργηθεί ένας διάυλος επικοινωνίας μεταξύ των αγροτών, των αγρών και των εμπειρογνομόνων. Με την ανάπτυξη των βασισμένων στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things/IoT) προτύπων, οι συνθήκες τομέων μπορούν να παρακολουθηθούν εξ αποστάσεως σε τακτά χρονικά διαστήματα χωρίς οποιαδήποτε ανθρώπινη παρέμβαση και μετά από την ανάλυση των στοιχείων αναλόγως, μπορούν να ληφθούν ευνοϊκές και αποτελεσματικές αποφάσεις. Αυτό συμβάλει στη διασφάλιση τόσο της ασφάλειας των αγρών όσο και της αγοράς και της προστασίας του γεωργού.

Επίσης, με την έγκαιρη παρακολούθηση των καλλιεργειών μπορεί να γίνει ανίχνευση ασθενειών και έτσι μπορούν να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τη διάσωση της καλλιέργειας εκ των προτέρων. Θα βοηθήσει επίσης στην ανάλυση των απαιτήσεων

των καταναλωτών κατά πόσον δηλαδή το προϊόν θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις προσδοκίες της αγοράς. Έτσι δημιουργείται μια ευφυής γεωργία με γνώμονα τις αποφάσεις.

Οι Viraj Panchal et al (2015) στην έρευνα τους *Ευφυής σχεδιασμός θερμοκηπίου με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων(IoT)*, αναλύουν ένα σχέδιο ενός ευφυούς θερμοκηπίου με τη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Αυτός ο σχεδιασμός παρακολουθεί και ελέγχει το κλίμα έξυπνα χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου και γι' αυτό χρησιμοποιούνται διαφορετικοί αισθητήρες για τη μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων. Συνδέοντας αυτό το σύστημα στο IoT (Internet of Things), δημιουργείται ένας διακομιστής cloud για να παρέχεται πρόσβαση σε αυτό εξ αποστάσεως με αποτέλεσμα να καταργείται η συνεχής χειροκίνητη παρακολούθηση. Ο διακομιστής cloud επιτρέπει επίσης την επεξεργασία δεδομένων και την εφαρμογή δράσης ελέγχου μέσα στο θερμοκήπιο. Αυτός ο σχεδιασμός παρέχει βέλτιστες και οικονομικά αποδοτικές λύσεις στους αγρότες με ελάχιστη χειροκίνητη παρέμβαση. Τα θερμοκήπια μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση του γεωργικού τομέα της χώρας με την καλλιέργεια φυτών υπό ελεγχόμενες κλιματολογικές συνθήκες και στην αύξηση της παραγωγής. Σε αυτή τη συμβατική προσέγγιση του θερμοκηπίου μπορεί να γίνει αύξηση της απόδοσης αλλά αυτό συνεπάγεται με υψηλό κόστος εργασίας και υψηλή απώλεια ενέργειας. Με την τεχνολογία που προσφέρει το IoT τα δεδομένα που λαμβάνονται, μπορούν να μεταφερθούν σε άλλες συσκευές που είναι συνδεδεμένες εντός της υποδομής διαδικτύου. Το αυτοματοποιημένο θερμοκήπιο περιλαμβάνει την αυτόματη παρακολούθηση και τον έλεγχο των κλιματικών παραμέτρων που διέπουν άμεσα ή έμμεσα την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή τους. Μέσω του IoT όλες οι συσκευές όπως οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές πινάκων και οι απομακρυσμένοι χρήστες είναι διασυνδεδεμένες. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική του συστήματος απαιτεί λιγότερη χειροκίνητη παρέμβαση, εξοικονομώντας έτσι πολλή χειροκίνητη ενέργεια και κόστος. Η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους και οι αισθητήρες φωτός παρακολουθούν συνεχώς την τιμή ανιχνεύοντάς την. Αυτά στη συνέχεια συνδέονται με τους μικροελεγκτές που μετρούν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους και αποστέλλονται στο διοικητικό συμβούλιο. Ο πίνακας μικροελεγκτών συλλέγει τα δεδομένα και τα στέλνει στο διακομιστή cloud. Διάφορες συσκευές/ ενεργοποιητές που συνδέονται με τον πίνακα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Αυτές οι συσκευές ενεργοποίησης ελέγχονται από το σύννεφο (cloud).

Όλη αυτή η διαδικασία συλλογής, παρακολούθησης, ανάλυσης και ελέγχου των δεδομένων γίνεται με σκοπό την πρόσβαση στο σύστημα του θερμοκηπίου εξ αποστάσεως. Τέλος, χρησιμοποιώντας αυτό το αυτοματοποιημένο σύστημα μπορεί να μειωθεί το κόστος εργασίας και να γίνεται έλεγχος με ακρίβεια στο περιβάλλον από τη συμβατική προσέγγιση.



Ευφυής αρχιτεκτονική συστημάτων καλλιέργειας του θερμοκηπίου

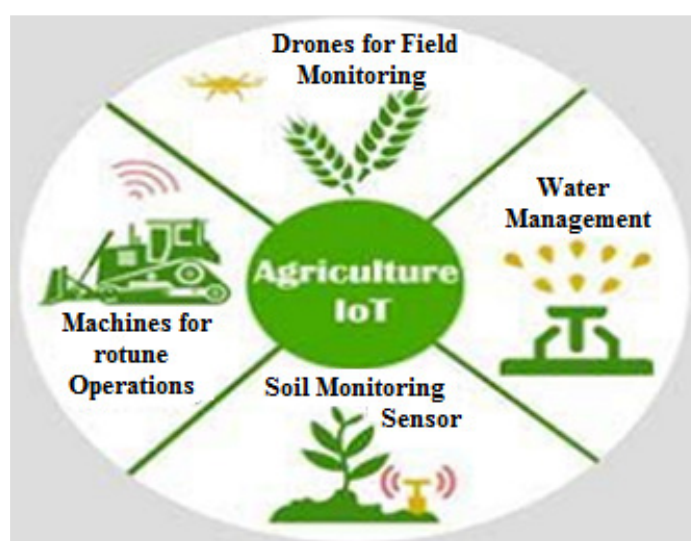
Αυτός ο ευφυής σχεδιασμός του θερμοκηπίου είναι πλήρως αυτοματοποιημένος. Μόλις τεθεί σε ισχύ απαιτεί μηδενική χειροκίνητη παρακολούθηση ή χειροκίνητη παρέμβαση. Επιπλέον η τεχνολογία IoT επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο του θερμοκηπίου. Ο προτεινόμενος σχεδιασμός βοηθά στην αύξηση της απόδοσης με πολύ χαμηλό κόστος και εργατικό δυναμικό. Δεδομένου ότι αυτός ο σχεδιασμός λειτουργεί υπό ακριβείς συνθήκες, θα επιτρέψει στον αγρότη να αυξήσει την απόδοση κατά περίπου 50%.

Κεφάλαιο 4

4.1 Το διαδίκτυο των πραγμάτων στην ευφυή γεωργία

4.1.2 Οφέλη από την χρήση IoT τεχνολογιών

Ο γεωργικός τομέας είναι ένας από τους πρώτους τομείς που βρήκαν πεδίο εφαρμογής οι τεχνολογίες Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things/IoT). Η ευφυής γεωργία μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να μετρήσουν καλύτερα τα στοιχεία όπως τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, τα λιπάσματα, τους φυτευμένους σπόρους, το έδαφος, το νερό, τη θερμοκρασία αποθηκευμένων προϊόντων μέσω μιας πυκνής ανάπτυξης αισθητήρων.



Οι εφαρμογές του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things/IoT) έχουν κατηγοριοποιηθεί και διαφοροποιηθεί με βάση το θέμα στο οποίο επικεντρώνονται, καθώς και την υπηρεσία που παρέχουν. Οι τομείς στους οποίους εφαρμόζεται το IoT στη γεωργία είναι η παρακολούθηση, η συλλογή δεδομένων, η επιβεβαίωση τους, καθώς και η πρόβλεψη. Η διοίκηση και η διαχείριση γίνεται αμέσως μετά.

i. Παρακολούθηση

Ο κύριος στόχος αυτού του τομέα είναι να διακρίνει τη λειτουργία διαφόρων μοντέλων, συσκευών, εφαρμογών κ.λ.π. Έτσι, όλες οι συσκευές και ο εξοπλισμός τοποθετούνται στρατηγικά και παρακολουθούνται για την εργασία τους. Οι αισθητήρες είναι τα σημαντικότερα εργαλεία ανάπτυξης και συλλογής δεδομένων των διαφόρων παραμέτρων πεδίου και μη πεδίου. Η παρακολούθηση της αλατότητας του εδάφους, της τιμής του pH, της ογκομετρικής περιεκτικότητας σε νερό με τη χρήση αισθητήρων εδάφους και άλλων παραμέτρων, όπως οι αισθητήρες της υγρασίας φύλλων, του

χρώματος τους, της υγρασίας του εδάφους, κ.λ.π., βοηθούν στην ανάπτυξη συστημάτων ικανών να εκτελούν υπολογισμούς μετά από εργασίες, όπως για παράδειγμα τον υπολογισμό του δείκτη της επιφάνειας των φύλλων, την υγεία των φύλλων, το χρώμα των φύλλων, την ανάπτυξη των φυτών και την ανάπτυξη αυτόματων συστημάτων αναγνώρισης φυτών.

Οι αισθητήρες νερού παρακολουθούν τα επίπεδα άρδευσης και τις απαιτήσεις του αγρού. Έτσι, με τη βοήθεια των συσκευών αυτών αναπτύσσονται έξυπνα συστήματα προγραμματισμού άρδευσης.

Οι αισθητήρες αερίου και οι συσκευές απομακρυσμένης παρακολούθησης, όπως οι συσκευές UAV/DRONES, βοηθούν στην εκτίμηση της βιομάζας, του αζώτου, του άνθρακα και άλλων βασικών αερίων. Τα thrashers (επαγγελματικά οχήματα), όπως τρακτέρ, φορτηγά, κ.λ.π., μπορούν να χρησιμοποιούν την ανάλυση δεδομένων για τη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Τα ρομπότ, τα αυτόνομα οχήματα, τα γεωργικά drones, κ.λ.π., πρέπει επίσης να παρακολουθούνται εξ αποστάσεως για καλύτερη επίβλεψη της εκμετάλλευσης.

Ένα σημαντικό θέμα για την ευφυή γεωργία αποτελεί επίσης η παρακολούθηση της κτηνοτροφίας με τη βοήθεια του IoT. Περιλαμβάνει την παρακολούθηση βοοειδών εξ αποστάσεως χρησιμοποιώντας ετικέτες. Ανησυχία για την ευφυή γεωργία αποτελεί η εργασία ανθρώπινου δυναμικού. Η ανθρώπινη παρέμβαση είναι γενικά επιρρεπής σε σφάλματα που αφορούν την κατανόηση, τη λήψη αποφάσεων και τις μεθοδολογίες που εφαρμόζονται για την επίλυση ενός προβλήματος.

Επιπλέον, η συμβολή της ανθρώπινης εργασίας είναι αρκετά δαπανηρή. Όμως, με την εφαρμογή του IoT μπορούν να μειωθούν οι ανθρώπινες παρεμβολές και να δημιουργηθεί ένα δίκτυο για την παρακολούθηση, μειώνοντας έτσι τα σφάλματα και το κόστος.

ii. Συλλογή και επιβεβαίωση δεδομένων

Τα δεδομένα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε όλη τη διαδικασία. Ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων συλλέγεται με το IoT σε διάφορες μορφές. Οι αισθητήρες, οι κάμερες και άλλοι κόμβοι επικοινωνίας βοηθούν στη συλλογή δεδομένων. Στην ευφυή γεωργία ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, το IoT μπορεί να διαμορφωθεί για τη συλλογή διαφορετικών τύπων δεδομένων. Έπειτα από τη συλλογή των δεδομένων η επιβεβαίωση είναι πολύ σημαντική για την καλύτερη κατανόηση. Στην επιβεβαίωση, παρατηρούνται ορισμένες προσθήκες διαφορετικών δειγμάτων, όπως η χειροκίνητη ή

η ενοποίηση μηχανών. Τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να γίνονται κατανοητά και να τεκμηριώνονται σε συγκεκριμένη μορφή. Η επιβεβαίωση των δεδομένων συμβάλλει στη διαμόρφωση της στατιστικής ανάλυσης και στην ανάπτυξη των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν εργαλεία αξιολόγησης καλλιεργειών για την κατανόηση της απόδοσης της καλλιέργειας μιας περιοχής. Επίσης μπορεί να βελτιστοποιηθεί η διαχείριση καλλιεργειών με τη χρήση επιβεβαιωτικών δεδομένων. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ετήσια ή μηνιαία ανάλυση σε αυτά τα δεδομένα για τη βελτίωση της ευφυούς γεωργίας. Οι κύριοι τομείς στους οποίους παρατηρείται η εφαρμογή του IoT είναι ο σχεδιασμός της λίπανσης, ο σχεδιασμός πεδίου, η ιχνηλασιμότητα των αγροδιατροφών, οι μετρήσεις που αφορούν συγκεκριμένες περιοχές με βάση την ανάλυση εδάφους και νερού, η απομακρυσμένη παρακολούθηση οχημάτων για αλυσίδες εφοδιασμού, κ.λ.π.

iii. Πρόβλεψη

Η πρόβλεψη είναι επίσης πολύ σημαντική για τη λήψη αποφάσεων με την εισαγωγή του IoT στη γεωργία. Με τις συσκευές IoT και το δίκτυο, η ανάλυση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μαζί με τη σύγκριση των επιβεβαιωτικών δεδομένων, βοηθούν στην πρόβλεψη των επερχόμενων γεγονότων. Έτσι, διάφορα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων μπορούν να σχεδιαστούν κατάλληλα ώστε να λαμβάνουν βέλτιστες και σε πραγματικό χρόνο αποφάσεις. Μπορεί επίσης να λειτουργήσει για λόγους πρόληψης όπως για την αποφυγή ή την αντιμετώπιση διαφόρων επερχόμενων πρωτοφανών καταστάσεων.

Σε συνδυασμό με την παρακολούθηση, τη συλλογή δεδομένων και την επιβεβαίωση, βοηθά στην έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών, την ανάπτυξη παρασίτων, το βοτάνισμα, την ξηρασία, την έξυπνη άρδευση και τη συγκομιδή. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό αυτών των συστημάτων μάθησης. Με το IoT θα μπορούσε να γίνει μια προγνωστική ανάλυση πριν την περίοδο συγκομιδής για την αξιολόγηση της φυτικής παραγωγής και της κατανάλωσης. Στο πλαίσιο του IoT η παρακολούθηση των καλλιεργειών μαζί με τις επιστήμες συμπεριφοράς και την ανάλυση της αγοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της παραγωγής.

iv. Διοίκηση και διαχείριση

Η διοίκηση βοηθά στον έλεγχο ολόκληρου του συστήματος. Με το IoT είναι σημαντικό να ελέγχεται το αγρόκτημα. Τα κατώτατα όρια βοηθούν στον σχεδιασμό μιας στρατηγικής ελέγχου. Η αλληλεπίδραση, η βελτιστοποίηση και ο έλεγχος εφοδιαστικής

των καλλιεργειών, η αλυσίδα εφοδιασμού και η έξυπνη πλοήγηση οχημάτων, τα μοντέλα παρακολούθησης της ανάπτυξης των φυτών και τα πρώιμα μοντέλα ανάλυσης καλλιεργειών, καθώς η λειτουργία έξυπνων μοντέλων άρδευσης και ο έλεγχος της διαχείρισης της τοποθεσίας της καλλιέργειας, είναι εφαρμογές ελέγχου που εφαρμόζονται στην ευφυή γεωργία.

Νέοι τύποι στρατηγικών που χρησιμοποιούνται στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις όπως οι πρακτικές και οι μέθοδοι για την επίλυση των προβλημάτων που εμφανίζονται καθημερινά, μπορούν να παρακολουθούνται μέσω της διοίκησης.

Έτσι, από την ανάλυση αυτών των δεδομένων, είναι δυνατόν να ληφθούν οι κατάλληλες στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαμόρφωση του συστήματος. Με αυτές τις μεθοδολογίες η διαχείριση μπορεί να γίνει πιο ευέλικτη και αξιόπιστη. Η διοίκηση και η διαχείριση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εύρεση των κατάλληλων λύσεων.

4.2 Οι τεχνολογίες και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ευφυή γεωργία

Οι αγρότες καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειάς τους θα πρέπει να την επισκέπτονται συχνά προκειμένου να έχουν καλύτερη ιδέα για τις συνθήκες που επικρατούν σ' αυτή. Προκύπτει έτσι η ανάγκη της ευφυούς γεωργίας, καθώς το 70% του χρόνου καλλιέργειας αφιερώνεται στην παρακολούθηση των καταστάσεων καλλιέργειας, αντί να πραγματοποιείται πραγματική εργασία στον τομέα. Λόγω αυτού, απαιτούνται τεχνολογικές και ακριβείς λύσεις με στόχο τη βιωσιμότητα.

Οι τεχνολογίες ανίχνευσης και επικοινωνίας παρέχουν μια ικανότητα στην οποία οι αγρότες μπορούν να παρατηρήσουν τα συμβάντα στο χωράφι χωρίς να βρίσκονται εκεί με φυσική παρουσία. Οι ασύρματοι αισθητήρες βοηθούν στην παρακολούθηση των καλλιεργειών και ανιχνεύουν τα πρώτα στάδια μιας ανεπιθύμητης κατάστασης. Η χρήση έξυπνων τεχνολογικά εργαλείων από τη σπορά έως τη συγκομιδή των καλλιεργειών και ακόμη και κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά, αποτελεί τον λόγο για τον οποίο η σύγχρονη και ευφυής γεωργία έχει βρει εφαρμογή στις μέρες μας. Η έγκαιρη αναφορά με τη χρήση αισθητήρων καθιστά τη λειτουργία έξυπνη αλλά και οικονομικά αποδοτική, λόγω των ακριβέστερων δυνατοτήτων παρακολούθησης.

Αυτόνομοι ελκυστήρες, θεριστικές μηχανές, ρομπότ κατά των ζιζανίων, drones και δορυφόροι συμπληρώνουν τον γεωργικό εξοπλισμό. Οι αισθητήρες μπορούν να

συλλέγουν δεδομένα σε σύντομο χρονικό διάστημα, τα οποία είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο για περαιτέρω αναλύσεις. Η τεχνολογία Sensor υποδεικνύει καλλιέργειες και συγκεκριμένες τοποθεσίες για καλλιέργειες, καθώς υποστηρίζει την ακριβή συλλογή δεδομένων για κάθε τοποθεσία.

Με την εφαρμογή των τεχνολογιών ανίχνευσης και του IoT (Δικτύου των Πραγμάτων) στη γεωργία, οι παραδοσιακές μέθοδοι καλλιέργειας μπορούν να αλλάξουν ριζικά. Το IoT μπορεί να συμβάλει στην επίλυση πολλών παραδοσιακών γεωργικών ζητημάτων, όπως η ξηρασία, η βελτιστοποίηση της απόδοσης, η καταλληλότητα γης, η άρδευση και ο έλεγχος των παρασίτων.

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνεται μια ιεραρχία σημαντικών εφαρμογών, υπηρεσιών και ασύρματων αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για εφαρμογές της ευφυούς γεωργίας.



Ιεραρχία πιθανών εφαρμογών, υπηρεσιών και αισθητήρων στην Ευφυή Γεωργία

Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες εφαρμογές του IoT στη γεωργία και τι μπορούμε να επιτύχουμε χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνολογίες.

I. Δειγματοληψία και χαρτογράφηση εδάφους

Με τη δειγματοληψία του εδάφους εξετάζονται συγκεκριμένες πληροφορίες για το πεδίο το οποίο χρησιμοποιείται για τη λήψη διαφόρων κρίσιμων αποφάσεων σε διαφορετικά στάδια. Η ανάλυση του εδάφους στοχεύει στον προσδιορισμό της κατάστασης των θρεπτικών συστατικών ενός αγρού, έτσι ώστε να ληφθούν ανάλογα μέτρα όταν διαπιστωθούν ελλείψεις σε θρεπτικά συστατικά. Η χαρτογράφηση του εδάφους μιας καλλιέργειας γίνεται με τη σπορά διαφορετικών ποικιλιών σε ένα συγκεκριμένο πεδίο ώστε να ταιριάζει με τις ιδιότητες του εδάφους, όπως η καταλληλότητα σπόρων, ο χρόνος σποράς και το βάθος φύτευσης.

Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την παρακολούθηση των ιδιοτήτων του εδάφους, όπως η υφή, η ικανότητα συγκράτησης νερού και ο ρυθμός απορρόφησης, οι οποίες συμβάλλουν στη μείωση της διάβρωσης, της πυκνότητας, της αλάτωσης, της όξυνσης και της ρύπανσης. Έτσι,

- Το Lab-in-a-Box αποτελείται από εργαλεία δοκιμών εδάφους που αναπτύχθηκε από την AgroCares και είναι ένα πλήρες εργαστήριο από μόνο του βάσει των υπηρεσιών του.
- Στις αγροτικές περιοχές, για την αντιμετώπιση της ξηρασίας του εδάφους, η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται για τη λήψη δεδομένων υγρασίας του εδάφους που βοηθούν στην ανάλυση της ξηρασίας της γεωργίας σε μακρινές περιοχές. Έτσι, ο δορυφόρος υγρασίας εδάφους και αλατότητας των ωκεανών (SMOS) που ξεκίνησε το 2009, παρέχει παγκόσμιους χάρτες υγρασίας του εδάφους κάθε μία έως δύο ημέρες.
- Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας φασματοσκοπίου μετρητή μέτριας ανάλυσης (MODIS) για τη χαρτογράφηση διαφόρων λειτουργικών ιδιοτήτων του εδάφους, προκειμένου να εκτιμηθεί ο κίνδυνος υποβάθμισης της γης με την ανάπτυξη των μοντέλων πρόβλεψης.
- Άλλο ένα χρήσιμο εργαλείο είναι το αυτόνομο ρομπότ που ονομάζεται Agribot και αναπτύχθηκε για τη σπορά των σπόρων. Το Agribot χρησιμοποιεί αισθητήρες. Οι τεχνολογίες του βασίζονται στην όραση και είναι χρήσιμες για τον καθορισμό της απόστασης και του βάθους. Το ρομπότ μπορεί να αποδώσει σε οποιοδήποτε γεωργικές εκτάσεις στις οποίες η τοποθέτηση του ρομπότ επιβεβαιώνεται μέσω του GPS.

II. Άρδευση

Οι απαιτήσεις σε νερό για την γεωργία όλο ένα και αυξάνονται. Έτσι, σε πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούνται πιο αποτελεσματικά συστήματα άρδευσης. Για την αντιμετώπιση των ζητημάτων σπατάλης νερού προωθούνται διάφορες μέθοδοι άρδευσης, όπως άρδευση σταγόνας και άρδευση ψεκαστήρα.

Η ποιότητα και η ποσότητα της καλλιέργειας επηρεάζονται αρνητικά όταν υπάρχει έλλειψη νερού. Όμως η ακανόνιστη άρδευση, ακόμη και η υπερβολική άρδευση, οδηγούν σε μειωμένα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και προκαλούν διαφορετικές μικροβιακές λοιμώξεις. Λόγω του γεγονότος αυτού ένα ακριβές σύστημα ελέγχου υγρασίας εδάφους και αέρα που χρησιμοποιεί τους ασύρματους αισθητήρες, κάνει τη βέλτιστη χρήση του νερού και συμβάλει στην υγεία των καλλιεργειών.

Οι αισθητήρες στους οποίους είναι βασισμένο ένα σύστημα παρακολούθησης, συνδέονται προκειμένου να συλλέξουν τις αναφερόμενες μετρήσεις και να τις μεταδώσουν στο κέντρο επεξεργασίας στο οποίο γίνεται η ανάλυση των δεδομένων της καλλιέργειας. Πρόσθετα δεδομένα όπως οι πληροφορίες καιρού και η δορυφορική απεικόνιση, εφαρμόζονται σε μοντέλα CWSI (Crop-Water-Stress-Index / Δείκτης Υδατικής Καταπόνησης Καλλιέργειας) για εκτίμηση των αναγκών σε νερό. Ως αποτέλεσμα της επεξεργασίας όλων αυτών των πληροφοριών παράγεται η συγκεκριμένη τιμή του δείκτη άρδευσης για κάθε τοποθεσία. Ένα πολύ αξιόλογο παράδειγμα είναι η εφαρμογή βελτιστοποίησης VRI (Variable Rate Irrigation / Άρδευση Μεταβλητού Βαθμού) από την εταιρία CropMetrics, η οποία βελτιώνει την αποδοτικότητα της χρήσης νερού με βάση την τοπογραφία ή την μεταβλητότητα του εδάφους.

III. Λιπάσματα

Για την ανάπτυξη και τη γονιμότητα των φυτών χρησιμοποιούνται τα λιπάσματα τα οποία είναι φυσικές ή χημικές ουσίες. Αυτά παρέχουν στα φυτά σημαντικά θρεπτικά συστατικά. Τα βασικά θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται τα φυτά, είναι ο φώσφορος (P) για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των ανθών και των καρπών, το άζωτο (N) για την ανάπτυξη των φύλλων και το κάλιο (K) για την ανάπτυξη των βλαστών και την κίνηση του νερού. Η έλλειψη θρεπτικών συστατικών ή η λανθασμένη εφαρμογή τους μπορεί να βλάψει σοβαρά την υγεία των φυτών, αλλά και το έδαφος όπως και το περιβάλλον, μειώνοντας έτσι την ποιότητα του εδάφους. Στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας η λίπανση βοηθά στον ακριβή υπολογισμό της απαιτούμενης δόσης των θρεπτικών ουσιών. Έτσι, είναι απαραίτητο να γίνονται μετρήσεις επιπέδου των

θρεπτικών ουσιών στο έδαφος με βάση διάφορους παράγοντες, όπως τον τύπο καλλιέργειας, τον τύπο εδάφους, την ικανότητα απορρόφησης του εδάφους, την απόδοση προϊόντος, τον τύπο λιπάσματος, το ποσοστό χρησιμοποίησης, τις καιρικές συνθήκες, κ.λ.π.

Η μέθοδος της λίπανσης με βάση το IoT συμβάλλει στην εκτίμηση των απαιτήσεων των θρεπτικών ουσιών με μεγαλύτερη ακρίβεια και ελάχιστες απαιτήσεις εργασίας. Για παράδειγμα, ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (NDVI) χρησιμοποιεί δορυφορικές εικόνες με βάση τα χαρακτηριστικά της φασματικής υπογραφής της κάθε επιφάνειας, για την παρακολούθηση της κατάστασης των θρεπτικών συστατικών των καλλιεργειών μέσω του προσδιορισμού της φωτοσύνθεσης και της ανάπτυξης των φυτών. Οι τεχνολογίες ενεργοποίησης όπως το GPS, η γεωγραφική χαρτογράφηση, η τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού (VRT) και τα αυτόνομα οχήματα, συμβάλλουν σημαντικά στην έξυπνη λίπανση με βάση το IoT.

IV. Διαχείριση ασθενειών και παρασίτων

Το 20-40% των παγκόσμιων αποδόσεων των καλλιεργειών εκτιμάται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας FAO (Food and Agriculture Organization), ότι χάνεται. Για τη μείωση των απωλειών παραγωγής τα φυτοφάρμακα και άλλα αγροχημικά, έγιναν ένα σημαντικό στοιχείο της γεωργικής βιομηχανίας κατά τον τελευταίο αιώνα. Κάθε χρόνο, περίπου μισό εκατομμύριο τόνοι φυτοφαρμάκων χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ, ενώ περισσότεροι από δύο εκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Πολλά από αυτά τα φυτοφάρμακα είναι επιβλαβή για την υγεία των ανθρώπων και των ζώων. Ακόμη, σοβαρές επιπτώσεις δημιουργούν και στο περιβάλλον, μολύνοντας ολόκληρα οικοσυστήματα.

Οι συσκευές που βασίζονται σε IoT όπως οι ασύρματοι αισθητήρες, τα ρομπότ και τα drones, δίνουν την δυνατότητα στους καλλιεργητές να μειώσουν σημαντικά τις χρήσεις φυτοφαρμάκων εντοπίζοντας με ακρίβεια τους εχθρούς των καλλιεργειών. Η σύγχρονη διαχείριση παρασίτων που βασίζεται σε IoT προσφέρει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, μοντελοποίηση και πρόβλεψη ασθενειών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές διαδικασίες για τον έλεγχο των παρασίτων όπου γίνονταν βάσει ημερολογίου ή συνταγών.

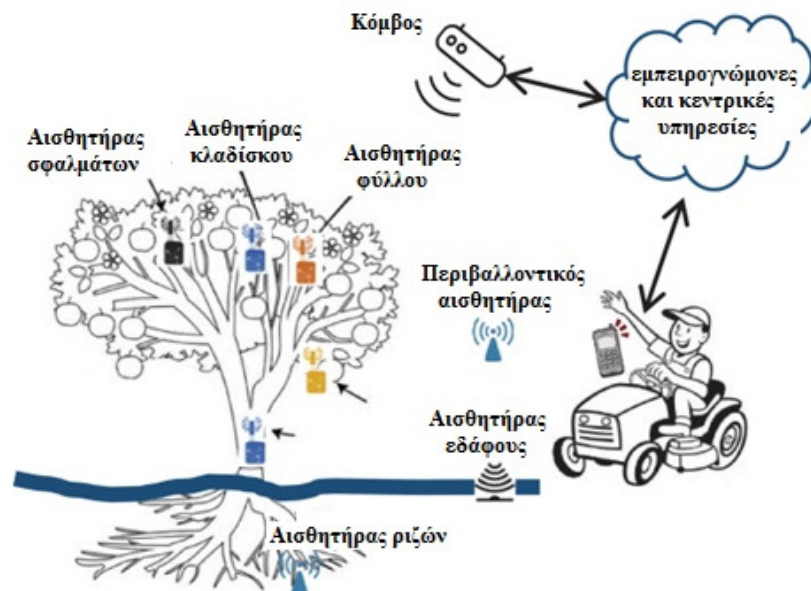
Η αναγνώριση ασθενειών και παρασίτων γίνεται με την επεξεργασία εικόνων, στην οποία οι πρώτες εικόνες λαμβάνονται σε ολόκληρη την περιοχή καλλιέργειας

χρησιμοποιώντας αισθητήρες πεδίου, σκάφη UAV ή δορυφόρους τηλεανίχνευσης. Οι εικόνες τηλεπισκόπησης καλύπτουν μεγάλες περιοχές και προσφέρουν υψηλότερη απόδοση με χαμηλότερο κόστος. Οι αισθητήρες πεδίου μπορούν να υποστηρίξουν περισσότερες λειτουργίες στη συλλογή δεδομένων, όπως τη δειγματοληψία του περιβάλλοντος, την υγεία των φυτών και τις καταστάσεις παρασίτων, για όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Με βάση το IoT εφαρμόζεται με πολλά πλεονεκτήματα το αναφερόμενο σύστημα διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών, δεδομένου ότι μπορεί να μειώσει το κόστος των συνολικών δαπανών με ταυτόχρονη αποκατάσταση του φυσικού κλίματος.

V. Παρακολούθηση απόδοσης, πρόβλεψη και συγκομιδή

Ο μηχανισμός ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάλυση των διαφόρων πτυχών που αντιστοιχούν στην γεωργική απόδοση, είναι η παρατήρηση και καταγραφή της ροής της μάζας των κόκων (σπόρων), της περιεκτικότητας σε υγρασία και της ποσότητας των συγκομιδών. Βοηθά στην ακριβή εκτίμηση καταγράφοντας την απόδοση της καλλιέργειας και το επίπεδο υγρασίας. Είναι βασικό μέρος της καλλιέργειας πριν και κατά τη συγκομιδή, διότι η παρακολούθηση της ποιότητας της απόδοσης παίζει καθοριστικό ρόλο.



Ένα δίκτυο αγροτικών περιοχών (FAN/Farm Area Network) με βάση το IoT.

Η πρόβλεψη βοηθά τον αγρότη για μελλοντικό σχεδιασμό και λήψη αποφάσεων. Επίσης, η πρόβλεψη του σωστού χρόνου συγκομιδής συμβάλλει στη μεγιστοποίηση

της ποιότητας και της παραγωγής της καλλιέργειας και παρέχει την ευκαιρία προσαρμογής της στρατηγικής διαχείρισης. Οι αγρότες για να αποκτήσουν τα πραγματικά οφέλη από τις καλλιέργειες, πρέπει να γνωρίζουν πότε είναι έτοιμες για συγκομιδή. Στην παραπάνω εικόνα διακρίνεται ένα δίκτυο περιοχής καλλιέργειας (FAN) που μπορεί να καταγράψει ολόκληρο το αγρόκτημα στον αγρότη σε πραγματικό χρόνο.

Οι δορυφορικές εικόνες μπορούν να εγκατασταθούν στις θεριζοαλωνιστικές μηχανές και να συνδεθούν με την εφαρμογή FarmRTX, η οποία δείχνει τα δεδομένα της ζωντανής συγκομιδής και τα ανεβάζει αυτόματα στην πλατφόρμα του κατασκευαστή. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να δημιουργεί χάρτες υψηλής ποιότητας και να τους μοιράζεται με έναν γεωπόνο. Ο αγρότης έχει την επιλογή να τους εξάγει σε άλλο λογισμικό διαχείρισης του αγροκτήματος για να τους αναλύσει. Οι δορυφορικές εικόνες είναι μια καλή επιλογή για την παρακολούθηση της απόδοσης των καλλιεργειών με μεγάλες εκτάσεις. Στη μέθοδο αυτή μπορεί να γίνει χρήση έγχρωμων εικόνων (RGB) Sentinel-1A Interferometric για να χαρτογραφηθεί η απόδοση και η ένταση της συγκομιδής. Επίσης, χρησιμοποιούνται πολλαπλοί οπτικοί αισθητήρες για την παρακολούθηση και την εκτίμηση της ωρίμανσης ή της συρρίκνωσης (των σπόρων ή των καρπών) της καλλιέργειας μετά την συγκομιδή ειδικά κατά τις συνθήκες στεγνώματος.

4.3 Προηγμένες γεωργικές πρακτικές

Νέες μέθοδοι υιοθετούνται για την ενίσχυση της ποιότητας και της ποσότητας. Αρχικά, έγινε προσπάθεια να βελτιωθεί η παραγωγή των καλλιεργειών εστιάζοντας στην ποικιλία των σπόρων, στα λιπάσματα και στα φυτοφάρμακα, όμως αποδείχθηκε ότι δεν καλύφθηκε το κενό ζήτησης. Έτσι, οι τεχνολογίες βασισμένες στο IoT βοηθούν στη βελτίωση των γεωργικών διαδικασιών για την ενίσχυση της παραγωγικής απόδοσης με ελάχιστη ή με καθόλου επίδραση στην πρωτοτυπία της.

Παρακάτω αναφέρονται γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται στην ευφυή γεωργία:

1. Γεωργία θερμοκηπίου

Σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον η επιτυχία της παραγωγής διαφόρων καλλιεργειών εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, η ακρίβεια των παραμέτρων παρακολούθησης, η δομή του υπόστεγου, το υλικό κάλυψης για τον έλεγχο των επιπτώσεων του ανέμου, το σύστημα εξαερισμού, το σύστημα υποστήριξης

αποφάσεων, κ.λ.π. Η ακριβής παρακολούθηση των παραμέτρων στα σύγχρονα θερμοκήπια γίνεται με την τεχνολογία του IoT, όπου κόμβοι MicaZ ή κόμβοι νεότερης τεχνολογίας πιο εξελιγμένοι, χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των εσωτερικών παραμέτρων όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, το φως και η πίεση που απαιτούνται για τον έλεγχο και τη διασφάλιση του τοπικού κλίματος.

2. Κάθετη καλλιέργεια

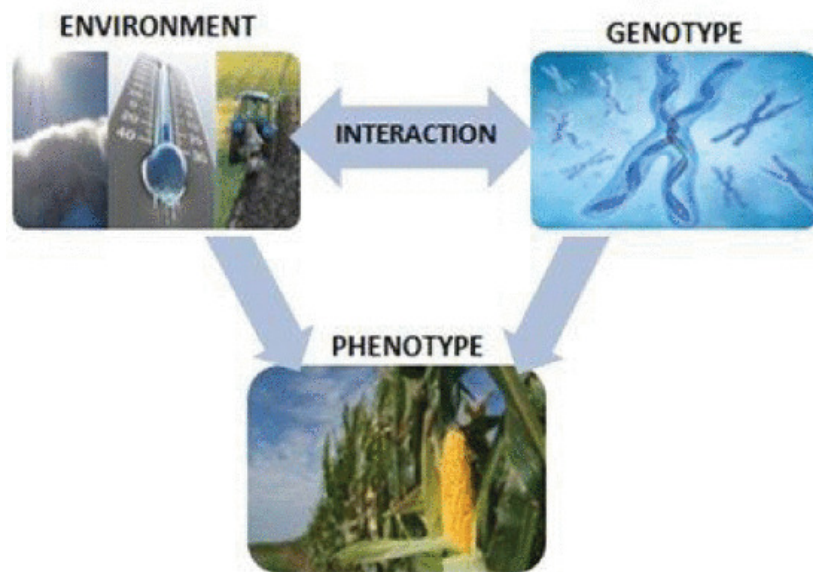
Η Κάθετη καλλιέργεια [Vertical Farming (VF)] δίνει λύση στην έλλειψη γης και νερού. Η Κάθετη καλλιέργεια προσφέρει την ευκαιρία να συσσωρευτούν τα φυτά σε ένα πιο ελεγχόμενο περιβάλλον με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης πόρων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή μπορεί να γίνει αύξηση της παραγωγής, καθώς ανάλογα με τον αριθμό των στοιβών, απαιτείται ένα μόνο κλάσμα της επιφάνειας του εδάφους σε σύγκριση με τις παραδοσιακές γεωργικές πρακτικές. Έτσι, πολλοί παράμετροι είναι σημαντικοί, όμως οι μετρήσεις CO₂ είναι ακόμα πιο σημαντικοί. Οι αισθητήρες του CO₂ και οι αισθητήρες μη διασποράς υπέρυθρων (NDIR) παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην παρακολούθηση και στον έλεγχο των συνθηκών στις κάθετες εκμεταλλεύσεις.

3. Υδροπονία

Η υδροπονία είναι ένα υποσύνολο της υδροκαλλιέργειας στην οποία τα φυτά καλλιεργούνται χωρίς έδαφος. Η υδροπονία βασίζεται σε ένα σύστημα άρδευσης στο οποίο οι θρεπτικές ουσίες διαλύονται στο νερό και οι ρίζες των καλλιεργειών παραμένουν σε αυτό το διάλυμα. Η παρακολούθηση του περιεχομένου του διαλύματος και η ακρίβεια των μετρήσεων θρεπτικών ουσιών είναι ζωτικής σημασίας και γίνεται με αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούν κυκλώματα ταλαντωτών.

4. Φαινοτυποποίηση

Η φαινοτυποποίηση, είναι μια προηγμένη τεχνική καλλιέργειας που βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο, η οποία για τον έλεγχο χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες ανίχνευσης και επικοινωνίας. Στην παρακάτω εικόνα διακρίνεται η φαινοτυποποίηση η οποία συνδέει τη γονιδιωματική των φυτών με την οικοφυσιολογία και την αγρονομία της.



Διαδικασία της φαινοτυποίησης

Το CropQuant είναι μια πλατφόρμα φαινοτυπικών στοιχείων που βασίζεται στο IoT. Έχει σχεδιαστεί για να παρακολουθεί τις καλλιέργειες και τις σχετικές μετρήσεις για την διευκόλυνση της αναπαραγωγής καλλιεργειών. Η πλατφόρμα CropQuant βοηθάει στην εξερεύνηση της σχέσης μεταξύ των γονότυπων, των φαινοτύπων και του περιβάλλοντος που αναπτύσσεται αυτή η σχέση, με βάση την ανάλυση στους αλγόριθμους και στην μοντελοποίηση της μηχανικής μάθησης.

4.3 Κύριος εξοπλισμός των τεχνολογιών που εφαρμόζεται

Στη ευφυή γεωργία για την εκτέλεση των εργασιών όπως η σπορά, η λίπανση, η άρδευση και η συγκομιδή, τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με εγκαταστάσεις GPS και GIS, ώστε να μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα και με ακρίβεια. Χωρίς τη συμμετοχή των προηγμένων τεχνολογιών δεν είναι δυνατή η διαχείριση των καλλιεργειών για συγκεκριμένες τοποθεσίες. Η επιτυχία της ευφυούς γεωργίας βασίζεται στην ακρίβεια των συλλεγόμενων δεδομένων η οποία γίνεται συνήθως με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι με τη χρήση πολυλειτουργικών συσκευών εξοπλισμένων με πλατφόρμες τηλεπισκόπησης όπως, δορυφόροι, γεωργικά αεροπλάνα, μπαλόνια και UAV. Ο δεύτερος είναι με τους διάφορους τύπους αισθητήρων που χρησιμοποιούνται κυρίως για συγκεκριμένο σκοπό στις τοποθεσίες που μας ενδιαφέρουν. Τα δεδομένα που συλλέγονται συνδέονται με τις ακριβείς πληροφορίες τοποθεσίας χρησιμοποιώντας συσκευές GPS.

Η γεωργία επωφελείται από τις προηγμένες τεχνολογίες και τις λύσεις του IoT. Έτσι, γίνονται προσπάθειες για την προσφορά πιο εξελιγμένων εργαλείων όπως γεωργικά ρομπότ για την εκτέλεση μιας σειράς δραστηριοτήτων όπως είναι η φύτευση, το πότισμα, το βοτάνισμα, η συλλογή, η αραίωση, η λίπανση, ο ψεκασμός, η συσκευασία και η μεταφορά.

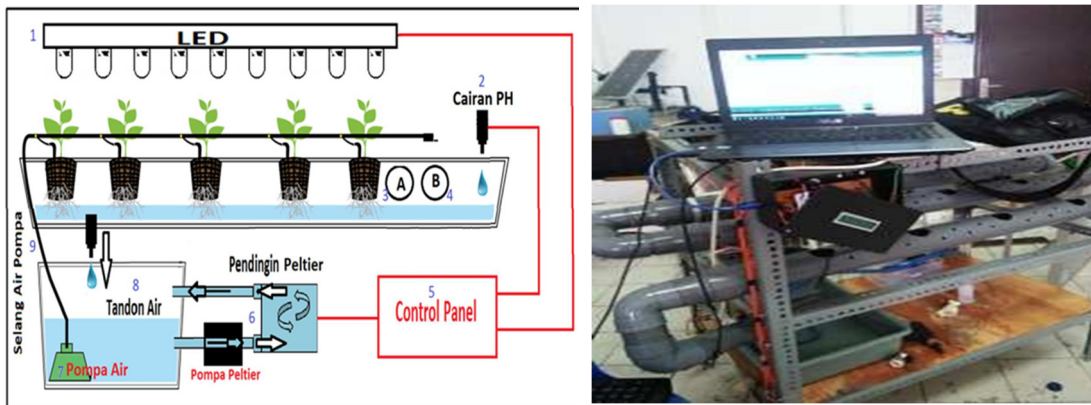
Οι κατασκευαστές προσφέρουν μια ποικιλία προϊόντων και λύσεων με βάση τους αισθητήρες και την αποτελεσματική επικοινωνία.

Παρακάτω αναφέρεται ο εξοπλισμός που διατίθενται για το σκοπό αυτό:

- Ασύρματοι αισθητήρες
- Ακουστικοί αισθητήρες
- Αισθητήρες με βάση την προγραμματιζόμενη στο πεδίο πύλη (FPGA)
- Οπτικοί αισθητήρες
- Αισθητήρες υπερήχων
- Οπτικοηλεκτρονικοί αισθητήρες
- Αισθητήρες ροής αέρα
- Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες
- Ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες
- Μηχανικοί αισθητήρες
- Αισθητήρες μαζικής ροής
- Αισθητήρες Βασισμένοι στην Δίνη Συν-διακύμανσης (Eddy Covariance)
- Αισθητήρες με βάση το επίπεδο μαλακού νερού (SWLB)
- Ανίχνευση και εύρος φωτός (LIDAR)
- Αισθητήρες τηλεματικής
- Τηλεπισκόπηση
- Δίκτυα χαμηλής ενέργειας
- Επικοινωνία
- Λειτουργίες κυψελοειδούς επικοινωνίας από 2G έως 4G
- ZigBee networks & Sigfox network
- Bluetooth as a wireless communication standard
- LoRa wireless technology
- Smartphones & Cloud Computing
- UAVs
- Τρακτέρ με βάση το IoT

- Ρομπότ Συγκομιδής

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η έρευνα των Weisrawei et al (2021), με τίτλο *Έξυπνο «πράσινο» σπίτι με έλεγχο του pH νερού Βελτιστοποίηση θερμοκρασίας, υδραυλικά μέσα εγκαταστάσεων βασισμένα στο Arduino Uno*, αναλύουν τα συστήματα ελέγχου για τη βελτιστοποίηση των επιπέδων pH και της θερμοκρασίας του νερού των εγκαταστάσεων μαρουλιού με βάση το Arduino. Η υδροπονία είναι ένας τρόπος καλλιέργειας χωρίς τη χρήση εδαφολογικών μέσων, αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει το νερό ή άλλα πορώδη υλικά. Το σύστημα των φυτών χρησιμοποιεί την τριχοειδή αρχή του θρεπτικού διαλύματος με απευθείας απορρόφηση από το φυτό μέσω του άξονα. Ο ρόλος του ηλιακού φωτός στα φυτά μπορεί να αντικατασταθεί με την παροχή ειδικού φωτός από τα φώτα, έτσι ώστε παρόλο που το φυτό βρίσκεται σε κλειστό δωμάτιο, η διαδικασία φωτοσύνθεσης να μπορεί να πραγματοποιηθεί. Η περιοδική παρακολούθηση πραγματοποιείται συνεχώς για τον έλεγχο των επιπέδων pH και της θερμοκρασίας του νερού. Για να βοηθήσει και να διευκολύνει το έργο των αγροτών απαιτείται ένα εργαλείο που είναι σε θέση να ελέγξει την οξύτητα, τη θερμοκρασία του νερού και την παροχή φωτός.



Έτσι, δημιουργήθηκε ένας ελεγκτής θερμοκρασίας pH και νερού που θα μπορούσε να λειτουργήσει αυτόματα, χρησιμοποιώντας το Arduino Uno ως μικροελεγκτή. Ο αισθητήρας pH και ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι οι εισοδοί που θα διαβάσουν τις τιμές pH και της θερμοκρασίας στο νερό. Οι προσπίπτουσες τιμές θα υποβληθούν σε επεξεργασία. Οι τιμές που εκδίδονται θα μεταφερθούν στο Arduino και θα υποβληθούν σε επεξεργασία σύμφωνα με το πρόγραμμα που έχει εισαχθεί. Η έξοδος από το arduino θα ενεργοποιήσει τη βαλβίδα σωληνοειδών σαν πτώση του υγρού pH, και θα ενεργοποιήσει τον οδηγό Peltier σαν ψύκτη του νερού. Οι τιμές pH και η θερμοκρασία

του νερού που λαμβάνονται από το Arduino θα σταλούν στα στοιχεία καταγραφής που θα επιδειχθούν έπειτα στο LCD. Στο λογισμικό υπάρχουν πολλά προγράμματα που πρέπει να γίνουν για να είναι σε θέση να διαβάσουν τους αισθητήρες και να ελέγξουν σωστά τη θερμοκρασία και το pH. Το πρόγραμμα ξεκινά με την εκκίνηση, η αντλία δεξαμενής είναι σε λειτουργία και η κυκλοφορία του νερού ενεργοποιείται. Τότε ο αισθητήρας pH διαβάζει την τιμή του pH στο νερό της δεξαμενής και ο αισθητήρας θερμοκρασίας διαβάζει τη θερμοκρασία του νερού. Τα δεδομένα μέτρησης από τον αισθητήρα pH και τον αισθητήρα θερμοκρασίας αποθηκεύονται στα δεδομένα. Τα αποθηκευμένα δεδομένα εμφανίζονται στην οθόνη LCD και στη συνέχεια εισάγεται το τμήμα απόφασης. Εάν η θερμοκρασία είναι κάτω από 27 °C και το pH είναι κάτω από 6,8 τότε η γραμμή σύνδεσης θα επιστρέψει στον αισθητήρα pH, διαβάζοντας την τιμή pH του νερού. Διαφορετικά, το πρόγραμμα θα ενεργοποιήσει τον οδηγό Peltier και τον οδηγό βαλβίδας Solenoid και τα δεδομένα μέτρησης ολοκληρώνονται στην καταγραφή των δεδομένων. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, ο ελεγκτής της θερμοκρασίας του pH και του νερού στο μαρούλι θα μπορεί να λειτουργήσει. Το σύστημα ελέγχου pH μπορεί να ελέγξει την αξία του pH σύμφωνα με την επιθυμητή αξία που κυμαίνεται από 6-6,8.

4.4 Συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές

Σε πολλές απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές ή τοποθεσίες σε ολόκληρο τον κόσμο ακόμη και στις αναπτυσσόμενες χώρες (ΗΠΑ), δεν υπάρχει ισχυρή και αξιόπιστη σύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτό ανατρέπει τις προσπάθειες εφαρμογής τεχνικών της ευφυούς γεωργίας. Εάν δεν βελτιωθούν οι επιδόσεις του δικτύου και οι ταχύτητες του εύρους ζώνης (ευρυζωνικά δίκτυα), η εφαρμογή της ψηφιακής γεωργίας θα παραμείνει προβληματική. Πολλοί αισθητήρες ή πύλες που χρησιμοποιούνται στην γεωργία, εξαρτώνται από το cloud (κέντρο αποθήκευσης ή/και επεξεργασίας) για τη μετάδοση ή την αποθήκευση των δεδομένων. Το λογισμικό που βασίζεται επίσης στο cloud πρέπει να αναβαθμιστεί, να εκσυγχρονιστεί και να γίνει ισχυρότερο. Για τα αγροτεμάχια που έχουν ψηλά, πυκνά δέντρα ή λοφώδη εδάφη, η λήψη σημάτων GPS και δικτύων LPWA δημιουργεί ένα μεγάλο ζήτημα.

Οι αγροτικές περιοχές της χώρας μας εξαιτίας του μικρού κέρδους και του μικρού πληθυσμού τους, κάνουν τις ιδιωτικές εταιρίες τηλεπικοινωνιών να αδιαφορούν για την σύνδεσή τους με ευρυζωνική παροχή. Δεδομένου αυτού, οι περιοχές αυτές βιώνουν

ένα ψηφιακό χάσμα το οποίο έχει σημαντικές επιπτώσεις στην επιχειρηματική δραστηριότητα και την κοινωνική ευημερία.

Για το κλείσιμο του χάσματος αυτού υπάρχει ένα πρόγραμμα σύμπραξης του δημόσιου με τον ιδιωτικό τομέα, προκειμένου να εγκατασταθούν υποδομές ευρυζωνικής σύνδεσης σε αυτές τις περιοχές. Έτσι, τα τελευταία χρόνια σημειώθηκαν βελτιώσεις στις υπηρεσίες ευρυζωνικής πρόσβασης και κινητής τηλεφωνίας 4G σε αγροτικές περιοχές.

Στόχος του προγράμματος είναι να συνδεθεί το 20% του αγροτικού πληθυσμού της Ελλάδας και μεσοπρόθεσμα, μέχρι το 35% του πληθυσμού. Το εύρος ζώνης συχνοτήτων θα αυξηθεί σταδιακά στα 30 Mbps.

Ως συνέπεια ολοκλήρωσης αυτού του προγράμματος σε αυτές τις περιοχές αναπτύχθηκαν δίκτυα πρόσβασης και δίκτυα οπισθόζευξης (terminal) τα οποία χρησιμοποιούνται για την σύνδεση των τοπικών δικτύων πρόσβασης σε αυτές τις περιοχές σε περιφερειακά σημεία συγκέντρωσης. Στις περιοχές όπου υπήρχαν ήδη αρκετοί φορείς εκμετάλλευσης δικτύων όπως πάροχοι λιανικών υπηρεσιών πρόσβασης στο διαδίκτυο, το έργο εγκατέστησε σημεία συγκέντρωσης ή τερματισμού, διασφαλίζοντας ένα ενιαίο ολοκληρωμένο δίκτυο. Μετά την ολοκλήρωση της υποδομής οι συντονιστές του προγράμματος χρησιμοποιούν εμπορικά κίνητρα και προσφορές για να ενθαρρύνει τους ιδιωτικούς εταίρους, προκειμένου να επενδύσουν σε αυτές τις απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές.

Τα οφέλη που υπάρχουν από μια συνδεδεμένη Ελλάδα στις αγροτικές περιοχές είναι άφθονα. Η αναβαθμισμένη σύνδεση αυτών των αγροτικών περιοχών χαμηλού εισοδήματος με τα αστικά κέντρα διασφαλίζει αφενός την κοινωνική ένταξη, αφετέρου την εδαφική συνοχή. Το έργο έχει οικονομικά οφέλη. Δηλαδή, μπορούν να ξεκινήσουν νέες επιχειρήσεις στις αγροτικές περιοχές, ώστε να αυξηθούν οι ευκαιρίες απασχόλησης και οι υπηρεσίες για τους πολίτες. Με περισσότερες διαθέσιμες θέσεις εργασίας και υπηρεσίες σε τοπικό επίπεδο, οι μετακομίσεις των πολιτών από τις αγροτικές περιοχές σε αστικά κέντρα θα μειωθούν. Επίσης, μια δημογραφική μετατόπιση θα ελαχιστοποιήσει την πληθυσμιακή καταπόνηση που αντιμετωπίζουν σήμερα πολλές πόλεις και θα συμβάλλει στο να σταματήσει η μετανάστευση των ατόμων με υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης που πλήττει πολλά αγροτικά χωριά.

Άλλα οφέλη είναι η πρόσβαση σε βελτιωμένες υπηρεσίες πολυμέσων, το μειωμένο κόστος τηλεπικοινωνιών, η βελτιωμένη επικοινωνία, η αυξημένη παραγωγικότητα και

το άνοιγμα ευκαιριών τηλεργασίας. Το σημαντικότερο όφελος αυτού του έργου είναι ότι θα γεφυρώσει το ψηφιακό χάσμα μειώνοντας την απόσταση μεταξύ των αγροτικών και των αστικών περιοχών, κάνοντας καλύτερη την ποιότητα ζωής για όλους.

4.5 Εφαρμογές της τεχνολογίας ασύρματων αισθητήρων

Οι αισθητήρες είναι οι συσκευές, οι μονάδες, οι μηχανές ή τα υποσυστήματα που μπορούν να ανιχνεύουν τις αλλαγές ή τα συμβάντα στο περιβάλλον. Κάποια ευαισθησία των αισθητήρων υποδεικνύει την αλλαγή που υπάρχει στην έξοδο του αισθητήρα, σε σύγκριση με την αλλαγή που υπάρχει στις μετρήσεις ποσότητας εισόδου. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα ορίζεται ως ο λόγος μεταξύ του σήματος εξόδου και της μετρούμενης ιδιότητας. Η ζήτηση των τεχνολογικών λύσεων στη γεωργία με στόχο την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας αυξάνεται μέρα με τη μέρα. Επιπλέον, απαιτούνται λύσεις που προσφέρουν την καλύτερη ανάλυση και τις καλύτερες βιώσιμες μεθόδους για την ανάπτυξη του πεδίου με λιγότερο χρόνο και κόστος. Έτσι, οι τεχνολογίες που βασίζονται στους αισθητήρες έχουν αποδειχθεί ότι συμβάλλουν πολύ στην αντιμετώπιση των παραπάνω ζητημάτων.

Στην ευφυή γεωργία, οι αισθητήρες είναι σημαντικοί παράγοντες συλλογής δεδομένων. Είναι αρκετά δύσκολο να συγκεντρωθούν τα δεδομένα από ένα γεωργικό πεδίο διότι οι συνθήκες του πεδίου αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Οι αισθητήρες επιλέγονται ή σχεδιάζονται αναλόγως με το πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν ή τις ανάγκες που εντοπίζονται από τους αγρότες. Οι γεωπόνοι χρησιμοποιούν τους αισθητήρες για να δουν τις συνθήκες του εδάφους, την υγρασία, τις συνθήκες καλλιέργειας, τα ορυκτά, την τιμή του pH, τη στάθμη του νερού, το ηλιακό φως, κ.λ.π. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, των μηχανημάτων και των εύχρηστων πλατφορμών του μικροελεγκτή, η χρήση των αισθητήρων έχει επεκταθεί από τα παραδοσιακά πεδία μέτρησης, δηλαδή τη θερμοκρασία, την πίεση και τη ροή. Επίσης, εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως οι αναλογικοί αισθητήρες, όπως τα ποτενσιόμετρα και οι αντιστάσεις ανίχνευσης δύναμης.

Παρακάτω αναλύονται οι διάφοροι αισθητήρες και η χρήση τους.

i. Αισθητήρες στάθμης

Οι αισθητήρες στάθμης μετρούν την στάθμη του υγρού. Το φυτό μπορεί να είναι σε οποιοδήποτε γεωργικό πεδίο, λίμνη, δεξαμενή νερού, κ.λ.π. Μετρούν τα δεδομένα σε δύο μεθοδολογίες

1. Σημειακές μετρήσεις (αισθητήρες στάθμης σημείου): γίνεται αναφορά μόνο εάν το μετρούμενο συστατικό είναι πάνω ή κάτω από το σημείο ή το όριο ανίχνευσης.

2. Συνεχείς μετρήσεις (αισθητήρες συνεχούς στάθμης): γίνονται συγκεκριμένες μετρήσεις και ακριβής προσδιορισμός της ποσότητας και της στάθμης που εκτελούνται από αυτούς τους αισθητήρες.

Για την μέτρηση της στάθμης της περιεκτικότητας νερού σε ένα πεδίο στην γεωργία, χρησιμοποιούνται αισθητήρες στάθμης νερού καθώς και αισθητήρες υγρασίας. Όταν η περιεκτικότητα σε νερό στο έδαφος είναι πολύ μικρή –δηλαδή σε ξηρές περιοχές– γίνεται χρήση των αισθητήρων στάθμης σημείων. Στις ημιάγονες τοποθεσίες χρησιμοποιούνται αισθητήρες συνεχούς στάθμης.

ii. Αισθητήρες θερμοκρασίας

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας μετρούν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή του περιβάλλοντος χώρου. Είναι διαφορετικών τύπων όπως θερμίστορ, θερμοηλεκτρικά συστήματα, ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης, αισθητήρες υπέρυθρων, αισθητήρες ημιαγωγών. Στη γεωργία μετρούν τις παραλλαγές θερμοκρασίας σε έναν τομέα.

iii. Αισθητήρες εγγύτητας

Οι αισθητήρες εγγύτητας, ανιχνεύουν την παρουσία κοντινών αντικειμένων χωρίς τη φυσική παρέμβαση. Ο αισθητήρας λειτουργεί εκπέμποντας μια ηλεκτρομαγνητική ακτίνα στο πεδίο αναζητώντας τυχόν αλλαγές στο σήμα. Αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως στη βόσκηση γεωργικών βοοειδών, στην καταμέτρηση των φρούτων, κ.λ.π.

iv. Αισθητήρες Υπέρυθρης ακτινοβολίας

Οι αισθητήρες υπέρυθρης ακτινοβολίας αισθάνονται τις αλλαγές στο περιβάλλον, εκπέμποντας υπέρυθρες ακτίνες. Λειτουργούν σε δύο προσεγγίσεις, δηλαδή ενεργητικές και παθητικές. Ένας αισθητήρας IR εκπέμπει και ανιχνεύει τις ακτινοβολίες και αποτελεί δίοδο εκπομπής φωτός και δέκτη. Οι παθητικοί αισθητήρες IR ανιχνεύουν μόνο την ακτινοβολία και κατέχουν μόνο μια λυχνία LED. Στη γεωργία οι υπέρυθροι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση της παρουσίας τρωκτικών στους οπωρώνες, να μετρήσουν τον αριθμό των φυτών ή των δέντρων στο πεδίο και να καταγράψουν δορυφορικές εικόνες του πεδίου.

v. Αισθητήρες αφής

Οι αισθητήρες αφής είναι αισθητήρες χαμηλού κόστους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση εισβολών στον τομέα.

4.6 Μελέτες περιπτώσεων IoT

Στην ευφυή γεωργία υπάρχουν πολλές εφαρμογές του IoT. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από αυτές τις εφαρμογές.

i. Παρακολούθηση των κλιματικών συνθηκών (monitoring)

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί συνδυάζουν διάφορους αισθητήρες της ευφυούς γεωργίας. Συλλέγονται δεδομένα από το περιβάλλον και στέλνονται στο σύννεφο (cloud). Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση των κλιματικών συνθηκών, την επιλογή των κατάλληλων καλλιεργειών και τη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για τη βελτίωση των καλλιεργειών. Τέτοια συστήματα του IoT που χρησιμοποιούνται στην γεωργία είναι το allMETEO, το Smart Elements και το Pycno.

ii. Αυτοματισμοί θερμοκηπίων (Automatation of Green Houses)

Τα συστήματα αυτοματισμού του θερμοκηπίου χρησιμοποιούν τα δεδομένα που λαμβάνουν από το περιβάλλον. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να τα επεξεργαστούν σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν ήδη οριστεί για την λειτουργία τους. Τα συστήματα που προσφέρουν τέτοιου είδους δυνατότητες είναι αυτά της Farmapp και της Growlink.

iii. Αυτοματοποιημένη Άρδευση ακριβείας (Smart Irrigation)

Μία από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι και η μείωση των υδάτινων πόρων. Η άρδευση των καλλιεργειών πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατόν μικρότερη κατανάλωση νερού. Πληροφορίες που συμπεριλαμβάνουν τα δεδομένα του καιρού καθώς και τις δορυφορικές απεικονίσεις, εφαρμόζονται για την εκτίμηση των αναγκών σε νερό.

iv. Καλλιέργεια ακριβείας

Η καλλιέργεια ακριβείας αφορά την αποτελεσματικότητα και τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Είναι μία από τις πιο διαδεδομένες και αποτελεσματικές εφαρμογές του IoT στη γεωργία. Οι αγρότες χρησιμοποιώντας τους αισθητήρες IoT έχουν την δυνατότητα να συλλέξουν μια μεγάλη γκάμα μετρήσεων σε κάθε πτυχή του μικροκλίματος και του οικοσυστήματος όπως του φωτισμού, της θερμοκρασίας, της κατάστασης του εδάφους, της υγρασίας, των επιπέδων CO₂ και των λοιμώξεων παρασίτων. Με αυτά τα δεδομένα οι αγρότες μπορούν να εκτιμήσουν τις κατάλληλες ποσότητες νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων ώστε να μειωθούν τα έξοδα και να εξασφαλίσουν καλύτερες και υγιέστερες καλλιέργειες.

Οι αισθητήρες εδάφους της CropX μετρούν την υγρασία του εδάφους, τη θερμοκρασία και την ηλεκτρική αγωγιμότητα, δίνοντας τη δυνατότητα στους αγρότες να προσεγγίζουν τις ανάγκες κάθε καλλιέργειας ξεχωριστά. Η τεχνολογία αυτή βοηθά στη δημιουργία ακριβών χαρτών εδάφους για κάθε τοποθεσία. Η Mothive βοηθά τους αγρότες να μειώσουν τα απόβλητα, να βελτιώσουν τις αποδόσεις και να αυξήσουν τη βιωσιμότητα των εκμεταλλεύσεων.

v. Αγροτικά Drones

Γνωστά ως UAV (μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα) αυτά τα μικρά σκάφη, είναι εξοπλισμένα με τους κατάλληλους αισθητήρες για τη συλλογή γεωργικών δεδομένων. Τα drones μπορούν να παρακολουθούν και να εκτελούν μεγάλο αριθμό εργασιών που προηγουμένως απαιτούσαν την ανθρώπινη εργασία, όπως δηλαδή τη φύτευση των καλλιεργειών, την καταπολέμηση των παρασίτων και λοιμώξεων, τον ψεκασμό, την παρακολούθηση καλλιεργειών, κ.λ.π.

4.6.1 Αυτοματοποιούμενη άρδευση

Το αυτόματο σύστημα άρδευσης χρησιμοποιεί τεχνικές όπως αυτή της τεχνητής νοημοσύνης, της μηχανικής μάθησης και του διαδικτύου των πραγμάτων για την διαδικασία της αυτόματης άρδευσης. Το ευφυές σύστημα αποτελείται από τους αισθητήρες υγρασίας, τους αισθητήρες θερμοκρασίας και τους αισθητήρες στάθμης νερού. Στο αυτόματο σύστημα άρδευσης πολλαπλοί αισθητήρες υγρασίας τοποθετούνται σε πολλαπλά σημεία γύρω από το πεδίο για την εξασφάλιση της σωστής συλλογής δεδομένων σχετικά με τα επίπεδα υγρασίας που διατηρούνται στο έδαφος για όλη τη διάρκεια μιας καλλιέργειας.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας. Τα δεδομένα συλλέγονται για ολόκληρη τη διάρκεια μιας καλλιέργειας και αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Τα δεδομένα συλλέγονται από τους αισθητήρες χρησιμοποιώντας έναν μικροελεγκτή Arduino. Έπειτα αποστέλλονται στη βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας την τεχνολογία ZigBee και αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των απαιτήσεων νερού μιας καλλιέργειας που φυτεύεται σε ένα πεδίο καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της.

Με αυτήν την τεχνική συλλέγεται η απαιτούμενη υγρασία για όλα τα είδη που καλλιεργούνται σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Τα δεδομένα

αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Έτσι, το σύστημα θα γνωρίσει τις απαιτήσεις υγρασίας διαφόρων ειδών καλλιεργειών σε ολόκληρη τη διάρκεια της ζωής τους.

Σύμφωνα με τα δεδομένα το μηχάνημα κατανοεί τις απαιτήσεις του νερού των καλλιεργειών από τις διάφορες κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες. Μετά από ένα χρονικό διάστημα το σύστημα αρχίζει να ποτίζει το πεδίο με βάση τα δεδομένα που έχει συλλέξει. Ο αισθητήρας υγρασίας μετρά το επίπεδο υγρασίας που υπάρχει στο έδαφος και τα δεδομένα αυτά συγκρίνονται με τα δεδομένα που συλλέγονται στη βάση δεδομένων. Εάν στο πεδίο υπάρχει απαίτηση νερού το σύστημα διατάζει τον μικροελεγκτή να ανοίξει τις βαλβίδες του συστήματος νερού ώστε να γίνει άρδευση στο τμήμα του πεδίου.

Ένας αισθητήρας στάθμης νερού τοποθετείται στις βαλβίδες. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες υπολογίζουν την ποσότητα νερού που αφήνεται στο πεδίο και τα δεδομένα συλλέγονται ξανά από τον μικροελεγκτή. Έπειτα από την αποστολή της απαιτούμενης ποσότητας νερού στο χωράφι, η άρδευση διακόπτεται. Στο σύστημα είναι ενσωματωμένες οι προγνώσεις του καιρού. Σύμφωνα με αυτό, το σύστημα μπορεί να αποφασίσει εάν θα ανοίξει ή θα κλείσει τη βαλβίδα νερού. Επίσης, μπορεί να αποφασίσει την ποσότητα νερού που θα ρίξει στις καλλιέργειες σε περίπτωση βροχής. Η πρόγνωση του καιρού βοηθάει στον υπολογισμό της ποσότητας της βροχής. Έτσι μπορεί να σταματήσει το αυτοματοποιημένο σύστημα άρδευσης για την αποφυγή του ποτίσματος σε περίπτωση βροχής.

Μερικοί από τους αισθητήρες υγρασίας τοποθετούνται στην κορυφή του εδάφους για να ανιχνεύσουν την βροχή. Το χωράφι αρδεύεται με τη χρήση των ψεκαστήρων ώστε να αποφευχθεί η σπατάλη νερού. Αυτό συμβαίνει για ορισμένες καλλιέργειες. Με τη βοήθεια του υπολογιστή εξασφαλίζεται ότι η άρδευση πραγματοποιείται την αυγή και το σούρουπο για την αποφυγή της απώλειας νερού λόγω εξάτμισης.

Το σύστημα μαζί με τους μικροελεγκτές και τις βάσεις δεδομένων, είναι συνδεδεμένο σε έναν κεντρικό υπολογιστή cloud. Ο υπολογιστής λαμβάνει τις αποφάσεις που σχετίζονται με το σύστημα της άρδευσης.

4.6.2 Αυτοματισμοί θερμοκηπίων

Ο στόχος του σχεδιασμού του συστήματος αυτοματοποίησης είναι η απόκτηση δεδομένων στο θερμοκήπιο από πολλαπλούς αισθητήρες, ώστε να χρησιμοποιούν

δεδομένα για επεξεργασία με σκοπό την επίτευξη της καλύτερης ενίσχυσης και ανάπτυξης του θερμοκηπίου.



Αισθητήρες, ενεργοποιητές και διάφορες συσκευές και υλικά που χρησιμοποιούνται σε υδροπονικό ή αεροπονικό σύστημα καλλιέργειας

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες για την ποιότητα και την παραγωγικότητα της ανάπτυξης των φυτών είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο φωτισμός, το έδαφος και η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο θερμοκήπιο. Το Arduino είναι μια πλατφόρμα προτυποποίησης ηλεκτρονικών ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε ευέλικτο, εύρηστο υλικό και λογισμικό. Το Arduino αισθάνεται το περιβάλλον με τη λήψη του σήματος εισαγωγής από ποικίλους αισθητήρες, οι οποίοι ελέγχουν τον θερμοαντήρα, την αντλία νερού και άλλους ενεργοποιητές.

Το σύστημα αυτό βοηθάει στη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων. Ο αγρότης έχοντας την κατάσταση των αισθητήρων λαμβάνει πληροφορίες μέσω του διακομιστή ιστού IoT και έτσι του δίνεται η δυνατότητα να ελέγχει το θερμοκήπιο από απομακρυσμένες τοποθεσίες.

Οι Kour και Arora (2020) στην έρευνα τους *Πρόσφατες εξελίξεις του Διαδικτύου των Πραγμάτων στη γεωργία: Μια έρευνα*, αναλύουν τις τεχνολογίες του IoT στον τομέα της γεωργίας και την ανάπτυξη των συστημάτων υλικού και λογισμικού. Η συμπερίληψη του IoT μαζί με το υπολογιστικό νέφος (cloud), την ανάλυση μαζικών δεδομένων και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, μπορούν να παρέχουν πρόβλεψη, επεξεργασία, ανάλυση των καταστάσεων και βελτίωση των δραστηριοτήτων σε πραγματικό χρόνο. Συζητούνται επίσης τα έργα του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα και η εκκίνηση σε όλο τον κόσμο για την παροχή έξυπνων και βιώσιμων λύσεων στη γεωργία ακριβείας. Με βάση τις έννοιες του IoT προτείνεται επίσης ένα πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας. Η ενσωμάτωση του διαδικτύου φέρνει επανάσταση σε αυτόν τον τομέα συνδέοντας συσκευές μαζί οι οποίες αναγνωρίζονται ως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Οι συσκευές συνδέονται με το διαδίκτυο μέσω των ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN), της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RIFD), της επικοινωνίας κοντινού πεδίου (NFC), της μακροπρόθεσμης εξέλιξης (LTE) και άλλων συσκευών και τεχνολογιών επικοινωνίας. Αυτή η συσχέτιση βοηθά τις συσκευές και τα άλλα αντικείμενα να μεταφέρουν τις πληροφορίες που συλλέγονται σε όλο το δίκτυο. Η πρακτική αυτή γίνεται για τη μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας. Οι κύριοι τομείς του IoT είναι η παρακολούθηση του κλίματος, η ανάλυση των δεδομένων, η έγκαιρη ανίχνευση ασθενειών, η καταμέτρηση των καλλιεργειών, η έξυπνη άρδευση, κ.λ.π. Με ένα δίκτυο συσκευών μπορεί να δημιουργηθεί ένας δίαυλος επικοινωνίας μεταξύ των αγροτών και των αγρών. Έτσι, οι συνθήκες τομέων μπορούν να παρακολουθούνται εξ αποστάσεως. Αυτό συμβάλλει στη διασφάλιση τόσο της ασφάλειας των αγρών, όσο και της αγοράς και της προστασίας του γεωργού. Επίσης, με την έγκαιρη παρακολούθηση των καλλιεργειών, μπορεί να γίνει ανίχνευση των ασθενειών και έτσι να ληφθούν προληπτικά μέτρα για τη διάσωση της καλλιέργειας. Το πεδίο εφαρμογής του IoT δεν περιορίζεται μόνο στη σύνδεση των πραγμάτων, αλλά τους επιτρέπει να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Το IoT λειτουργεί με πολυεπίπεδο τρόπο ανάλογα με το πρόβλημα που αντιμετωπίζει και τα επίπεδα που συνδυάζονται ονομάζονται λειτουργικά μπλοκ IoT. Το πρώτο επίπεδο, περιλαμβάνει όλες τις συσκευές υλικού, τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό, το διαδίκτυο, τις τεχνολογίες επικοινωνίας, τα πρωτόκολλα και τους αλγορίθμους ανάλυσης δεδομένων. Το δεύτερο επίπεδο είναι το επίπεδο δικτύου και αποτελείται από αισθητήρες, ενεργοποιητές, μικροελεγκτές, πύλες, δρομολογητές, διακόπτες, κόμβους, κ.λ.π. Αυτό το επίπεδο συλλέγει δεδομένα

από το επίπεδο ανίχνευσης και τα μεταφέρει στο επίπεδο απόφασης και στο επίπεδο εφαρμογής. Το τρίτο επίπεδο είναι το επίπεδο απόφασης το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα, τα χειρίζεται και δημιουργεί ειδοποιήσεις ή ενέργειες. Το επόμενο επίπεδο είναι το επίπεδο εφαρμογής, το οποίο αποτελεί το υλικολογισμικό και τους χρήστες. Λαμβάνει όλες τις εισόδους από άλλα επίπεδα και οι έξοδοι γίνονται ορατές στους χρήστες. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική στοχεύει στην παρατήρηση και στην παρακολούθηση του αγροκτήματος σε πραγματικό χρόνο. Γίνεται έγκαιρη ανίχνευση των ασθενειών και του εντοπισμού των φυτικών ειδών. Επίσης, γίνεται παρακολούθηση της ανάπτυξης των φυτών σε κάθε στάδιο και λήψη των απαραίτητων μέτρων για τη βελτίωση των φυτών. Στο προτεινόμενο μοντέλο θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ενσωμάτωση των εννοιών των προσεγγίσεων ενεργειακής αξιοποίησης όπως η ηλιακή ενέργεια και η ενέργεια ροής ανέμου για τη βελτιστοποίηση της ισχύος. Στη μελέτη αυτή συζητούνται τα διάφορα λειτουργικά συστήματα IoT, οι προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά τους σχετικά με τη γεωργία. Γίνεται αναφορά στην παρακολούθηση των καλλιεργειών, την άρδευση, την ανίχνευση ασθενειών και τη διαχείριση της εκμετάλλευσης. Προτείνεται μια διάταξη αρχιτεκτονικής βασισμένης στο IoT και επισημαίνονται οι εφαρμογές του IoT στη γεωργία με σκοπό την δημιουργία έξυπνων γεωργικών σεναρίων.

4.6.3 Διαχείριση καλλιεργειών

Στις πρακτικές διαχείρισης των συστημάτων καλλιέργειας οι τεχνολογίες είναι αυτές που καθορίζουν τις διαφορές στην ικανότητα της διατήρησης του περιβάλλοντος. Στα εσωτερικά συστήματα οι περιβαλλοντικές μεταβλητές υποστηρίζονται από υδρο-ηλεκτρομηχανικά συστήματα, τα οποία παρέχουν τον κατάλληλο φωτισμό, τα ανοίγματα, τους ανεμιστήρες, το νερό και τα θρεπτικά συστατικά.

Οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας είναι:

1. Ο Καιρός

Υπάρχουν σταθμοί σε αρκετές μη πειραματικές εκμεταλλεύσεις. Ο σταθμός ενός κλιματικού station συμπεριλαμβάνει το βροχόμετρο, τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία. Το 1970 προστέθηκε το pan evaporimeter σε γεωργο-μετεωρολογικούς σταθμούς, ενώ το 1980 με τη διάδοση των ηλεκτρονικών τμημάτων έγιναν πιο συχνές η ακτινοβολία, η κατεύθυνση του ανέμου και η υγρασία των φύλλων. Η διαθεσιμότητα της θερμοκρασίας του εδάφους είναι λιγότερο συχνή.

2. Η Διαθεσιμότητα νερού

Το νερό είναι ο σημαντικότερος παράγοντας παραγωγής. Στις ξηρές καλοκαιρινές περιοχές (μεσογειακές περιοχές) οι τάσεις των βροχοπτώσεων καθώς και ένα απροσδόκητο χαλάζι, δημιουργούν τεράστιους κινδύνους στην καλλιέργεια. Επιπλέον η παρατεταμένη ξηρασία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες σε μια ευαίσθητη περίοδο, δημιουργούν επιπτώσεις στην απόδοση. Τα συστήματα αποστράγγισης που σχετίζονται με τη διαχείριση των υδρολογικών δικτύων μαζί με τα συστήματα των καναλιών αποθήκευσης και διανομής, γίνονται πολύ σημαντικά για την παροχή νερού.

3. Η Γονιμότητα

Απαραίτητες για την ανάπτυξη των φυτών είναι οι θρεπτικές ουσίες. Οι αισθητήρες νερού του εδάφους περιλαμβάνουν ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οποία χρησιμοποιείται για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά του εδάφους. Πιο αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους μιας καλλιέργειας λαμβάνονται από αισθητήρες πολυφασματικής και υπερφασματικής κάμερας.

4. Παράσιτα και ασθένειες

Η ανίχνευση της παρουσίας και του σταδίου ανάπτυξης των παρασίτων όπως και η εξάπλωση των εντόμων και των ζιζανίων είναι αναγκαία για την καταπολέμησή τους. Ο κύριος στόχος του αγρότη είναι η διασφάλιση της διατήρησης ενός τεχνητού οικοσυστήματος καθώς και η πρόληψη επιδείνωσης της ποιότητας και της ποσότητας της απόδοσης. Έτσι, για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικοί αισθητήρες στις καλλιέργειες.

5. Άλλες πτυχές που σχετίζονται με την παραγωγή

Ανιχνευτές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων (IRGA) (κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς) χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των ποσοστών αναπνοής των φυτών και του εδάφους, καθώς και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον οι αισθητήρες IR χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ανωμαλιών θερμότητας, όπως η παρουσία φλογών και εισβολών από ζώα.

6. Αναμεταδότες

Οι αναμεταδότες πρέπει να ελέγχονται και να βρίσκονται σε καλή κατάσταση εργασίας καθώς και υπό συνεχή έρευνα σε περίπτωση κινδύνων και ζημιών για τον άνθρωπο, τις καλλιέργειες και το περιβάλλον.

Επιπλέον τα οχήματα μπορούν να φιλοξενούν αισθητήρες για αυτοέλεγχο και επιτρέπουν την ανάλυση των περισσότερων εργασιών ανίχνευσης που αναφέρονται παραπάνω.

4.7 Ασφάλεια γεωργικής εκμετάλλευσης

Η τεχνολογία της ευφυούς γεωργίας εφαρμόζεται από αρκετούς αγρότες και ερευνητές για τον προσδιορισμό της κατάστασης του εδάφους και των καλλιεργειών σε πραγματικό χρόνο. Ο ψεκασμός των φυτοφαρμάκων πραγματοποιείται με τη βοήθεια των drones. Ωστόσο, η εισαγωγή ενοτήτων επικοινωνίας και αλγορίθμων βαθιάς μάθησης καθιστά το σύστημα ευάλωτο στην ασφάλεια και απειλεί τις υποδομές της ευφυούς γεωργίας. Συνεπώς, αυτό θα μπορούσε να μειώσει την οικονομία μιας καλλιέργειας.

Τα προβλήματα που δημιουργούνται και αφορούν τα δεδομένα που σχετίζονται με την ευφυή γεωργία απαιτούν πλαίσια προστασίας. Η εφαρμογή της ευφυούς γεωργικής τεχνολογίας χρειάζεται μελέτη πριν από την αποδοχή της κοινότητας. Για παράδειγμα, εάν οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιηθούν από αντιπάλους, η διαρροή πληροφοριών σχετικά με την προμήθεια εδάφους και των καλλιεργειών θα προκαλέσουν σημαντικές οικονομικές απώλειες για τους γεωργούς.

Για το λόγο αυτό, η προστασία των δεδομένων θα μπορούσε να ενισχυθεί με την προσαρμογή των εργαλείων κρυπτογράφησης. Πολλές μελέτες προσαρμόζουν και εξετάζουν την κρυπτανάλυση και τις κρυπτογραφικές εφαρμογές σε μοντέλα βαθιάς μάθησης. Οι αυτόματοι κωδικοποιητές ασχολούνται με την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση δεδομένων με τη βοήθεια των νευρωνικών δικτύων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την προστασία της ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων. Οι “συγγραφείς” τέτοιων συστημάτων ασφαλείας προσφέρουν τη διαχείριση εμπιστοσύνης, τον έλεγχο ταυτότητας, τα συστήματα ανίχνευσης εισβολής, τα ζητήματα απορρήτου, την ασφάλεια των δεδομένων, την ασφάλεια του δικτύου, τα συστήματα ελέγχου πρόσβασης, την ανοχή σε σφάλματα και την ψηφιακή εγκληματολογία.

Ένα έργο του IoT απαιτεί εμπιστοσύνη, προστασία των προσωπικών δεδομένων και την υλοποίηση ενός μοντέλου ασφαλείας. Το μοντέλο αυτό θα πρέπει να αντιμετωπίζει ζητήματα ακεραιότητας, εμπιστευτικότητας και διατεματικής επικοινωνίας. Για την

διερεύνηση της κατάχρησης δεδομένων, το μοντέλο θα πρέπει να εξετάζει τις πολιτικές πρόσβασης και τους μηχανισμούς κρυπτογράφησης που θα χρησιμοποιηθούν.

Οι συσκευές (αισθητήρες, υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, δρομολογητές κ.λ.π.) στην ευφυή γεωργία, κατασκευάζονται και διανέμονται από διαφορετικούς προμηθευτές. Γι' αυτό θα πρέπει να υπάρχει εμπιστοσύνη μεταξύ αυτών και των αγροτών. Για να συμβεί αυτό, οι συσκευές που παρέχουν θα πρέπει να είναι τεχνολογικά ασφαλείς. Αυτό αφήνει την ζωή και την ασφάλεια των δεδομένων στους πωλητές. Έτσι, οι πωλητές θα πρέπει να εκπαιδεύσουν τους γεωργούς σχετικά με τη χρήση των συσκευών τους και να τους συμβουλευθούν για τους πιθανούς κινδύνους καθώς και τον τρόπο χρήσης των συσκευών.

Ο στόχος της ευφυούς γεωργίας είναι να διασφαλιστεί η ευαισθητοποίηση των γεωργών και των εργαζομένων τους για την ασφάλεια και την ζωή των δεδομένων, καθώς και την εκπαίδευσή τους στον τρόπο εφαρμογής της. Οι τεχνικοί έλεγχοι ασφαλείας συμβάλλουν στη μείωση της απειλής των κακόβουλων ατόμων, όπως είναι οι χάκερ, οι ανταγωνιστές ή οι δυσαρεστημένοι εργαζόμενοι.

Οι περισσότεροι αγρότες δεν είναι ειδικοί στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών. Έτσι, ενδέχεται να μην γνωρίζουν τους κινδύνους που υπάρχουν σε ένα ευφύες γεωργικό περιβάλλον και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να μειωθούν αυτοί οι κίνδυνοι. Οι αγρότες και οι γεωργικοί υπάλληλοι με «ελάχιστη έως καθόλου» προηγούμενη εκπαίδευση ή εμπειρία στον κυβερνοχώρο, μπορούν ξαφνικά να είναι υπεύθυνοι για εκατοντάδες δικτυωμένες συσκευές του IoT που παράγουν μεγάλα δεδομένα και μπορεί ορισμένα να είναι ευαίσθητα ως μέρος της δουλειάς τους.

Οι άνθρωποι παρουσιάζουν αρκετές αδυναμίες. Ωστόσο μια σωστά δομημένη εκστρατεία ευαισθητοποίησης για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο σε ανεκτά επίπεδα. Σε ένα περιβάλλον ευφυούς γεωργίας όλοι απαιτούν εκπαίδευση ευαισθητοποίησης. Συνεπώς, η ευαισθητοποίηση των ανθρώπων στον τομέα της κυβερνοασφάλειας (γεωργοί και αγρότες) αποτελεί σημαντικό μέτρο της ασφαλείας για την επιτυχία και την ανάπτυξη της ευφυούς γεωργίας. Σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει κίνδυνος να γίνουν λάθη όπως η χρήση προεπιλεγμένων κωδικών πρόσβασης που συνοδεύουν συσκευές. Έτσι, διευκολύνονται οι χάκερ να διεξάγουν επιθέσεις σε ολόκληρο το δίκτυο.

Κεφάλαιο 5

5 Παραδείγματα εφαρμογής των νέων τεχνολογιών στη γεωργία

Οι επιχειρηματίες επένδυσαν περισσότερα από 2 δισεκατομμύρια δολάρια σε νεοσύστατες τεχνολογίες γεωργίας από το 2014 έως το 2016. Αυτή η τάση αναμένεται να συνεχιστεί επειδή η ζήτηση για καινοτόμο τεχνολογία αγροκτημάτων είναι υψηλή. Όταν οι εφευρέτες δείχνουν αποτελέσματα, οι σύγχρονοι αγρότες επιδεικνύουν προθυμία να αγκαλιάσουν αυτές τις εφευρέσεις και τις νέες τεχνικές.

Έχοντας αυτό κατά νου, παρακάτω αναλύονται επτά αναδυόμενες τεχνολογίες που μπορούν κυριολεκτικά να αλλάξουν το γεωργικό τοπίο τα επόμενα χρόνια.

1. *Αισθητήρες εδάφους και νερού*

Ίσως ο εξοπλισμός που έχει το πιο άμεσο αποτέλεσμα είναι οι αισθητήρες εδάφους και νερού. Αυτοί οι αισθητήρες είναι ανθεκτικοί, διακριτικοί και σχετικά φθηνοί. Ακόμη και τα οικογενειακά αγροκτήματα θεωρούν ότι είναι προσιτό να τα διανέμουν σε ολόκληρη τη γη τους και παρέχουν πολλά οφέλη. Για παράδειγμα, αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν τα επίπεδα της υγρασίας και του αζώτου. Έτσι, το αγρόκτημα μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να καθορίσει το πότε θα ποτίσει και θα γονιμοποιήσει, αντί να βασίζεται σε ένα προκαθορισμένο πρόγραμμα. Αυτό οδηγεί σε μια πιο αποδοτική χρήση των πόρων και συνεπώς μειώνει το κόστος. Βοηθά επίσης το αγρόκτημα να είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον διατηρώντας το νερό, περιορίζοντας τη διάβρωση και μειώνοντας τα επίπεδα λιπασμάτων στους τοπικούς ποταμούς και λίμνες.

2. *Παρακολούθηση καιρού*

Υπάρχουν διαδικτυακές καιρικές υπηρεσίες που εστιάζουν αποκλειστικά στη γεωργία. Οι αγρότες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες μέσω των εφαρμογών για κινητές συσκευές που λειτουργούν σχεδόν σε οποιοδήποτε καταναλωτικό smartphone. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να προειδοποιεί τους αγρότες για παγετό, χαλάζι και άλλες καιρικές συνθήκες, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν προφυλάξεις για να προστατεύσουν τις καλλιέργειες ή τουλάχιστον να μετριάσουν τις απώλειες σε σημαντικό βαθμό.

3. *Δορυφορική απεικόνιση*

Η απομακρυσμένη δορυφορική απεικόνιση έχει γίνει πιο εξελιγμένη και επιτρέπεται για εικόνες περικοπής σε πραγματικό χρόνο. Αυτό δεν είναι απλώς στιγμιότυπα από

πανοραμική θέα, αλλά είναι εικόνες σε αναλύσεις πέντε μέτρων και ακόμη μεγαλύτερες. Οι εικόνες αυτές επιτρέπουν σε έναν αγρότη να εξετάσει τις καλλιέργειες σαν να βρισκόταν εκεί, χωρίς καν να βρίσκεται. Ακόμη και ο έλεγχος των εικόνων σε εβδομαδιαία βάση μπορεί να σώσει σε ένα αγρόκτημα χρόνο και χρήμα. Επιπλέον, αυτή η τεχνολογία μπορεί να ενσωματωθεί σε αισθητήρες καλλιέργειας, εδάφους και νερού, έτσι ώστε οι αγρότες να μπορούν να λαμβάνουν ειδοποιήσεις μαζί με τις κατάλληλες δορυφορικές εικόνες όταν πληρούνται τα όρια κινδύνου.

4. Διαπεραστικός αυτοματισμός

Ο διεισδυτικός αυτοματισμός μπορεί να αναφέρεται σε οποιαδήποτε τεχνολογία που μειώνει το φόρτο εργασίας των χειριστών. Παραδείγματα περιλαμβάνουν αυτόνομα οχήματα που ελέγχονται από ρομποτική ή από απόσταση μέσω των συστημάτων πλοήγησης RTK που καθιστούν τις διαδρομές σποράς και γονιμοποίησης όσο το δυνατόν βέλτιστες. Οι περισσότεροι γεωργικοί εξοπλισμοί έχουν ήδη υιοθετήσει το πρότυπο ISOBUS, όπου τα τρακτέρ και άλλοι γεωργικοί εξοπλισμοί επικοινωνούν και ακόμη λειτουργούν με τον τρόπο plug-and-play.

5. Μινιχρωμοσωμική τεχνολογία

Ένα μίνι χρωμόσωμα είναι μια μικρή δομή μέσα σε ένα κελί που περιλαμβάνει πολύ λίγο γενετικό υλικό, αλλά μπορεί με τους απλούς όρους, να περιέχει πολλές πληροφορίες. Χρησιμοποιώντας τα μικροχρωμοσώματα οι γενετιστές της γεωργίας μπορούν να προσθέσουν δεκάδες και ίσως ακόμη και εκατοντάδες χαρακτηριστικά σε ένα φυτό. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι αρκετά περίπλοκα, όπως η ανοχή στην ξηρασία και η χρήση αζώτου. Ωστόσο, αυτό που είναι πιο ενδιαφέρον για τη μικροχρωματική τεχνολογία είναι ότι τα αρχικά χρωμοσώματα ενός φυτού δεν μεταβάλλονται με κανέναν τρόπο. Αυτό οδηγεί σε ταχύτερη έγκριση κανονιστικών ρυθμίσεων και ευρύτερη, ταχύτερη αποδοχή από τους καταναλωτές.

6. Τεχνολογία rfid

Οι αισθητήρες εδάφους και νερού που αναφέρθηκαν προηγουμένως έθεσαν τα θεμέλια για την ανιχνευσιμότητα. Η βιομηχανία άρχισε να υλοποιεί αυτήν την υποδομή, η οποία διαμορφώνεται γρήγορα. Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν πληροφορίες που μπορούν να συσχετιστούν με τις παραγωγικές αποδόσεις

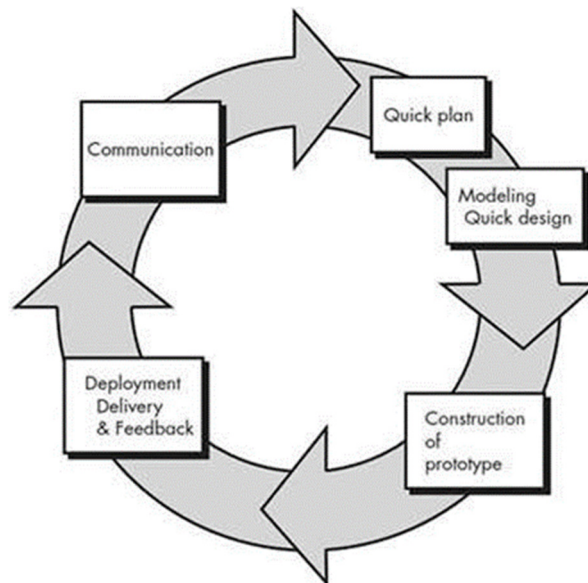
7. Κάθετη καλλιέργεια

Η κάθετη γεωργία είναι ένα ενεργειακά εντατικό σύστημα παραγωγής καλλιεργειών που περιλαμβάνει την ενσωμάτωση πολλαπλών τεχνολογιών, όπως η ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας, η ρομποτική, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, η τεχνητή νοημοσύνη, κ.λ.π., έτσι ώστε οι καλλιέργειες να μπορούν να αναπτυχθούν καλά χωρίς κανένα αγρονομικό περιορισμό.



Η κάθετη καλλιέργεια είναι η πρακτική παραγωγής τροφίμων σε κάθετα στοιβαγμένα στρώματα προσφέροντάς έτσι πολλά πλεονεκτήματα. Το πιο προφανές είναι η ικανότητα να μεγαλώνουν μέσα σε αστικά περιβάλλοντα και έτσι να διατίθενται στην αγορά πιο φρέσκα τρόφιμα, γρηγορότερα και με χαμηλότερο κόστος. Ωστόσο, η κάθετη γεωργία δεν περιορίζεται μόνο σε αστικά περιβάλλοντα όπως αρχικά αναμενόταν. Οι αγρότες μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν σε όλες τις περιοχές για να κάνουν καλύτερη χρήση της διαθέσιμης γης και να καλλιεργήσουν καλλιέργειες που κανονικά δεν θα ήταν βιώσιμες σε αυτές τις περιοχές. Οι Hirawan και Mahendra (2020) στην έρευνά τους *Βελτιστοποίηση της σποράς δασικών φυτών με βάση το Διαδίκτυο των Πραγμάτων*, αναλύουν τη σύγκριση της σποράς των δασικών φυτών με χειροκίνητες μεθόδους μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων που βασίζεται στη σπορά. Σε αυτή την έρευνα η εφαρμογή του Διαδικτύου των Πραγμάτων υποστηρίζεται από ηλιακούς συλλέκτες που χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική ενέργεια σε περίπτωση που κάποια στιγμή η συμβατική ενέργεια έχει μειωθεί ή αποσυνδεθεί. Ορισμένες από τις παραμέτρους που μετρώνται σε αυτή τη σπορά περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία δωματίου, το pH και την υγρασία του εδάφους. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του ανεμιστήρα που χρησιμεύει για την απομάκρυνση της θερμότητας από το δωμάτιο. Ο αισθητήρας υγρασίας χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση της αντλίας του νερού που χρησιμεύει ως αυτόματος καταιωστήρας των σπόρων της καλλιέργειας. Οι αισθητήρες pH χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των επιπέδων οξύτητας του

εδάφους που επηρεάζουν την ανάπτυξη σπόρων των δασικών φυτών. Η διαδικασία της σποράς γίνεται με τη χρήση φυτικών σπόρων τύπου Mangium χρησιμοποιώντας 400 δείγματα σπόρων. Το πρόβλημα που προκύπτει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της βλάστησης (σποράς) είναι η δυσκολία ρύθμισης της θερμοκρασίας του θερμού χώρου δοκιμών κατά τη διάρκεια της ημέρας και επίσης η ακανόνιστη διαδικασία άρδευσης των φυτών. Από τους 1000 σπόρους αναπτύσσονται μόνο το 45%. Η επίλυση αυτών των προβλημάτων είναι η δημιουργία μιας συσκευής, η οποία λειτουργεί για την παρακολούθηση και την δοκιμή του δωματίου. Το Raspberry Pi θεωρείται αποτελεσματικό στην επεξεργασία και την παραγωγή πληροφοριών ανάλογα με τις ανάγκες. Με τη χρήση αυτού του εργαλείου η σπορά ενός συστήματος παρακολούθησης δασικών φυτών μπορεί να λειτουργήσει σωστά και να παράγει ακριβείς πληροφορίες κατά τη διάρκεια της σποράς. Η ερευνητική μέθοδος χρησιμοποίησε ένα μοντέλο πρωτοτυποποίησης, κάνοντας τη συμμετοχή του χρήστη πολύ υψηλή, ώστε το σύστημα να ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες του.



Μοντέλο Πρωτοτυποποίησης

Στο πρωτότυπο μοντέλο αναλύονται οι απαιτήσεις του συστήματος συλλέγοντας δεδομένα τα οποία σχετίζονται με τις επιθυμίες του χρήστη και στέλνονται σε ένα σύστημα που παρακολουθεί και διαχειρίζεται τη βλάστηση των δασικών φυτών. Το αποτέλεσμα είναι σημαντικό καθώς μειώνει αισθητά την αποτυχία της βλάστησης των σπόρων. Έτσι, έγινε ένας σχεδιασμός συστήματος σύμφωνα με τις ανάγκες του Forest Plant Seed Centre (FPSC) με δεδομένα που θα μπορούσαν να εκτιμηθούν πριν από τη

διαδικασία κωδικοποίησης. Η διαδικασία μοντελοποίησης γρήγορου σχεδιασμού πραγματοποιείται με το σχεδιασμό των δομών δεδομένων της αρχιτεκτονικής του λογισμικού και της ενοποιημένης γλώσσας μοντελοποίησης. Κατόπιν ξεκίνησε η κωδικοποίηση η οποία είναι η κατασκευή του συστήματος σύμφωνα με τον προγραμματισμό στο στάδιο της γρήγορης μοντελοποίησης του σχεδιασμού. Η κωδικοποίηση του Raspberry Pi πρόκειται να θέσει τη λειτουργία αισθητήρων DHT 22, την υγρασία εδάφους, την τάση και τα αμπέρ για να ανακτήσει και να επιδείξει τα στοιχεία αισθητήρων στον ιστοχώρο. Γίνεται η ενεργοποίηση του ανεμιστήρα εξάτμισης όταν η θερμοκρασία του χώρου δοκιμών υπερβαίνει το καθορισμένο όριο και ενεργοποιεί την αντλία εκτόξευσης νερού όταν η υγρασία του εδάφους αρχίζει να στεγνώνει και να εξοικονομεί σπόρους καθώς και τα δεδομένα των δοκιμών που έχουν γίνει στο Raspberry Pi. Μετά την ολοκλήρωση της κωδικοποίησης, γίνεται έλεγχος στο σύστημα που έχει κατασκευαστεί με στόχο να βρεθούν σφάλματα στο σύστημα και στη συνέχεια να μπορούν να επισκευαστούν. Τέλος, μετά τη διεξαγωγή ανάλυσης, σχεδιασμού και κωδικοποίησης, το σύστημα θα χρησιμοποιείται από τον χρήστη και έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να πραγματοποιείται συντήρηση σε τακτική βάση. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης χρησιμοποιώντας τη χειροκίνητη μέθοδο, κέρδισαν ένα ποσοστό της επιτυχίας των σπόρων 65,75% του συνόλου των 400 σπόρων δηλαδή μόνο 263 σπόροι αναπτύσσονται κανονικά.



Σπόροι



Αύξηση φυτών

Τα αποτελέσματα του Διαδικτύου των Πραγμάτων που βασίζονται σε δοκιμές της επιτυχίας των σπόρων σε ποσοστά είναι 89.75% δηλαδή 359 σπόροι αναπτύσσονται με επιτυχία. Αυτό σημαίνει ότι στη διαδικασία σποράς υπάρχει αύξηση 24% συγκριτικά με τη χειροκίνητη μέθοδο.

5.1 Εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στις ευρωπαϊκές χώρες

Ο γεωργικός τομέας της Ε.Ε. είναι ένας από τους κορυφαίους παραγωγούς τροφίμων στον κόσμο, εγγυητής της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων και παρέχει εκατομμύρια θέσεις εργασίας για τους Ευρωπαίους. Ωστόσο, αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις. Υπάρχουν περιβαλλοντικές πιέσεις που σχετίζονται με την αλλαγή του κλίματος και την απώλεια της βιοποικιλότητας. Υπάρχει ανάγκη για βιώσιμη και αποτελεσματική διαχείριση πόρων όπως το νερό, το έδαφος, τη βιοποικιλότητα και την ενέργεια.

Τα αγροκτήματα πρέπει να παράγουν ανιχνεύσιμα και ποιοτικά προϊόντα σε προσιτές τιμές, όσο το δυνατόν πιο κοντά στον τελικό καταναλωτή. Επιπλέον, ο αγροτικός πληθυσμός γερνά και σε ορισμένα κράτη μέλη υπάρχει έλλειψη της αγροτικής εργασίας. Η έλλειψη του ψηφιακά ειδικευμένου εργατικού δυναμικού επιβραδύνει επίσης τον εκσυγχρονισμό του τομέα. Οι ψηφιακές τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη (AI), η ρομποτική, το blockchain, ο υπολογιστής υψηλής απόδοσης (HPC), το Internet of Things (IoT) και το 5G, έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν την αποδοτικότητα των εκμεταλλεύσεων και να βελτιώσουν την παραγωγή. Συμβάλουν επίσης στο να καταστούν τα γεωργικά συστήματα πιο βιώσιμα από οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική άποψη, όπως συμβαίνει σε άλλους τομείς.

Τέτοιες τεχνολογίες μπορούν να βελτιστοποιήσουν όλους τους τομείς, να επιτρέψουν καλύτερη λήψη αποφάσεων και να αναμορφώσουν τη λειτουργία των αγορών γεωργικών τροφίμων. Η αυξημένη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών θα έχει επίσης θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των αγροτών και του αγροτικού πληθυσμού και μπορεί να προσελκύσει μια νεότερη γενιά σε νεοσύστατες αγροτικές επιχειρήσεις.

Με γνώμονα τη δήλωση για «ένα έξυπνο και βιώσιμο ψηφιακό μέλλον για την ευρωπαϊκή γεωργία και τις αγροτικές περιοχές» που υπογράφηκε από τα περισσότερα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η συντονιστική Επιτροπή είχε συναντηθεί στις 15 Μαΐου 2019 με εκπροσώπους των κρατών μελών για να συζητηθούν οι νέες τεχνολογίες και η ψηφιοποίηση στη γεωργία, ενώ συγχρόνως επισημάνθηκαν τα

πλεονεκτήματα και ευκαιρίες που προσφέρονται για τον κλάδο. Μέσω της ΚΑΠ (Κοινή Αγροτική Πολιτική) η Επιτροπή είχε ως στόχο και συνεχίζει να στοχεύει και να διευκολύνει την ανάπτυξη των τεχνολογιών και της ψηφιοποίησης της γεωργίας σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο. Η καινοτομία και η χρήση νέων τεχνολογιών προσφέρουν win-win λύσεις στη γεωργία. Αυτό σημαίνει ότι συνδυάζονται τα οφέλη για το περιβάλλον και το κλίμα, αυξάνοντας παράλληλα την αποδοτικότητα και την ανταγωνιστικότητα.

Ωστόσο η χρήση των νέων τεχνολογιών παραμένει πολύ κάτω από τις προσδοκίες και διαφέρει από χώρα σε χώρα. Αυτό το κενό πρέπει να αντιμετωπιστεί, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι όλοι, συμπεριλαμβανομένων και των μικρομεσαίων αγροτών, θα μπορούν να έχουν πρόσβαση στην τεχνολογία και να επωφεληθούν από αυτήν.

Η Επιτροπή πρότεινε μια μελλοντική ΚΑΠ με υψηλότερες περιβαλλοντικές και κλιματικές φιλοδοξίες και ταυτόχρονα, ένα απλοποιημένο πλαίσιο πολιτικής σε ένα πιο περιορισμένο δημοσιονομικό περιβάλλον. Οι προτάσεις της ΚΑΠ μετά το 2020 λαμβάνουν επίσης υπόψη τη σημασία της χρήσης των νέων τεχνολογιών στον τομέα. Για παράδειγμα, περιλαμβάνει την υποχρεωτική χρήση του Εργαλείου Αειφορίας για τη Διατροφή από δικαιούχους εισοδήματος. Αυτό το εργαλείο στοχεύει στη διευκόλυνση της αειφόρου χρήσης λιπασμάτων για όλους τους αγρότες στην Ε.Ε., ενισχύοντας ταυτόχρονα την ψηφιοποίηση του γεωργικού τομέα. Επισημαίνοντας τις διαθέσιμες ευκαιρίες μέσω της χρηματοδότησης Horizon 2020 και Horizon Europe του δικτύου EIP-AGRI, της αγροτικής ανάπτυξης, η Επιτροπή ενθάρρυνε τα κράτη μέλη να επωφεληθούν από τα διαθέσιμα εργαλεία και μέσα. Επίσης, πρότεινε κονδύλιο 10 δισεκατομμυρίων ευρώ για έρευνα και καινοτομία στον τομέα των τροφίμων, της γεωργίας, της αγροτικής ανάπτυξης και της βιοοικονομίας στο πλαίσιο του προγράμματος «Ορίζοντας Ευρώπη». Η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών και της καινοτομίας στις αγροτικές περιοχές και στον αγροδιατροφικό τομέα είναι απαραίτητη, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη ανταπόκριση στις τρέχουσες προκλήσεις, όπως η αύξηση των ακραίων κλιματολογικών συνθηκών, η τροφοδότηση ενός αυξανόμενου πληθυσμού και η διασφάλιση μιας γενικής ανανέωσης του γεωργικού τομέα.

Συμπεράσματα

Η Ελλάδα από την άποψη των εδαφοκλιματικών συνθηκών, των απομονωμένων αγρών και των πολλών νησιών, προσφέρεται ιδιαίτερα για την ανάπτυξη της σποροπαραγωγής. Η ανάπτυξη της παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού και ειδικά της σποροπαραγωγής στην Ελλάδα είναι σημαντική για την απεξάρτηση του γεωργικού τομέα της χώρας από το εξωτερικό. Η σποροπαραγωγή μπορεί να καλύψει τις ντόπιες ανάγκες σε σπόρο και να αποτελέσει τη βάση για σημαντική πηγή εσόδων, πρωτίστως έμμεσα από εξαγωγές γεωργικών προϊόντων υψηλής ποιότητας και δευτερευόντως άμεσα από εξαγωγές πολλαπλασιαστικού υλικού.

Αναφορικά με τον έλεγχο των ποικιλιών, υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να καταστεί ο έλεγχος απόδοσης των ποικιλιών πιο αποτελεσματικός και λιγότερο αποτρεπτικός για την ανάπτυξη της βιομηχανίας σπόρων. Η νομοθεσία, η συμμετοχή των φορέων, η διαφάνεια στις διαδικασίες και η διεθνής συνεργασία είναι τα κλειδιά.

Η τεχνολογία μεταμορφώνει σχεδόν κάθε πτυχή της σύγχρονης ζωής μας και η γεωργία δεν αποτελεί εξαίρεση. Μεταφέρει γνώση, συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην απλοποίηση των εργασιών της γεωργικής καλλιέργειας, καθώς επίσης και στην βελτιστοποίηση της διαχείρισης της παραγωγής.

Βιβλιογραφία

- Alam, A. U., Rathi, P., Beshai, H., Sarabha, G. K., & Deen, M. J. (2021). Fruit Quality Monitoring with Smart Packaging. *Sensors*, 21(4), 1509.
- Arvind, G., Athira, V. G., Haripriya, H., Rani, R. A., & Aravind, S. (2017, April). Automated irrigation with advanced seed germination and pest control. In *2017 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)* (pp. 64-67). IEEE.
- Colmer, J., O'Neill, C. M., Wells, R., Bostrom, A., Reynolds, D., Websdale, D., ... & Zhou, J. (2020). SeedGerm: a cost-effective phenotyping platform for automated seed imaging and machine-learning based phenotypic analysis of crop seed germination. *New Phytologist*, 228(2), 778-793.
- Cruz, D., Rodrigues, C., Maciel, J., Silva, N., Araujo, D., Chase, O., & Almeida, J. (2019, July). Monitoring and Control System for Seed Germination Using Internet of Things. In *Anais do X Workshop de Computação Aplicada a Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais* (pp. 21-26). SBC.
- de Souza, R. S., Lopes, J. L. B., Geyer, C. F. R., João, L. D. R. S., Cardozo, A. A., Yamin, A. C., ... & Barbosa, J. L. V. (2019). Continuous monitoring seed testing equipments using internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 122-132.
- Hirawan, D., & Mahendra, D. (2020, July). Optimization of Forest Plant Seeding Based On the Internet of Things. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 879, No. 1, p. 012052). IOP Publishing.
- Islam, M. N., Jahan, M. R., Ali, A., Rony, S., Anannya, T. T., Aziz, F. I., ... & Rabbi, M. F. (2018, November). Design and development of an intelligent seed germination system based on iot. In *International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change* (pp. 146-161). Springer, Cham.
- Kochupillai, M., Radick, G., Rao, P., Kopytko, N., Köninger, J., & Matthiessen, J. (2019). Incentivizing & Promoting Sustainable Seed Innovations in India: A Three-Pronged Approach.
- Kour, V. P., & Arora, S. (2020). Recent Developments of the Internet of Things in Agriculture: A Survey. *IEEE Access*, 8, 129924-129957.

- Liu, Q., Yan, Q., Tian, J., & Yuan, K. (2021). Key Technologies and Applications In Intelligent Agriculture. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1757, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.
- Nair, R., & Barche, S. (2014). Protected cultivation of vegetables-present status and future prospects in India. *Indian journal of applied research*, 4(6), 245-247.
- Nwankwo, W., Olayinka, A. S., & Umezuruike, C. (2019). Boosting self-sufficiency in maize crop production in Osisioma Ngwa Local Government with internet of things (IOT)-climate messaging: A model. *African Journal of Agricultural Research*, 14(7), 406-418.
- Saleh, N. I. (2020). *Impact of Automation on Sesame Seed Production in Nigeria* (Doctoral dissertation, Dublin, National College of Ireland).
- Shadrin, D., Menshchikov, A., Ermilov, D., & Somov, A. (2019). Designing future precision agriculture: Detection of seeds germination using artificial intelligence on a low-power embedded system. *IEEE Sensors Journal*, 19(23), 11573-11582.
- Shukla, A. J., Panchal, M. V., & Patel, M. S. (2015). Intelligent greenhouse design based on internet of things (iot). *International Journal of Emerging Trends in Electrical and Electronics*, 11(2), 78-86.
- Ukaegbu, U. F., Tartibu, L. K., & Okwu, M. O. An overview of deep learning hardware accelerators in smart agricultural applications. SAIIE31 Proceedings, 5th– 7th October 2020, Virtual event, South Africa © 2020 SAIIE
- Wang, W., Zhang, F., Feng, T., Zhou, X., & Li, J. (2021). Facilities based on passive RFID sensors on growth and physiological characteristics of *Lycium barbarum* seedlings. *Measurement*, 168, 108385.
- Weisrawei, Y., Prasetya, D. A., & Setiawan, A. B. (2021). Design of Smart Green House Using pH and Water Temperature Optimization in Lettuce, Hydraulic Plant Media based on Arduino Uno. *Internet of Things and Artificial Intelligence Journal*, 1(1), 38-49