



PreConAgri – Εφαρμογές τεχνικών αειφορικής διαχείρισης του εδάφους και γεωργίας ακριβείας για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των αροτραίων καλλιεργειών

ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΕΝΤΥΠΟ



CERTH
CENTRE FOR
RESEARCH & TECHNOLOGY
HELLAS



ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΩΝ
Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων Έρευνας
Μονάδα Οικονομικής & Διοικητικής Υποστήριξης



Χ. Λαμπρόπουλος -
Παραγωγός



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Η Ευρώπη επενδύει στις αγροτικές περιοχές



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



Με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Περίληψη

Το παρόν ενημερωτικό έντυπο δημιουργήθηκε στο πλαίσιο του έργου PreConAgri, με σκοπό την ενημέρωση αγροτών, γεωτεχνικών και φορέων του αγροτικού τομέα σχετικά με σύγχρονες, βιώσιμες και τεχνολογικά ενισχυμένες γεωργικές πρακτικές. Ειδικότερα, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές και τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Διατήρησης και της Γεωργίας Ακριβείας, καθώς και τρόποι εφαρμογής τους στην πράξη. Το έντυπο περιλαμβάνει επίσης τα βασικά αποτελέσματα του έργου, με στοιχεία από πιλοτικές εφαρμογές και αξιολόγηση των επιπτώσεων στις καλλιέργειες, το περιβάλλον και την παραγωγικότητα. Στόχος είναι η ανάδειξη και η ενίσχυση πρακτικών που συνδυάζουν την αγροτική παραγωγή με την περιβαλλοντική προστασία και την τεχνολογική καινοτομία.

Στοιχεία εντύπου και έργου

Συγγραφέας: Μυρτώ Κωστή, Γεωπόνος ΓΠΑ, ΕΚΕΤΑ-ΙΒΟ

Επιμέλεια: Δρ. Χρήστος Καβαλάρης, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Χαρίσιος Λαμπρόπουλος – Παραγωγός

Ενδιάμεσος Φορέας Διαχείρισης: ΕΥΕ ΠΑΑ- ΜΟΝΑΔΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Αρμόδια Αρχή για το Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020: Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Προγράμματος Αγροτικής Ανάπτυξης 2014-2020

Έτος συγγραφής: 2025

Έκδοση: 1.0

Χρονική διάρκεια έργου: 31 μήνες

Ιστοσελίδα: <https://www.preconagri.gr/>

Email επικοινωνίας: m.kosti@certh.gr

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Στοιχεία εντύπου και έργου	1
Κατάλογος εικόνων	3
1. Γεωργία Διατήρησης	4
1.1 Ορισμός.....	4
1.2 Οφέλη που προσφέρει η Γεωργία Διατήρησης.....	5
1.3 Οι βασικοί πυλώνες που στηρίζεται η Γεωργίας Διατήρησης.....	9
1.3.1 Ελάχιστη διατάραξη του εδάφους.....	9
1.3.2. Διαρκής φυσική κάλυψη του εδάφους	21
1.3.3. Διαφοροποίηση καλλιεργειών.....	30
2. Γεωργία Ακριβείας	32
2.1. Ορισμός.....	32
2.2 Οφέλη που προσφέρει η Γεωργία Ακριβείας.....	33
2.3. Ζώνες διαχείρισης.....	34
2.3. Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application).....	35
2.3.1. Χάρτες εφαρμογών.....	37
2.3.2. Αισθητήρες και δείκτες βλάστησης	38
3. Η εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης και της Γεωργίας Ακριβείας στο πλαίσιο του έργου PreConAgri	39
3.1 Αποτελέσματα	41
Συμπεράσματα.....	42
Βιβλιογραφία	43

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Οι τρεις βασικοί πυλώνες της Γεωργίας Διατήρησης.	4
Εικόνα 2. Οφέλη της Γεωργίας Διατήρησης στο έδαφος, στο περιβάλλον και στον παραγωγό.....	9
Εικόνα 3. Επιπτώσεις της κατεργασίας του εδάφους.	10
Εικόνα 4. Διατάραξη του εδάφους ανά κατηγορία κατεργασίας.....	11
Εικόνα 5. Τυπικό σύστημα μηχανής απευθείας σποράς με τριπλό δίσκο.	15
Εικόνα 6. Τύποι δίσκων για κατεργασία εδάφους.	17
Εικόνα 7. Διάνοιξη αυλακιάς με διπλό δίσκο.	18
Εικόνα 8. Οι 3 μορφές αυλακιών που μπορούν να σχηματιστούν από τις μηχανές σποράς.	19
Εικόνα 9. Τύποι τροχών κάλυψης της αυλακιάς.	20
Εικόνα 10. Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας των μεταβλητών εφαρμογής δόσης εισροών με ένα ψεκαστικό. Συστήματα βασισμένα σε χάρτες (αριστερά) και αισθητήρες (δεξιά). ...	36
Εικόνα 11. Πρότυπη διάταξη των τεμαχίων στους πιλοτικούς αγρούς.	39
Εικόνα 12. Μηχανή ακατεργασίας (no-till) (αριστερά) και μόνιμη εδαφυτοκάλυψη (δεξιά).	40
Εικόνα 13. Ο αισθητήρας Augmenta Field Analyzer τοποθετημένος στην οροφή του γεωργικού ελκυστήρα.	40
Εικόνα 14. Χαρτογράφηση βλαστικής κατάστασης σκληρού σίτου με τον δείκτη AUG.....	41
Εικόνα 15. Χάρτες εφαρμογής μεταβλητής λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σίτου στην Νίκαια Λάρισας.	41

1. Γεωργία Διατήρησης

1.1 Ορισμός

Η **Γεωργία Διατήρησης** (Conservation Agriculture) είναι ένα **σύστημα αειφόρου γεωργικής παραγωγής** που στοχεύει στην **προστασία** και **αναγέννηση των εδαφών** καθιστώντας τα **πιο υγιή** και **παραγωγικά**, ικανά να στηρίξουν μια **βιώσιμη γεωργική παραγωγή**. Η Γεωργία Διατήρησης χρησιμοποιεί καλλιεργητικές πρακτικές που είναι πάντα προσαρμοσμένες στις απαιτήσεις των καλλιεργειών και τις ιδιαίτερες εδαφοκλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής και οι οποίες επαναφέρουν τη φυσική τους δομή, αυξάνουν την οργανική ύλη, βελτιώνουν τη βιοποικιλότητα και τη συγκράτηση του εδαφικού νερού και αποκαθιστούν την ισορροπία των θρεπτικών στοιχείων. Η Γεωργία Διατήρησης βρίσκεται στον πυρήνα της **Αναγεννητικής Γεωργίας**, η οποία είναι μια ευρύτερη προσέγγιση για την αειφορία στη γεωργία που επικεντρώνεται στη διασφάλιση μιας μακροπρόθεσμης οικολογικής ισορροπίας και παραγωγικότητας μέσα από τη δημιουργία πιο σύνθετων και ανθεκτικών αγροτικών οικοσυστημάτων. Η Γεωργία Διατήρησης στηρίζεται σε **τρεις βασικούς πυλώνες**. Την ελάχιστη διατάραξη του εδάφους, την εξασφάλιση διαρκούς φυσικής κάλυψης για προστασία και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας με χρήση διαφορετικών φυτικών ειδών (European Conservation Agriculture Federation) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Οι τρεις βασικοί πυλώνες της Γεωργίας Διατήρησης.

1.2 Οφέλη που προσφέρει η Γεωργία Διατήρησης

Τα οφέλη από την εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης είναι πολλαπλά και πολυδιάστατα. Αφορούν το έδαφος, το περιβάλλον αλλά και τον ίδιο τον παραγωγό (Εικόνα 2).

Έδαφος

- Προστασία από τη διάβρωση

Όσον αφορά το έδαφος, επιτυγχάνεται σημαντική προστασία από τη διάβρωση καθώς τα φυτικά υπολείμματα **προστατεύουν την επιφάνεια του εδάφους από την διαβρωτική δράση του νερού και του αέρα** διότι αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο που αποκόπτει την ορμή των σταγόνων της βροχής, μειώνει την ταχύτητα ροής του νερού και περιορίζει την ταχύτητα του ανέμου. Τα φαινόμενα αυτά προκαλούν αποκόλληση των στοιχειωδών συστατικών του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος), τα οποία είτε παρασύρονται είτε φράσουν τους επιφανειακούς πόρους ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό το φαινόμενο της επιφανειακής απορροής του νερού που έχει ως συνέπεια την επιτάχυνση της διάβρωσης.

- Περιορισμός της συμπίεσης των εδαφών

Το ριζικό σύστημα των προηγούμενων καλλιεργειών και της φυσικής βλάστησης, όταν δεν καταστρέφεται με μηχανικές επεμβάσεις, **σχηματίζει έναν φυσικό σκελετό που στηρίζει και σταθεροποιεί το έδαφος** καθιστώντας το πιο ανθεκτικό στη μετακίνηση των μηχανημάτων. Το έδαφος διατηρεί την δομή του και το πορώδες του, και παρόλο που μοιάζει πιο συμπαγές, μπορεί και υποστηρίζει τις βιολογικές λειτουργίες των φυτών και των μικροοργανισμών.

- Βελτίωση της στράγγισης και του αερισμού

Ένα εκτεταμένο και με φυσική συνέχεια εδαφικό πορώδες εξασφαλίζει την **εύκολη διακίνηση του νερού και του αέρα μέσα στο έδαφος**. Αν μάλιστα το πορώδες αυτό συνίσταται από κατακόρυφης διεύθυνσης πόρους που καταλήγουν μέχρι και την επιφάνεια του εδάφους, ενισχύεται σε σημαντικό βαθμό η διήθηση του νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος. Το νερό αυτό μάλιστα χάνεται πιο δύσκολα και διατηρείται για πολύ μεγαλύτερο διάστημα στο έδαφος καθώς συγκρατείται μέσα σε μικροπόρους και επιπλέον, τα φυτικά υπολείμματα που εναποτίθενται στην επιφάνεια του εδάφους περιορίζουν τις απώλειες από την εξάτμιση.

- Βελτίωση της γονιμότητας και αύξηση της βιοποικιλότητας

Η μείωση της γονιμότητας στα γεωργικά εδάφη οφείλεται σε μεγάλο βαθμό την σταδιακή απώλεια της οργανικής τους ουσίας. Η οργανική ουσία αποτελεί την τροφή των μικροοργανισμών οι οποίοι ανακυκλώνουν τα θρεπτικά στοιχεία που χρησιμοποιούν στην συνέχεια τα φυτά για την ανάπτυξή τους. Η εντατική κατεργασία του εδάφους με μηχανήματα που προκαλούν έντονο αερισμό του εδάφους, όπως π.χ. τα άροτρα, είναι η νούμερο ένα αιτία για την απώλεια του οργανικού άνθρακα από τα εδάφη. Ο άνθρακας χάνεται με την μορφή CO₂ στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της έντονης οξείδωσης που οφείλεται στον αερισμό. Αν θέλουμε να προστατέψουμε την οργανική ουσία και να διατηρήσουμε την **γονιμότητα των εδαφών** πρέπει να αποφύγουμε την μηχανική αναμόχλευση που διασπά και καταστρέφει τα εδαφικά συσσωματώματα τα οποία αποτελούν τις **φυσικές δεξαμενές της οργανικής ουσίας**.

Η αύξηση της οργανικής ουσίας και η διατήρηση ενός υψηλότερου επιπέδου εδαφικής υγρασίας ενισχύουν την ανάπτυξη περισσότερων μικροοργανισμών στο έδαφος. Από την άλλη, προστατεύονται οι ανώτεροι οργανισμοί (μυκόρριζες, αρθρόποδα, έντομα, γαιοσκώληκες κλπ.) που συνήθως θανατώνονται με τη μηχανική κατεργασία. Ως αποτέλεσμα, έχουμε **αύξηση της βιοποικιλότητας** που ενισχύει την φυσική ισορροπία στα αγρο-οικοσυστήματα.

Περιβάλλον

- *Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου – Δέσμευση του CO₂ στο έδαφος*

Η μείωση αυτή οφείλεται σε δύο μηχανισμούς. Αφενός, η μείωση στην ενέργεια που απαιτείται για την προετοιμασία των εδαφών οδηγεί σε μια σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου που μεταφράζεται σε αντίστοιχη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (ένα λίτρο πετρέλαιο εκλύει 3,03 kg CO₂ στην ατμόσφαιρα). Αφετέρου, η αφομοίωση διοξειδίου του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης και η δέσμευσή του μετέπειτα σε σταθερές οργανικές μορφές στο έδαφος, οδηγεί σε σημαντική ελάττωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Για κάθε κιλό άνθρακα που αποθηκεύεται στο έδαφος δεσμεύονται 3,7 kg CO₂ από την ατμόσφαιρα. Με αυτό τον τρόπο, η Γεωργία Διατήρησης αποτελεί σήμερα ένα σημαντικό μέτρο για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, οι βελτιωμένες συνθήκες στράγγισης, αερισμού, διατήρησης νερού και γονιμότητας, ενισχύουν την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών σε ακραία καιρικά φαινόμενα και περιορίζουν τις πιθανότητες καταπονήσεων των φυτών.

- *Προστασία από την ρύπανση των υδάτων*

Τέλος, ο περιορισμός της διάβρωσης και η πιο αποτελεσματική αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων συμβάλλουν στην **πρόληψη της ρύπανσης** των υδάτων, προστατεύοντας τόσο τα επιφανειακά αποθέματα (ποτάμια, λίμνες) όσο και τους υπόγειους υδροφορείς. Με τη μείωση της επιφανειακής απορροής, περιορίζεται η μεταφορά ιζημάτων, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στα επιφανειακά ύδατα, ενώ παράλληλα ενισχύεται η φυσική διήθηση του νερού και η βιολογική αποδόμηση των ρύπων πριν αυτοί φτάσουν στους υπόγειους υδροφορείς. Επιπλέον, η ποικιλομορφία της φυτικής κάλυψης βοηθά στην απορρόφηση των πλεοναζόντων θρεπτικών στοιχείων, αποτρέποντας την έκπλυσή τους προς το υπέδαφος και τους υδροφορείς.

Παραγωγός

Η τρίτη κατηγορία ωφελειών για τη Γεωργία Διατήρησης αφορά τον ίδιο τον παραγωγό. Εδώ τα οφέλη είναι αδιαμφισβήτητα και αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα κίνητρα για την υιοθέτηση της μεθόδου σε ευρύτερη κλίμακα.

- *Μείωση του κόστους παραγωγής*

Ξεκινώντας από το κόστος παραγωγής, διαπιστώνεται μια σημαντική συρρίκνωση σε συνολικό επίπεδο. Η **εξοικονόμηση καυσίμου** από τη μείωση ή ακόμα καλύτερα, από την κατάργηση της μηχανικής κατεργασίας, είναι το πιο προφανές όφελος. Η κατεργασία του εδάφους για πολλές καλλιέργειες χαμηλών εισροών, όπως τα χειμερινά σιτηρά και τα ψυχανθή, συνιστά το 1/3 ή και περισσότερο του συνολικού κόστους παραγωγής.

Μείωση του κόστους παραγωγής όμως προκύπτει και από τη **μείωση του χρόνου εργασίας**. Αυτό είναι επίσης σημαντικό για μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις που

χρησιμοποιούν μισθωτή εργασία. Αλλά και για τις μικρότερες εκμεταλλεύσεις, όπου η εργασία καταβάλλεται από τον ίδιο τον παραγωγό και τα μέλη της οικογένειας, η μείωση του χρόνου απασχόλησης σημαίνει ότι ο παραγωγός έχει χρόνο να ασχοληθεί με άλλα θέματα που μπορούν να κάνουν την εκμετάλλευσή του πιο αποδοτική (πχ έρευνα αγορών, ορθή συντήρηση του εξοπλισμού, εκπαίδευση σε νέα συστήματα και τεχνολογίες κ.α.).

Λιγότερες ώρες εργασίας, εκτός από το χειριστή, έχουμε και για τα μηχανήματα. Επιπλέον, χρειάζονται λιγότερα και μικρότερα μηχανήματα όταν καταργούνται όλες οι βαριές εργασίες της προετοιμασίας του εδάφους. Το όργανο για παράδειγμα, είναι μια από τις πλέον ενεργοβόρες εργασίες και απαιτεί μεγάλης ιπποδύναμης γεωργικούς ελκυστήρες για την εκτέλεσή του. Μαζί με το άροτρο, καταπονείται και ο γεωργικός ελκυστήρας. Λιγότερες ώρες εργασίας με μικρότερα και φθηνότερα μηχανήματα σημαίνει **μείωση του κόστους των αποσβέσεων** του εξοπλισμού καθώς και **μείωση των δαπανών για επισκευές και συντήρηση**. Είναι μια δευτερογενής μείωση του κόστους παραγωγής που για τις μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις της χώρας μας αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Η απόσβεση του εξοπλισμού μαζί με τις επισκευές και τη συντήρηση σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να ισοδυναμεί με το κόστος των καυσίμων.

Εκτός από το κόστος χρήσης του γεωργικού εξοπλισμού, η Γεωργία Διατήρησης μπορεί να οδηγήσει σε περεταίρω μείωση του κόστους παραγωγής με την **μείωση των αγροεφοδίων**. Η σταδιακή βελτίωση της γονιμότητας των εδαφών συνεπάγεται λιγότερα συνθετικά λιπάσματα ενώ η ενίσχυση της βιοποικιλότητας σημαίνει αύξηση των ωφέλιμων που μπορεί να ανταγωνίζονται εχθρούς και παθογόνα μειώνοντας τις ανάγκες σε προϊόντα φυτοπροστασίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό όμως να διευκρινιστεί ότι η μείωση των αγροεφοδίων δεν αποτελεί τον βασικό αυτοσκοπό της Γεωργίας Διατήρησης και δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένας απόλυτος και αδιαπραγμάτευτος στόχος, τον οποίο ο αγρότης οφείλει να επιτύχει με οποιοδήποτε κόστος. Αντιθέτως, η μείωση αυτή είναι συνέπεια της επιτυχίας του συστήματος στη βελτίωση των εδαφών. Καθώς το αγροτικό οικοσύστημα εξισορροπείται και η βιοποικιλότητα ενισχύεται, μειώνονται σταδιακά και οι ανάγκες για χημικές παρεμβάσεις. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις και χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες η χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων παραμένει αναγκαία, και αναπόφευκτη για την προστασία της καλλιέργειας και τη διασφάλιση της παραγωγής, ειδικά κατά την αρχική μεταβατική περίοδο, όταν το αγροσύστημα δεν έχει ακόμα σταθεροποιηθεί πλήρως. Κατά τα πρώτα έτη για παράδειγμα, όπου αυξάνει το πλήθος και η ποικιλότητα των οργανισμών στο έδαφος, αυτοί μπορεί να ανταγωνίζονται την καλλιέργεια σε θρεπτικά στοιχεία και κυρίως σε άζωτο. Μια ελαφρώς αυξημένη δόση αζωτούχων λιπασμάτων κατά τη φάση αυτή αποδεικνύεται ωφέλιμη, καθώς ενισχύει τη βιοποικιλότητα και μειώνει τον ανταγωνισμό με την καλλιέργεια.

- *Έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών*

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της Γεωργίας Διατήρησης για τον παραγωγό είναι η σιγουριά της **έγκαιρης εκτέλεσης των εργασιών**. Στις ετήσιες καλλιέργειες, αφενός, καταργούνται πολλές ή και όλες οι εργασίες προετοιμασίας του εδάφους για τη σπορά, παρέχοντας άφθονο χρόνο για την ολοκλήρωση της σποράς, αφετέρου, η ίδια η εργασία της σποράς, μπορεί να γίνει νωρίτερα ακόμη και αν επικρατούν ξηρικές συνθήκες. Ο σπόρος μπορεί να τοποθετηθεί σε ξηρό έδαφος με τις ειδικές μηχανές απευθείας σποράς και να περιμένει τις πρώτες βροχοπτώσεις για να ξεκινήσει η βλάστηση. Στην παραδοσιακή

καλλιέργεια αντίθετα, οι παραγωγοί αναμένουν τις πρώτες βροχές που θα τους επιτρέψουν να ξεκινήσουν τη μηχανική κατεργασία και κατόπιν, τις κατάλληλες συνθήκες για να ξεκινήσουν τις σπορές. Με την αλλαγή του κλίματος τα τελευταία έτη, αυτό γίνεται όλο και πιο δύσκολο αυξάνοντας την αβεβαιότητα και τις πιθανότητες αστοχίας για τον καλλιεργητή. Στις πολυετείς καλλιέργειες πάλι, η διατήρηση ενός πιο συμπαγούς και ανθεκτικού εδάφους εξαιτίας της παρουσίας της φυσικής βλάστησης μεταξύ των σειρών, επιτρέπει την εργασία των γεωργικών μηχανημάτων περισσότερες μέρες το χρόνο (μειώνεται ο κίνδυνος βύθισης των τροχών του ελκυστήρα έπειτα από βροχές) με αποτέλεσμα, να μειώνονται και πάλι οι κίνδυνοι από μη έγκαιρη εκτέλεση κάποιων εργασιών (π.χ. ψεκασμοί για φυτοπροστασία).

- *Βελτίωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών*

Η Γεωργία Διατήρησης συμβάλλει στη **βελτίωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών** σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Ωστόσο, κατά τα πρώτα έτη εφαρμογής, οι παραγωγοί ενδέχεται να αντιμετωπίσουν μειωμένες αποδόσεις. Πρόκειται για μια κρίσιμη μεταβατική περίοδο, η οποία απαιτεί επιμονή και εμπιστοσύνη στο σύστημα, έως ότου αρχίσουν να γίνονται εμφανή τα οφέλη από τη βελτίωση της φυσικής γονιμότητας και της παραγωγικότητας του εδάφους. Η μεταβατική φάση διαρκεί συνήθως δύο έως τρία έτη, μετά τα οποία το σύστημα αποκτά νέα ισορροπία και οι αποδόσεις όχι μόνο επανέρχονται στα επίπεδα της συμβατικής καλλιέργειας, αλλά, με κατάλληλη διαχείριση, μπορούν να συνεχίσουν να αυξάνονται, ξεπερνώντας ακόμη και τις βέλτιστες αποδόσεις των παραδοσιακών μεθόδων. Ανάλογα με τις εδαφοκλιματικές συνθήκες, το είδος των καλλιεργειών και τον τρόπο διαχείρισης, το σύστημα μπορεί να συνεχίσει να βελτιώνεται για διάστημα έως και δέκα ετών από την έναρξη της εφαρμογής του. Μετά από αυτό το στάδιο, επιτυγχάνονται τα μέγιστα οφέλη και το σύστημα σταθεροποιείται μόνιμα. Η επιτυχής μετάβαση προϋποθέτει ευελιξία, γνώση και σταδιακή προσαρμογή, προκειμένου να εξασφαλιστεί τόσο η παραγωγικότητα όσο και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Σύμφωνα με διεθνείς μελέτες, η Γεωργία Διατήρησης παρουσιάζει ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στη μεσογειακή κλιματική ζώνη, επιτυγχάνοντας τα μέγιστα δυνατά οφέλη.

Οι σύγχρονες κοινωνικές απαιτήσεις για ασφαλή, υγιεινά και περιβαλλοντικά φιλικά τρόφιμα και γεωργικά προϊόντα οδηγούν όλο και περισσότερους καταναλωτές στην πρόθεση να πληρώσουν υψηλότερη τιμή για προϊόντα αυξημένης ποιότητας. Αυτό μεταφράζεται σε **καλύτερες τιμές και μεγαλύτερη αξία για τον παραγωγό**. Η Γεωργία Διατήρησης και η Αναγεννητική Γεωργία αποτελούν σήμερα δύο πρωτοποριακές πρακτικές που βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος της αγοράς. Προσφέρουν μια ρεαλιστική και εφαρμόσιμη προσέγγιση για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων, με σεβασμό στο περιβάλλον και σε επαρκείς ποσότητες ώστε να καλύπτονται οι διατροφικές ανάγκες της κοινωνίας. Επιπλέον, η προοπτική της εμπορίας πιστώσεων άνθρακα, αναδεικνύει μια νέα πηγή εισοδήματος για τον παραγωγό.

Η μείωση του κόστους παραγωγής, η εξάλειψη της αβεβαιότητας και η βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και οι καλύτερες τιμές των προϊόντων οδηγούν εν τέλει σε ένα **μεγαλύτερο και σταθερότερο εισόδημα** για τον παραγωγό διασφαλίζοντας την μακροπρόθεσμη **βιωσιμότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων**.



Εικόνα 2. Οφέλη της Γεωργίας Διατήρησης στο έδαφος, στο περιβάλλον και στον παραγωγό.

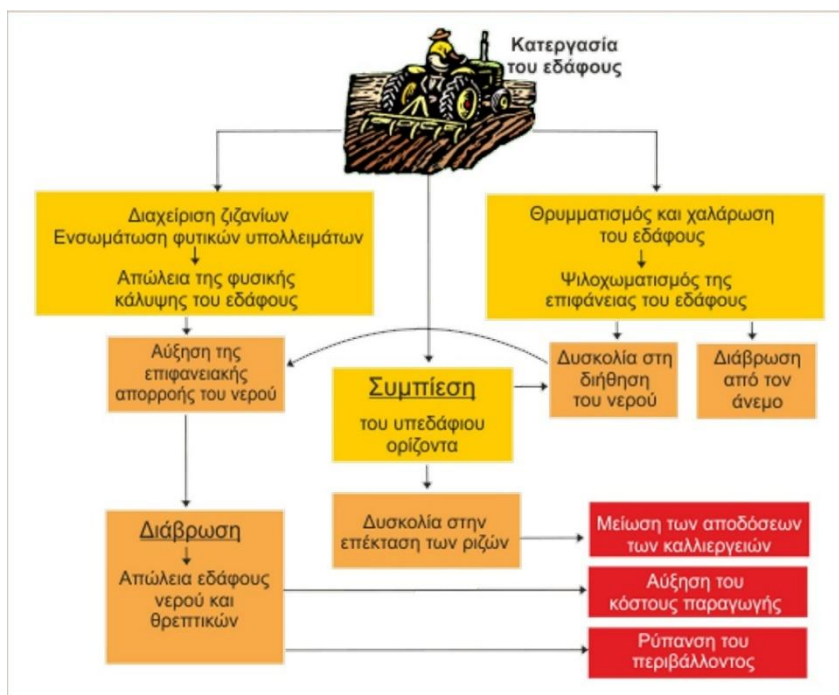
1.3 Οι βασικοί πυλώνες που στηρίζεται η Γεωργίας Διατήρησης

1.3.1 Ελάχιστη διατάραξη του εδάφους



Η μηχανική διατάραξη με την μηχανική κατεργασία αποτελεί μια από τις κύριες αιτίες της υποβάθμισης των εδαφών. Η εντατική κατεργασία χρόνο με το χρόνο με μηχανήματα που καταστρέφουν τη φυσική δομή του εδάφους οδηγεί σε σημαντικά προβλήματα όπως η μείωση της οργανικής ύλης, η καταστροφή των εδαφικών συσσωματωμάτων, η συμπίεση και η διάβρωση, η απώλεια της βιοποικιλότητας, προβλήματα στράγγισης και αερισμού και πολλά ακόμη (Εικόνα 3). Η υποβάθμιση των εδαφών συνεπάγεται μείωση της γονιμότητας και της παραγωγικότητας με συνέπεια η γεωργική παραγωγή να στηρίζεται όλο και περισσότερο σε πρόσθετες εισροές όπως λιπάσματα, προϊόντα φυτοπροστασίας, νερό άρδευσης κλπ. Το όργωμα θεωρείται από τις πλέον καταστροφικές καλλιεργητικές εργασίες για τα γεωργικά εδάφη. Είναι το «παυσίπονο» για να ξεκινήσει άλλη μια καλλιεργητική περίοδος αλλά ταυτόχρονα και μέρος του προβλήματος. Η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών, η αύξηση του κόστους παραγωγής και η ρύπανση του

περιβάλλοντος οφείλεται σε μεγάλο βαθμό σήμερα στην καταστροφή των εδαφών από την εντατική μηχανική διατάραξη.



Εικόνα 3. Επιπτώσεις της κατεργασίας του εδάφους.

Μπορούμε να μειώσουμε την ένταση της κατεργασίας και με αυτό τον τρόπο να περιορίσουμε τις καταστροφικές επιπτώσεις της μηχανικής διατάραξης του εδάφους. Υπάρχουν διάφορα συστήματα για να το πετύχουμε αυτό όπως η **μειωμένη κατεργασία** που διαταράσσει το 30-70% του εδάφους στο βάθος του ριζοστρώματος, η **κατεργασία σε λωρίδες** που επενεργεί στο 20-50% και τέλος, η **μηδενική κατεργασία** ή αλλιώς **ακατεργασία** που αφήνει το έδαφος εντελώς αδιατάρακτο ώστε αυτό να επανακτήσει πλήρως τη φυσική του δομή (Εικόνα 4). Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως **συστήματα αειφόρου διαχείρισης των εδαφών**.

Τα παραπάνω συστήματα αειφόρου διαχείρισης προσφέρουν μια σειρά από σημαντικά οφέλη για τα εδάφη όπως η βελτίωση της δομής, ο περιορισμός των κινδύνων συμπίεσης και διάβρωσης, η αύξηση της οργανικής ουσίας, η προστασία της βιοποικιλότητας, η εξοικονόμηση εδαφικού νερού, η βελτίωση της γονιμότητας κ.α. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά (ιδίως η ακατεργασία) βοηθούν στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αυξάνοντας την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος. Τέλος, προσφέρουν σημαντικά οικονομικά οφέλη στον παραγωγό μειώνοντας το κόστος της καλλιέργειας, αυξάνοντας τα περιθώρια κέρδους και περιορίζοντας την οικονομική αβεβαιότητα.



Εικόνα 4. Διατάραξη του εδάφους ανά κατηγορία κατεργασίας.

Μειωμένη κατεργασία



Ως **μειωμένη** ή αλλιώς **ελάχιστη κατεργασία** του εδάφους (*reduced tillage, minimum tillage*) χαρακτηρίζονται τα συστήματα καλλιέργειας τα οποία με την ολοκλήρωση της προετοιμασίας, αφήνουν τουλάχιστον το 30% της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένο με φυτικά υπολείμματα από τη προηγούμενη καλλιέργεια. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται μηχανήματα που διαταράσσουν στον ελάχιστο απαραίτητο βαθμό το έδαφος, ώστε να επιτραπεί η σπορά των καλλιεργειών με τις παραδοσιακές σπαρτικές μηχανές και να βοηθηθεί η ανάπτυξη της καλλιέργειας, αποφεύγοντας συνάμα τις καταστροφικές επιπτώσεις της εντατικής κατεργασίας. Οποιοσδήποτε, δεν γίνεται αναστροφή του εδάφους που προκαλούν τα άροτρα. Τέτοιου είδους μηχανήματα είναι διάφοροι τύποι καλλιεργητών (βαρείς καλλιεργητές, μέσοι καλλιεργητές, καλλιεργητές προετοιμασίας), μηχανήματα με δίσκους (δισκοσβάρνες, πολύδισκα) και διάφορα σύνθετα μηχανήματα που χρησιμοποιούν συνδυασμούς υνιών, δίσκων, δοντιών ή κυλίνδρων (πχ Terradisk). Μειωμένη κατεργασία μπορεί να γίνει και με περιστροφικές σβάρνες (βωλοκόποι ή σβωλοτρίφτες), όχι βέβαια αν έχει προηγηθεί όργωμα. Τα μηχανήματα αυτά ισχυοδοτούνται από το PTO και μπορούν με ένα μόνο πέρασμα να προετοιμάσουν το έδαφος κάνοντας ήπια αναμόχλευση σε μέτριο βάθος (περίπου 10-15εκ.). Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο και με τις φρέζες. Η φρέζα είναι ένα μηχανήμα που ασκεί έντονο θρυμματισμό στο έδαφος οδηγώντας συχνά σε κονιορτοποίηση και πλήρη καταστροφή των εδαφικών συσσωματωμάτων. Μαζί με το άροτρο, θεωρούνται από τα πλέον καταστροφικά μηχανήματα για τα εδάφη.

Στη χώρα μας, πολλοί παραγωγοί εφαρμόζουν ήδη τη μειωμένη κατεργασία, ιδίως σε χειμερινές καλλιέργειες για να συμπίσουν το κόστος παραγωγής χωρίς όμως να γνωρίζουν ότι ταυτόχρονα, με αυτό τον τρόπο συμμετέχουν στην προστασία των εδαφών.

Κατεργασία σε λωρίδες



Η **κατεργασία σε λωρίδες** (strip tillage ή zone tillage) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί ειδικά μηχανήματα τα οποία κατεργάζονται στενές λωρίδες γης (20-30cm) αφήνοντας τις ενδιάμεσες ζώνες σε καθεστώς ακατεργασίας. Η κατεργασία σε λωρίδες είναι μια πρακτική που ταιριάζει μόνο σε σκαλιστικές καλλιέργειες (αραβόσιτος, βαμβάκι, ηλίανθος, βιομηχανική τομάτα κλπ) οι οποίες σπέρνονται σε μεγάλα πλάτη γραμμών (>50cm) και υπάρχουν περιθώρια να μείνουν ζώνες ακατέργαστες. Αντίθετα, στα χειμερινά σιτηρά και ψυχανθή, δεν μπορεί να εφαρμοστεί εξαιτίας του στενού πλάτους των γραμμών (15-30cm).

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για την κατεργασία σε λωρίδες ονομάζονται **strip till** και αποτελούνται από συστοιχίες εργαλείων που τοποθετούνται σε αποστάσεις όσο και οι αποστάσεις των γραμμών σποράς της καλλιέργειας. Ανάμεσα σε αυτά τα εργαλεία μπορεί να περιλαμβάνονται δίσκοι, υνιά καλλιεργητή ρηχά κα βαθύτερα, κύλινδροι, σκαλιστήρια και φρεζοσκαλιστήρια κλπ. Το βάθος κατεργασίας με τα υνιά μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο, ξεπερνώντας σε ορισμένες περιπτώσεις και αυτό το βάθος του οργώματος. Το μεγάλο βάθος μπορεί να είναι επιθυμητό αν υπάρχουν υπόνοιες για υπεδάφιο σκληρό ορίζοντα, γενικά όμως, για τις συνθήκες της χώρας μας θα πρέπει να αποφεύγεται, διότι υπάρχει κίνδυνος να χάσουμε πολύτιμη εδαφική υγρασία από ταχεία διήθηση του νερού στην γραμμή των φυτών.

Η σπορά μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με την κατεργασία σε λωρίδες, προσθέτοντας μια σπαρτική σκαλιστικών καλλιεργειών πίσω από το μηχάνημα strip-till ή μπορεί να ακολουθήσει σε δεύτερο χρόνο, ακολουθώντας τις διαμορφωμένες λωρίδες οι οποίες βοηθούν πολύ στην πλοήγηση.

Η κατεργασία σε λωρίδες είναι ένα σύστημα που μπορεί να προσφέρει αρκετές από τις ωφέλειες της μηδενικής κατεργασίας αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τα συστήματα καθολικής μηδενικής κατεργασίας.

Μηδενική κατεργασία ή Ακατεργασία



Η **μηδενική κατεργασία** ή **ακατεργασία** του εδάφους (zero-tillage, no-tillage) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιεί ειδικές μηχανές σποράς που έχουν την ικανότητα να σπέρνουν σε εδάφη που δεν έχουν δεχτεί καμιά μηχανική προετοιμασία. Οι μηχανές αυτές χαρακτηρίζονται ως **σπαρτικές μη κατεργασίας** ή **σπαρτικές απ' ευθείας σποράς** (no-till, direct drillers, direct planters).

Η σπορά σε εδάφη που δεν έχουν υποστεί μηχανική προετοιμασία έχει να αντιμετωπίσει τρεις βασικές δυσκολίες που περιγράφονται στον Πίνακα 1:

Πίνακας 1. Προβλήματα και λύσεις σποράς σε εδάφη που δεν έχουν υποστεί μηχανική προετοιμασία.

Προβλήματα από τη μη κατεργασία του εδάφους		Λύσεις με τις μηχανές απευθείας σποράς
1	Τα φυτικά υπολείμματα που είναι συσσωρευμένα στην επιφάνεια του εδάφους στομώνουν τους μηχανισμούς τοποθέτησης του σπόρου των κλασικών μηχανών διακόπτοντας συχνά την εργασία.	Οι μηχανές απευθείας σποράς διαθέτουν ειδικούς δίσκους ή και πρόσθετους μηχανισμούς (επιπλέον δίσκο, δάκτυλα κ.α.) που κόβουν και απομακρύνουν αποτελεσματικά τα φυτικά υπολείμματα από τη γραμμή σποράς.
2	Ένα έδαφος που δεν έχει υποστεί μηχανική αναμόχλευση εμφανίζει υψηλή συνοχή και είναι δύσκολο για το μηχανισμό διάνοιξης της αυλακιάς να διεισδύσει και να δημιουργήσει το αυλάκι που θα πέσει ο σπόρος.	Οι μηχανές απευθείας σποράς είναι ιδιαίτερα βαριές για να ασκούν ικανή πίεση και να μπορέσουν οι μηχανισμοί διάνοιξης να διεισδύσουν στο έδαφος. Το υψηλό βάρος επιβάλλει μια γενικότερη στιβαρή κατασκευή που αποτελεί και την κύρια αιτία του υψηλού κόστους αυτών των μηχανών.
3	Η απουσία κατεργασίας σημαίνει απουσία ψιλοχωματισμένου εδάφους για να σκεπαστεί ο σπόρος	Οι μηχανές απευθείας σποράς διαθέτουν ειδικούς τροχούς (μονούς ή διπλούς, ελαστικούς ή μεταλλικούς, με δόντια ή χωρίς) που ανάλογα με την περίπτωση έχουν την ικανότητα να ασκούν αρκετή πίεση στα τοιχώματα της αυλακιάς ώστε αυτή να κλείσει και να

Η μηδενική κατεργασία επιφέρει στο έδαφος μια σειρά από δομικές και λειτουργικές μεταβολές που δεν είναι δυνατόν να επέλθουν με τα συστήματα της μειωμένης κατεργασίας (η κατεργασία σε λωρίδες τα επιτυγχάνει εν μέρει, αλλά σε μικρότερο βαθμό). Οι μεταβολές αυτές υφίστανται σταδιακά, χρόνο με το χρόνο και ανάλογα με τον τύπο, την προϋστορία και τη συνολική διαχείριση του εδάφους, μπορεί να χρειαστούν λίγα ή περισσότερα έτη για να γίνουν εμφανείς.

Δομικά, τα εδάφη αρχίζουν να αποκτούν σταθερότερα και μεγαλύτερα συσσωματώματα που συμμετέχουν πιο ενεργά στη δέσμευση του άνθρακα και τη συγκράτηση των θρεπτικών. Το πορώδες μεταβάλλεται επίσης. Δημιουργείται ένα πλουσιότερο και με περισσότερη συνέχεια δίκτυο πόρων, μικρότερης διατομής, οι οποίοι έχουν σε μεγάλο βαθμό κατακόρυφη διεύθυνση και φθάνουν μέχρι την επιφάνεια. Αυτό έχει δύο ευεργετικές επιδράσεις. Πρώτον, βελτιώνεται σημαντικά η διήθηση του νερού περιορίζοντας αντίστοιχα την επιφανειακή απορροή και δεύτερον, αυξάνει η ικανότητα συγκράτησης νερού εντός του μικροπορώδους.

Λειτουργικά, τα εδάφη καθίστανται σταδιακά πιο ενεργά καθώς αυξάνει η οργανική ουσία και βελτιώνεται η βιοποικιλότητα. Τα εδάφη αναγεννώνται ανακτώντας σταδιακά τη βιολογική τους δραστηριότητα και την ικανότητά τους να παρέχουν στις καλλιέργειες θρεπτικά στοιχεία σε ισορροπημένες αναλογίες. Οι οικοσυστημικές υπηρεσίες επανέρχονται στηρίζοντας το ευρύτερο γεωργικό περιβάλλον.

Η μηδενική κατεργασία αφήνει τα περισσότερα φυτικά υπολείμματα από όλα τα υπόλοιπα συστήματα, στην επιφάνεια του εδάφους. Τα **φυτικά υπολείμματα** έχουν ιδιαίτερη σημασία στη Γεωργία Διατήρησης.

Μηχανές για απευθείας σπορά

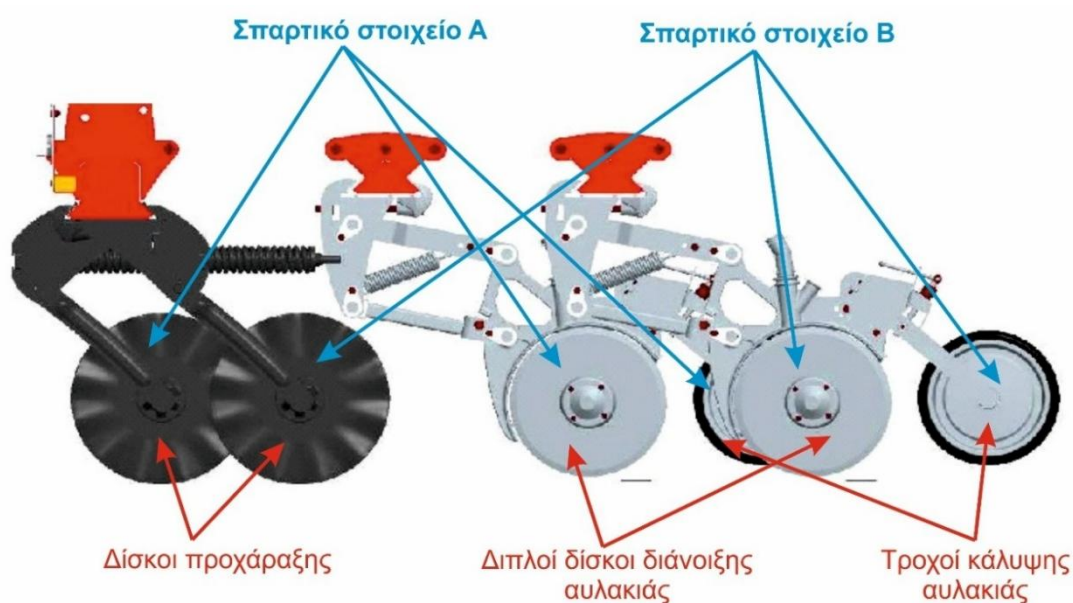
Η απευθείας σπορά καλλιεργειών σε μη κατεργασμένο έδαφος (ακατεργασία, no-tillage) περιλαμβάνει κάποιες ιδιαίτερες συνθήκες και δυσκολίες που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι ειδικές μηχανές σποράς. Πρώτον, το έδαφος είναι συμπαγές και δυσχεραίνει την είσοδο του συστήματος διάνοιξης της αυλακιάς, δεύτερον, δεν υπάρχει ψιλοχωματισμένο έδαφος για να σκεπαστεί ο σπόρος και τρίτον, τα φυτικά υπολείμματα φράσουν τους μηχανισμούς και καθιστούν το έργο της σποράς ακόμα πιο δύσκολο.

Ο βασικός σύμμαχος των μηχανών απευθείας σποράς στην προσπάθεια να διεισδύσουν στο έδαφος είναι το βάρος τους. Σε ξηρά και συμπαγή εδάφη μπορεί να χρειάζεται πίεση μεγαλύτερη από 3000 Kpa για ένα άκαμπτο αντικείμενο να διεισδύσει στο έδαφος. Για μια σπαρτική με σύστημα τριπλού δίσκου αυτό μεταφράζεται σε 250 kg ανά στοιχείο. Μια τρίμετρη μηχανή σιτηρών εν προκειμένω, με 20 σπαρτικά στοιχεία (πλάτος γραμμών 15cm) θα πρέπει να έχει συνολικό βάρος 5 τόνους, κενή. Το μεγάλο βάρος μιας μηχανής όμως προϋποθέτει και μια ανάλογα στιβαρή κατασκευή. Οι διατομές των μετάλλων, οι αρθρώσεις, τα ελατήρια, οι σύνδεσμοι, όλα πρέπει να είναι ενισχυμένα για να μπορούν να υποστηρίξουν την ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία του μηχανήματος. Αυτός είναι και ένας από τους κύριους λόγους που οι μηχανές απευθείας σποράς έχουν πολλαπλάσιο κόστος από τις κοινές σπαρτικές.

Το δεύτερο πρόβλημα στην απευθείας σπορά, μιας και δεν προηγείται καμία κατεργασία, είναι η απουσία ψιλοχωματισμένης γης για να καλυφθεί ο σπόρος. Σε αυτή την περίπτωση

δεν υπάρχει άλλη λύση από το να ασκηθεί αρκετή πίεση στα τοιχώματα της αυλακιάς ώστε να σπάσουν και να σκεπάσουν το σπόρο. Αυτό πάλι επιτυγχάνεται με την χρήση ειδικών τροχών κάλυψης. Για υγρά και πιο ελαφρά εδάφη χρησιμοποιούνται τροχοί κάλυψης με ελαστική περιφέρεια ενώ για πιο συμπαγή και ξηρά εδάφη οι κατασκευαστές παρέχουν μεταλλικούς τροχούς, λείους ή με οδοντώσεις που ασκούν πολύ ισχυρές πιέσεις στα τοιχώματα της αυλακιάς. Οι τροχοί κάλυψης μπορεί να είναι μονοί αλλά και δίδυμοι υπό γωνία που πιέζουν και τα δύο τοιχώματα.

Το τρίτο πρόβλημα των μηχανών απευθείας σποράς είναι η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων. Η διατήρηση φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους αποτελεί έναν από τα βασικά εργαλεία για τον δεύτερο πυλώνα της Γεωργίας Διατήρησης που είναι η διαρκής φυσικής κάλυψη του εδάφους. Τα φυτικά υπολείμματα ωστόσο μπορεί να αποτελέσουν ένα σημαντικό εμπόδιο κατά τη σπορά. Στις συμβατικές μηχανές, συνήθως συσσωρεύονται στα σπαρτικά στοιχεία δημιουργώντας μια φυτική μάζα που φράζει του μηχανισμού (μπούκωμα) και αποτρέπει την διάνοιξη της αυλακιάς. Το πρόβλημα αυτό στις μηχανές απευθείας σποράς αντιμετωπίζεται με διάφορους τρόπους. Ένας είναι η χρήση δίσκων διάνοιξης με μεγάλη διάμετρο και μεγάλο βάρος για να μπορούν να κόβουν και να διαχωρίζουν τα φυτικά υπολείμματα. Μια άλλη λύση είναι ή τοποθέτηση ενός τρίτου δίσκου προχάραξης που προηγείται του συστήματος διάνοιξης της αυλακιάς και του οποίου ο πρωταρχικός ρόλος είναι να κόβει τα φυτικά υπολείμματα ώστε να δουλεύουν πιο απρόσκοπτα οι δίσκοι που ανοίγουν το αυλάκι. Όταν ο δίσκος προχάραξης συνδυάζεται με σύστημα διάνοιξης διπλού δίσκου, τότε μιλάμε για το σύστημα του «τριπλού δίσκου» (Εικόνα 5). Η τοποθέτηση ειδικών ακτινωτών τροχών (βωλοδιώκτες, φυτοδιώκτες) που απομακρύνουν τη κύρια μάζα των φυτικών υπολειμμάτων από τη γραμμή σποράς είναι μια άλλη τεχνική που εφαρμόζεται στις μηχανές απευθείας σποράς των σκαλιστικών καλλιεργειών. Στις μηχανές αυτές μάλιστα, μπορεί το σύστημα απομάκρυνσης να συνδυάζεται με το σύστημα του τριπλού δίσκου εξασφαλίζοντας μια αρκετά καθαρή γραμμή σποράς.



Εικόνα 5. Τυπικό σύστημα μηχανής απευθείας σποράς με τριπλό δίσκο.

Οι ιδιαίτερες απαιτήσεις των μηχανών για να έχουμε μια ποιοτική σπορά με το σύστημα της ακατεργασίας συνοψίζονται ως εξής:

- Οι μηχανές να έχουν την ικανότητα να διανοίγουν ένα ομοιόμορφο αυλάκι σε σταθερό βάθος ακόμη και σε διάφορες εδαφικές συνθήκες
- Οι μηχανές να μπορούν διαχειρίζονται αποτελεσματικά τα φυτικά υπολείμματα χωρίς μεγάλη διατάραξη του εδάφους
- Οι μηχανές να επιτυγχάνουν ελάχιστη αλλά επαρκή διατάραξη του εδάφους στην αυλακιά δημιουργώντας έναν άριστο περιβάλλον για το σπόρο, και αν είναι εφικτό, να διαχωρίζουν το σπόρο από το λίπασμα
- Να ελέγχουν με ακρίβεια την τοποθέτηση του σπόρου και του λιπάσματος
- Να εξασφαλίζουν επαρκή ροή εδάφους πίσω στο αυλάκι για να σκεπάζεται ο σπόρος
- Να συμπυκνώνουν το έδαφος γύρω από το σπόρο για να εξασφαλίζουν καλή επαφή
- Να επιτυγχάνουν όλα τα παραπάνω δίχως να σμιλεύουν τα τοιχώματα του αυλακιού, αποτρέποντας την επαφή του σπόρου με τα φυτικά υπολείμματα, την υπερβολική συμπίεση και ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις μεταξύ γειτονικών αυλακιών.

Οι περισσότερες μηχανές για απευθείας σπορά χρησιμοποιούν συστήματα δίσκων για την διάνοιξη της αυλακιάς. Οι δίσκοι έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορούν να κόψουν τα φυτικά υπολείμματα. Οι διάφοροι κατασκευαστές μηχανών No-till χρησιμοποιούν διάφορους συνδυασμούς και διατάξεις των δίσκων για να πετύχουν ένα καλό αποτέλεσμα.

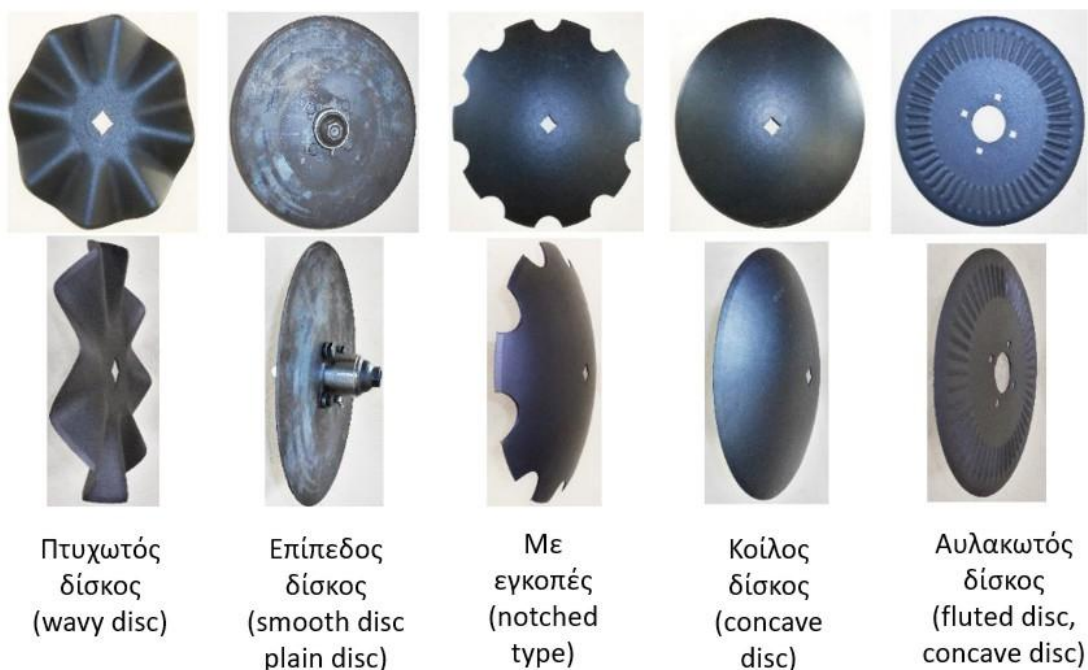
Η πιο απλή μορφή είναι ένας **μονός δίσκος**, με μια μικρή κλίση ως προς τη πορεία ο οποίος αναλαμβάνει και να κόψει τα υπολείμματα και να ανοίξει το αυλάκι που θα πέσει μέσα ο σπόρος. Συνήθως ο δίσκος συνοδεύεται με μια μικρή καρίνα στο πλάι η οποία διευρύνει το αυλάκι και μαζί με το δίσκο σχηματίζει το κενό άνοιγμα μέσα από το οποίο απελευθερώνεται ο σπόρος.

Μια άλλη διάταξη είναι η χρήση **δύο δίσκων**, ο ένας δίπλα από τον άλλο. Οι δίσκοι είναι επίσης υπό μικρή γωνία και συγκλίνουν στο μπροστινό τμήμα. Καθώς περιστρέφονται, κόβουν τα φυτικά υπολείμματα και δημιουργούν ένα αυλάκι. Ο σπόρος πέφτει ανάμεσα από τους δύο δίσκους. Ορισμένοι κατασκευαστές επιλέγουν να τοποθετήσουν το ένα δίσκο ελαφρώς πιο πίσω από το διπλανό του ή κατασκευάζουν τον έναν, ελαφρώς μικρότερο από τον άλλο. Με τον τρόπο αυτό υποβοηθάται ο αυτοκαθαρισμός του συστήματος από το έδαφος που κολλάει πάνω στους δίσκους.

Μια τρίτη κοινή εκδοχή είναι το σύστημα των **τριών δίσκων**. Εκτός από τους δύο συγκλινόντες δίσκους που σχηματίζουν το αυλάκι, υπάρχει και ένας τρίτος δίσκος οποίος προπορεύεται και ο οποίος αναλαμβάνει κυρίως να κόψει τα φυτικά υπολείμματα και να κάνει μια σχισμή στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνει το έργο των δύο επόμενων δίσκων που θα ανοίξουν το αυλάκι. Ο τρίτος δίσκος είναι συνήθως κατακόρυφος και μπορεί να είναι επίπεδος ή με πτυχώσεις ή αυλάκια για να κόβει και ταυτόχρονα να απομακρύνει ελαφρώς τα υπολείμματα από τη σχισμή. Η διάταξη αυτή ονομάζεται «**Σύστημα τριπλού δίσκου**». Ένα «μειονέκτημα» για τις μηχανές με τριπλό δίσκο είναι το μεγάλο μήκος που χρειάζεται να έχουν τα σπαρτικά στοιχεία, για να τοποθετηθούν οι

δίσκοι, γεγονός που αυξάνει το συνολικό μήκος των μηχανών καθιστώντας αυτές λιγότερο ευέλικτες για σπορές σε μικρά αγροτεμάχια.

Όσο περισσότεροι δίσκοι, χρησιμοποιούνται στα σπαρτικά στοιχεία των μηχανών, τόσο μεγαλύτερο βάρος χρειάζονται οι μηχανές για να εξασφαλίζουν επαρκείς πιέσεις στα στοιχεία που επεμβαίνουν στο έδαφος και καθ' αυτό τον τρόπο, αυξάνει το κόστος κατασκευής. Σε ορισμένες περιπτώσεις, για να βοηθήσουν τη διείσδυση των δίσκων σε συμπαγή εδάφη, οι κατασκευαστές προτιμούν δίσκους με περιφερειακές εγκοπές που εξασφαλίζουν μεγαλύτερες πιέσεις στα προεξέχοντα τμήματα (δόντια).



Εικόνα 6. Τύποι δίσκων για κατεργασία εδάφους.

Για πολύ ξηρά και συνεκτικά εδάφη μπορεί να χρησιμοποιούνται αντί για μηχανές με δίσκους, μηχανές με υνάκια. Τα υνάκια συγκεντρώνουν όλο το βάρος της μηχανής σε μια πολύ μικρή επιφάνεια με αποτέλεσμα να ασκούν πολύ μεγαλύτερες πιέσεις και να καταφέρνουν να διεισδύουν αποτελεσματικότερα στο έδαφος. Οι μηχανές με υνάκια επομένως δεν χρειάζεται να είναι το ίδιο βαριές και στιβαρές με τις μηχανές με δίσκους. Συνεπώς, κατασκευάζονται πολύ πιο ευκολά ως αναρτώμενες, που είναι πιο ευέλικτες αντί για συρόμενες που είναι πιο δυσκίνητες. Τα υνάκια επίσης, δουλεύουν πολύ καλύτερα από τους δίσκους σε πετρώδη εδάφη. Ένας δίσκος, όταν συναντήσει μια πέτρα θα την προσπεράσει από πάνω με αποτέλεσμα ο σπόρος σε αυτό το σημείο να μη καταλήξει μέσα στο έδαφος. Το υνάκι αντίθετα, θα τη παραμερίσει και θα καταφέρει να ανοίξει αυλάκι, τοποθετώντας μέσα σε αυτό το σπόρο. Τα αυλάκια που δημιουργούνται από τα υνάκια ωστόσο είναι πολύ πιο ακανόνιστα και πλατιά σε σχέση με τα αυλάκια που δημιουργούν οι δίσκοι. Το βάθος σποράς είναι ανομοιόμορφο και οδηγεί σε ένα πιο ανομοιόμορφο φύτευμα. Η σπορά με υνάκια επομένως, σε χωράφια δίχως πέτρες, είναι πολύ πιο ανομοιόμορφη από την σπορά που κάνουν οι δίσκοι. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα για τα υνάκια είναι ότι δεν μπορούν να εργαστούν όταν υπάρχουν στο χωράφι πολλά φυτικά υπολείμματα. Αυτά συσσωρεύονται σταδιακά μπροστά από τα υνάκια εμποδίζοντας την εργασία τους. Εν κατακλείδι, τα υνάκια πρέπει να επιλέγονται για περιπτώσεις όπου δεν μπορούν να εργαστούν οι δίσκοι. Βέβαια, οι μηχανές απευθείας σποράς με υνάκια είναι

πολύ πιο οικονομικές από τις μηχανές με δίσκους καθιστώντας τις πρώτες μια καλή επιλογή για τις μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις και για εκμεταλλεύσεις με πολλά και διασκορπισμένα μικρά αγροτεμάχια.

Κάποιοι κατασκευαστές επιλέγουν αντί για δίσκους και υνάκια, τη χρήση συστήματος με καρίνα για τη διάνοιξη της αυλακιάς. Οι καρίνες διαταράσσουν λιγότερο το έδαφος σε σχέση με τα υνάκια, δουλεύουν καλύτερα από τους δίσκους σε πετρώδη εδάφη, αλλά, όπως και τα υνάκια, αδυνατούν να εργαστούν σε συνθήκες με πολλά φυτικά υπολείμματα. Σε αυτή την περίπτωση, η προσθήκη ενός δίσκου προχάραξης μπροστά από τη καρίνα, βελτιώνει πολύ το αποτέλεσμα. Οι καρίνες χρειάζονται πολύ μεγαλύτερο βάρος σε σχέση με τα υνάκια και τους δίσκους.



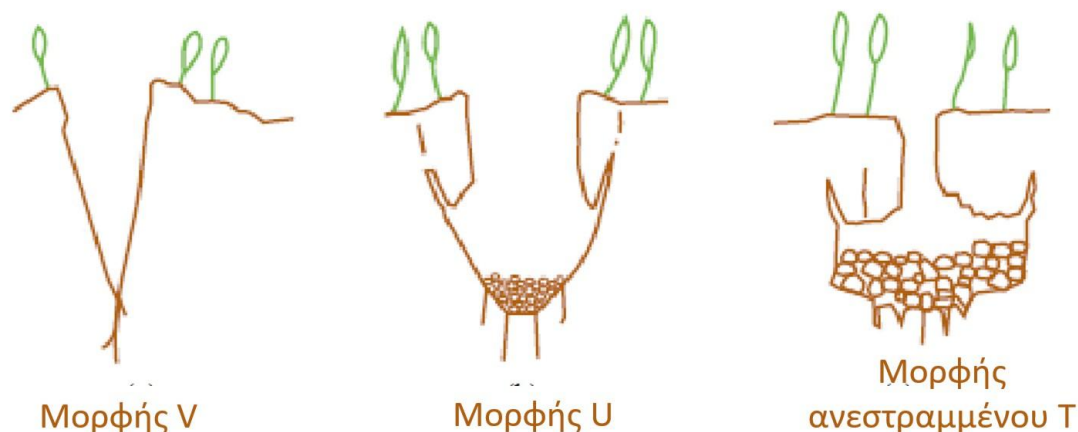
Εικόνα 7. Διάνοιξη αυλακιάς με διπλό δίσκο.

Τα αυλάκια που σχηματίζουν οι μηχανές σποράς μπορεί να έχουν τρεις βασικές μορφές, τη **Μορφή V**, τη **Μορφή U** και τη **Μορφή ανεστραμμένου T** (Εικόνα 8).

Τα **αυλάκια μορφής V** δημιουργούνται από διπλούς δίσκους προκαλώντας ελάχιστη διατάραξη του εδάφους. Ο σπόρος συγκεντρώνεται σε μια πολύ στενή λωρίδα στον πυθμένα της αυλακιάς. Αυτό δημιουργεί ομοιόμορφο βάθος σποράς αλλά και φυτά που φυτρώνουν σε πολύ πυκνή διάταξη. Σε αυλάκια τύπου V δεν επιτρέπεται να τοποθετείται το βασικό λίπασμα (ιδίως αν έχει άζωτο) μαζί με το σπόρο γιατί μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα. Όταν το έδαφος είναι υγρό, υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης των πλαϊνών τοιχωμάτων ενώ σε ξηρά και συμπαγή πάλι εδάφη, το αυλάκι μπορεί να μην κλείνει εύκολα.

Τα **αυλάκια τύπου U** δημιουργούνται από στενά υνάκια και καρίνες. Έχουν φαρδύτερο και πιο ανομοιόμορφο πυθμένα με αποτέλεσμα ο σπόρος να παρουσιάζει διαφορές στο βάθος σποράς αλλά και μεγαλύτερη διασπορά. Το φύτευμα επομένως είναι πιο ανομοιόμορφο αλλά υπάρχει και μικρότερος ανταγωνισμός των φυτών. Η τοποθέτηση λιπάσματος μαζί με το σπόρο είναι πιο ασφαλής αλλά θα πρέπει να επιλέγονται λιπάσματα με μικρή περιεκτικότητα σε άζωτο ή βραδείας αποδέσμευσης. Τα υνάκια και οι καρίνες που δημιουργούν αυλάκια U προκαλούν μεγαλύτερη διατάραξη του εδάφους με αποτέλεσμα να παράγεται ψιλοχωματισμένη γη για να κλείσει το αυλάκι. Υπάρχει επίσης μικρότερος κίνδυνος συμπίεσης των πλαϊνών τοιχωμάτων της αυλακιάς.

Τα **αυλάκια τύπου ανεστραμμένου T** δημιουργούνται από ειδικούς τύπους μηχανών που μπορεί να χρησιμοποιούν δίσκους ή καρίνες και πλαϊνά πτερύγια. Τα αυλάκια έχουν πλατύ πυθμένα αλλά στενό άνοιγμα. Με αυτό τον τρόπο, αναπτύσσεται ένας κλειστός θάλαμος με υψηλή συγκέντρωση υδρατμών που βοηθούν το φύτευμα. Ο σπόρος κατανέμεται πιο αραιά περιορίζοντας τον ανταγωνισμό. Κάποιες μηχανές εκμεταλλεύονται την οριζόντια ανάπτυξη του υπόγειου αυλακιού για να τοποθετήσουν από τη μια πλευρά το λίπασμα και από την άλλη το σπόρο, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο τις τοξικότητες.



Εικόνα 8. Οι 3 μορφές αυλακιών που μπορούν να σχηματιστούν από τις μηχανές σποράς.

Σημαντικό ρόλο για ένα επιτυχές φύτευμα με τη μέθοδο της ακατεργασίας, εκτός από το σύστημα διάνοιξης της αυλακιάς έχει και το **σύστημα κάλυψης του σπόρου**. Στα συστήματα της ακατεργασίας (no-till) ο σπόρος τοποθετείται πάνω στο συμπαγή πυθμένα του αυλακιού που συνήθως διατηρεί υψηλή υγρασία εξαιτίας της τριχοειδούς ανόδου του νερού. Η τριχοειδής άνοδος οφείλεται στο δίκτυο των συνεχόμενων μικροπórων που αναπτύσσονται καθώς βελτιώνεται σταδιακά η δομή του εδάφους. Αν όμως η αυλακιά μείνει ανοικτή, η δεν κλείσει σωστά, μπορεί να χάνεται υγρασία και να στεγνώσει η σποροκλίνη οδηγώντας σε σημαντικές απώλειες σπόρων που έχουν ξεκινήσει τη βλάστηση. Η απώλεια από πουλιά και τρωκτικά είναι ακόμα ένα ενδεχόμενο. Σε βαριά αργιλώδη εδάφη, αυλάκια που μπορεί φαινομενικά να έχουν κλείσει με τη σπορά, είναι δυνατόν να ξαναανοίξουν. Αυτό συμβαίνει γιατί το έδαφος, καθώς στεγνώνει, σχίζεται κατά μήκος της αυλακιάς εξαιτίας του φαινομένου της συρρίκνωσης. Οι σπόροι αποκαλύπτονται και τελικά είτε δεν φυτρώνουν, είτε χάνονται νεαρά φυτά από έλλειψη νερού.

Για να διασφαλίσουν ένα επιτυχές φύτευμα, οι τροχοί κάλυψης των μηχανών απευθείας σποράς (no-till) θα πρέπει να μπορούν να ανταποκρίνονται στις αντιξοότητες που δημιουργεί η έλλειψη της κατεργασίας του εδάφους που είναι η απουσία θρυμματισμένου εδάφους και τα συνεκτικά τοιχώματα της αυλακιάς. Για το σκοπό αυτό, οι κατασκευαστές μηχανών no-till προσφέρουν διάφορες εναλλακτικές επιλογές για τα μοντέλα τους ώστε αυτά να προσαρμόζονται καλύτερα στις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε παραγωγού.

Οι **τροχοί κάλυψης** μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί, στενοί ή φαρδύτεροι, λείοι ή με οδοντώσεις ή δάκτυλα (Εικόνα 9). Οι διπλοί είναι πιο αποτελεσματικοί από τους μονούς γιατί πιέζουν από τα πλάι και τα δύο τοιχώματα της αυλακιάς, καταλαμβάνουν όμως μεγάλο πλάτος γεγονός που δυσκολεύει την τοποθέτησή τους σε μηχανές πυκνών γραμμών όπως οι σπαρτικές σιτηρών. Οι λείοι με ελαστική επίστρωση εργάζονται ικανοποιητικά σε ελαφρού τύπου εδάφη όπου τα τοιχώματα της αυλακιάς σπάνε εύκολα. Για πιο συνεκτικά

εδάφη, χρησιμοποιούνται τροχοί με δόντια, γαμψά δάκτυλα ή άλλους σχηματισμούς που πιέζουν και σπάνε το έδαφος για να σκεπάσει το σπόρο. Οι λείοι τροχοί χρειάζονται μεγάλη πίεση που μπορεί να προκαλεί υψηλή συμπίεση στο έδαφος ενώ οι οδοντωτοί ή με δάκτυλα δουλεύουν αποτελεσματικά και με λιγότερη πίεση, αλλά μπορεί να σκάσουν το αυλάκι και να βγάσουν έξω το σπόρο. Σε βαριά και υγρά εδάφη, οι λείοι τροχοί μπορεί με τη σπορά να κλείνουν το αυλάκι αλλά αυτό να ξανανοίγει αργότερα εξαιτίας της συρρίκνωσης που προκαλεί το στέγνωμα. Αντίθετα, οι οδοντωτοί δίσκοι και οι δίσκοι με δάκτυλα προκαλούν θρυμματισμό των τοιχωμάτων της αυλακιάς αποτρέποντας την αποκόλληση των δύο τοιχωμάτων και την αποκάλυψη του σπόρου, μπορεί όμως να οδηγούν και σε απώλεια πολύτιμης εδαφικής υγρασίας. Οι τροχοί με γαμψά δάκτυλα ή ο συνδυασμός λείων και οδοντωτών τροχών είναι μια καλή λύση για βαριά εδάφη όταν θέλουμε να αποφύγουμε την υπερβολική συμπίεση, την διάρρηξη της αυλακιάς με το στέγνωμα αλλά και τον υπερβολικό θρυμματισμό των τοιχωμάτων που οδηγεί σε απώλεια υγρασίας.

Η θέση των τροχών, η κλίση τους και η πίεση που ασκούν στο έδαφος παίζουν ουσιώδη ρόλο στην ποιότητα της εργασίας. Οι κατασκευαστές παρέχουν τη δυνατότητα αρκετών ρυθμίσεων αλλά ο παραγωγός θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλέξει τις κατάλληλες ρυθμίσεις για τη κάθε περίπτωση. Αυτό προϋποθέτει γνώση, διαρκείς δοκιμές και εμπειρία.



Εικόνα 9. Τύποι τροχών κάλυψης της αυλακιάς.

1.3.2. Διαρκής φυσική κάλυψη του εδάφους



Η κάλυψη του εδάφους με ύλη φυσικής προέλευσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αποτελεί βασικό συστατικό για τη Γεωργία Διατήρησης.

Τα οφέλη μόνιμης φυσικής κάλυψης του εδάφους είναι:

- Η διαρκής προστασία του εδάφους από τη διάβρωση.
- Η ενίσχυση της βιοποικιλότητας.
- Ο εμπλουτισμός του εδάφους με οργανική ύλη.
- Η προστασία από ακραίες θερμοκρασίες.
- Η παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Η φυσική κάλυψη μπορεί να εξασφαλιστεί με διάφορους τρόπους.

Στις **ετήσιες αροτραίες καλλιέργειες** μπορεί να υπάρχει κάλυψη με φυτικά υπολείμματα από τις προηγούμενες καλλιέργειες ή/και από υπολείμματα φυσικής βλάστησης (ζιζανίων), κάλυψη από την ίδια την καλλιέργεια, ή να χρησιμοποιούνται καλλιέργειες κάλυψης, συστήματα συγκαλλιέργειας και συστήματα διαδοχικής συγκαλλιέργειας.

Στις **μόνιμες καλλιέργειες** (οπωρώνες, αμπέλια) χρησιμοποιούνται κυρίως συστήματα διατήρησης και ελέγχου της μόνιμης φυσικής βλάστησης μεταξύ των σειρών καθώς επίσης και συγκαλλιέργειες με διάφορα ψυχανθή, με μείγματα σπόρων και με οπωροκηπευτικά. Τα υπολείμματα αυτών των καλλιεργειών καθώς επίσης και υπολείμματα από το κλαδέματα μετά από τεμαχισμό, αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους για προστασία και εμπλουτισμό σε οργανική ουσία.

Φυτικά υπολείμματα



Τα φυτικά υπολείμματα σχηματίζουν την λεγόμενη **αχυροστρωμνή** (mulch). Στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας η αχυροστρωμνή μπορεί να καλύπτει το 30-70% της συνολικής επιφάνειας, στη κατεργασία σε λωρίδες το 50-80% ενώ στην ακατεργασία μπορεί να φτάσει και το 100%. Η παρουσία των φυτικών υπολειμμάτων στη Γεωργία Διατήρησης εξυπηρετεί πολλαπλούς σκοπούς.

Κατ' αρχάς, τα φυτικά υπολείμματα προστατεύουν το έδαφος από τη διάβρωση. Η διάβρωση της βροχής και του ανέμου οφείλεται στην αποκόλληση μικρών τεμαχιδίων εδάφους τα οποία είτε παρασύρονται εκτός χωραφιού, είτε φράσουν τους επιφανειακούς πόρους, εμποδίζοντας τη διήθηση του νερού και επιταχύνοντας την επιφανειακή απορροή που έχει ως συνέπεια την ενίσχυση της διάβρωσης. Η αποκόλληση των εδαφικών τεμαχιδίων οφείλεται στην διαβρωτική ενέργεια του νερού και του αέρα. Τα φυτικά υπολείμματα απορροφούν αυτή την ενέργεια περιορίζοντας σε μεγάλο βαθμό τη διάβρωση. Μια σταγόνα της βροχής για παράδειγμα, όταν προσπέσει στο γυμνό έδαφος, θα προκαλέσει με την κινητική της ενέργεια αποκόλληση εδαφικών τεμαχιδίων που θα έχουν τις προαναφερθείσες παρενέργειες. Αν η σταγόνα της βροχής όμως αντί να καταλήξει απευθείας στο έδαφος, χτυπήσει πρώτα σε κάποιο νεκρό φύλλο ή βλαστό, αυτό θα απορροφήσει όλη τη κινητική της ενέργεια, και θα την αφήσει στη συνέχεια να κυλίσει απαλά στο έδαφος.

Ένα δεύτερο σημαντικό όφελος από την παρουσία φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους είναι η διατήρηση του εδαφικού νερού μέσω του περιορισμού της εξάτμισης. Η αχυροστρωμνή αποτελεί ένα φυσικό εμπόδιο στην έξοδο των υδρατμών από το έδαφος και παράλληλα, προστατεύει το έδαφος από την έκθεση στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία, διατηρώντας μια χαμηλότερη θερμοκρασία ιδίως κατά τις θερμές ώρες της ημέρας. Και τα δύο, μειώνουν την εξάτμιση του νερού βοηθώντας στη διατήρηση της εδαφικής υγρασίας ιδίως όταν επικρατούν ξηρικές συνθήκες.

Διατηρώντας μια υψηλότερη υγρασία και χαμηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, τα φυτικά υπολείμματα ευνοούν την επιβίωση και ανάπτυξη των μικροοργανισμών του εδάφους, κρατώντας τα εδάφη «ζωντανά» ακόμη και κατά τις ξηροθερμικές περιόδους. Τα φυτικά υπολείμματα αποτελούν την πηγή της οργανικής ουσίας στο έδαφος επιστρέφοντας παράλληλα, πολλά από τα θρεπτικά στοιχεία των καλλιεργειών. Στα συστήματα μηδενικής κατεργασίας του εδάφους εμφανίζεται μια στρωμάτωση της οργανικής ύλης με υψηλότερα επίπεδα στην επιφάνεια και χαμηλότερα στα βαθύτερα στρώματα. Η παρουσία ενός πλούσιου οργανικού υποστρώματος στην επιφάνεια του εδάφους έχει ιδιαίτερη σημασία για τη βιολογική δραστηριότητα καθώς εκεί είναι που εντοπίζεται και η πλειονότητα των μικροοργανισμών.

Τα φυτικά υπολείμματα τέλος, μπορεί να παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των ζιζανίων. Η σκίαση του εδάφους που δημιουργεί η αχυροστρωμνή αποτρέπει πολλούς σπόρους ζιζανίων από το να βλαστήσουν, ενώ και για αυτούς που βλαστάνουν, τα νεαρά φυτά δυσκολεύονται να αναπτυχθούν μέσα από τα υπολείμματα για να βρουν φως και τελικά, αποτυγχάνουν σε μεγάλο βαθμό να φυτρώσουν.

Κάλυψη από την κύρια καλλιέργεια



Στα ετήσια συστήματα αμειψισποράς, η κύρια καλλιέργεια, όταν αναπτυχθεί αρκετά μπορεί να αναλάβει αυτή το ρόλο της κάλυψης και προστασίας του εδάφους. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν τα φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας αρχίζουν να αποσυντίθενται περιορίζοντας τη φυσική κάλυψη.

Οι χειμερινές καλλιέργειες με πυκνή σπορά όπως τα σιτηρά και ορισμένα ψυχανθή και εαρινές καλλιέργειες με ταχεία ανάπτυξη και πλούσια υπέργεια βλάστηση όπως το βαμβάκι, ο αραβόσιτος ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στο ρόλο αυτό,. Στην πλήρη ανάπτυξή του για παράδειγμα το σιτάρι μπορεί να έχει έναν δείκτη φυλλικής επιφάνειας LAI (ο λόγος της επιφάνειας των φύλλων προς την προβολή στην αντίστοιχη επιφάνεια του εδάφους) μεγαλύτερο του 5 που σημαίνει ότι τα φύλλα καλύπτουν πέντε φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από το έδαφος.

Βασική προϋπόθεση για ικανοποιητική κάλυψη από την καλλιέργεια είναι να επιτύχουμε καλό φύτευμα με σωστό πληθυσμό φυτών, χωρίς κενά διαστήματα.

Καλλιέργειες κάλυψης



Οι καλλιέργειες κάλυψης (cover crops) είναι στην ουσία μια ενδιάμεση καλλιέργεια που καταλαμβάνει το κενό χρονικό διάστημα κατά την ετήσια εναλλαγή των κύριων καλλιεργειών. Μια καλλιέργεια κάλυψης μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος λίγο πριν τη σπορά της κύριας καλλιέργειας ως χλωρά λίπανση αλλά μπορεί και να γίνει συγκομιδή για εμπορική χρήση (π.χ. ζωτροφές).

Για τις συνθήκες της χώρας μας υπάρχουν αρκετά χειμερινά είδη που μπορούν να αξιοποιηθούν ως καλλιέργειες κάλυψης σε εαρινά συστήματα αμειψισπορών. Αρκετές προσπάθειες μάλιστα γίνονται πρόσφατα, ώστε να βρεθούν και καλοκαιρινά είδη, με ελάχιστες απαιτήσεις σε νερό, που θα μπορούσαν να κρατήσουν ζωντανά τα εδάφη κατά τη διάρκεια του θέρους σε συστήματα αμειψισποράς χειμερινών καλλιεργειών.

Η σπορά των καλλιεργειών κάλυψης πρέπει πάντα να γίνεται όσο το δυνατόν νωρίτερα για να περιορίσουμε το διάστημα που μπορεί το έδαφος να είναι ακάλυπτο και επιπλέον, να τους εξασφαλίσουμε επαρκή χρόνο να αναπτύξουν μια πλούσια βιομάζα.

Ο τερματισμός των καλλιεργειών κάλυψης μπορεί να γίνεται με χημικά ή με μηχανικά μέσα. Στα μηχανικά μέσα συγκαταλέγονται διάφορα χορτοκοπτικά και καταστροφείς ενώ πολύ

αποτελεσματικοί θεωρούνται οι κύλινδροι τύπου roller crimper. Αν υπάρχει η δυνατότητα, ο τερματισμός πρέπει να γίνεται όταν ξεκινά η καρποφορία καθώς σε αυτό το στάδιο, τα περισσότερα είδη έχουν αναπτύξει το 80% περίπου της βιομάζας. Προσοχή χρειάζεται όμως εδώ σε ενδεχόμενη φυτοτοξικότητα μεταξύ των ειδών. Σε πειράματα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για παράδειγμα διαπιστώθηκε τοξική επίδραση των ριζών του βίκου στο βαμβάκι, όταν ο βίκος χρησιμοποιήθηκε ως προηγούμενη καλλιέργεια κάλυψης και ο τερματισμός έγινε πολύ κοντά στη σπορά.

Άλλα θέματα που χρήζουν προσοχή κατά την χρήση καλλιεργειών κάλυψης είναι η εξάντληση της εδαφικής υγρασίας, η δέσμευση του αζώτου και ο κίνδυνος σποριάσματος. Είναι γεγονός ότι τα φυτά διαπνέουν και όταν έχουν αναπτύξει πλούσια φυτομάζα μπορούν εύκολα να εξαντλήσουν την εδαφική υγρασία αποστερώντας πολύτιμο νερό από τη κύρια καλλιέργεια. Όταν τα φυτικά υπολείμματα των καλλιεργειών κάλυψης έχουν υψηλό λόγο άνθρακα/αζώτου (C/N) τα βακτήρια που μεσολαβούν στην αποδόμησή τους καταναλώνουν άζωτο αποστερώντας το από τη καλλιέργεια. Μια αυξημένη σε άζωτο βασική λίπανση κατά 10-15%, ιδίως κατά τα πρώτα έτη της εφαρμογής της Γεωργίας Διατήρησης, κρίνεται απαραίτητη σε αυτές τις περιπτώσεις για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Τέλος, προσοχή χρειάζεται και στην δημιουργία σπόρων των καλλιεργειών κάλυψης. Εάν οι σπόροι αυτών των ειδών ωριμάσουν και καταλήξουν στο έδαφος μπορεί να αποτελέσουν ζιζάνια για κάποιες επόμενες καλλιέργειες.

Η επιλογή των κατάλληλων φυτικών ειδών στις καλλιέργειες κάλυψης πρέπει να γίνεται πάντα με ιδιαίτερη προσοχή με γνώμονα τη προηγούμενη και επόμενη καλλιέργεια, το χρονικό παράθυρο για την επαρκή ανάπτυξή τους, τη χρήση τους (χλωρά λίπανση ή νωμή) και διάφορους ιδιαίτερους σκοπούς όπως η αντιμετώπιση ζιζανίων, εχθρών και ασθενειών, η βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, η αντιμετώπιση προβλημάτων στράγγισης και συμπίεσης κ.α. (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Επιλογή κατάλληλων φυτικών ειδών στις καλλιέργειες κάλυψης.

Αγρωστώδη (σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη, βρώμη, τριτικάλε, λόλιο κ.α.)	• Το κόστος του σπόρου είναι χαμηλό ενώ για μη εμπορική χρήση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και μη πιστοποιημένους σπόρος. • Ο τερματισμός είναι εύκολος. Τα αγρωστώδη καταστρέφονται αποτελεσματικά με μικρές δόσεις ζιζανιοκτόνων ή με τη χρήση κυλίνδρων roller crimper. • Προστατεύουν για μεγάλο διάστημα το έδαφος. Τα υπολείμματα των αγρωστωδών αργούν να αποσυντεθούν γιατί τα στελέχη έχουν υψηλό λόγο C/N που επιβραδύνει την αποσύνθεση. • Διατήρηση της υγρασίας του εδάφους. Οι ρίζες των αγρωστωδών γενικά δεν εισχωρούν βαθιά στο έδαφος και επομένως τα φυτά δεν αφαιρούν νερό με τη διαπνοή από βαθύτερους οριζόντες. • Αναπτύσσονται γρήγορα το φθινόπωρο ακόμα και με χαμηλές θερμοκρασίες και απορροφούν το υπολειμματικό άζωτο μειώνοντας τη νιτρορύπανση.
Ψυχανθή (βίκος, κτηνοτροφικό κουκί,	• Βιολογική δέσμευση του αζώτου. Στις ρίζες των ψυχανθών αναπτύσσονται συμβιωτικές δομές με

κτηνοτροφικό μπιζέλι, λαθούρι, τριφύλλι αλεξανδρινό κ.α.)	ειδικά αζωτοδεσμευτικά ριζοβακτήρια (τα λεγόμενα φυμάτια) που έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν 5 -15 μονάδες άζωτο το οποίο παραμένει στο έδαφος ως θρεπτικό στοιχείο για τις επόμενες καλλιέργειες. • Τα ψυχανθή αναπτύσσονται με βραδύ ρυθμό αφήνοντας το έδαφος απροστάτευτο για μεγαλύτερα διαστήματα. • Τα στελέχη των ψυχανθών έχουν χαμηλή αναλογία C/N γεγονός που ευνοεί την γρήγορη αποδόμηση τους. Ως εκ τούτου, δεν παρέχουν επαρκή προστασία στο έδαφος για μεγάλο διάστημα. • Είναι ευαίσθητα σε παθογόνα και έντομα. • Είναι πιο ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες.
Σταυρανθή (κράμβη, ραπανάκι, σινάπι, καμελίνα κ.α.)	• Αναπτύσσουν ένα πλούσιο και βαθύ ριζικό σύστημα που βοηθά στην αντιμετώπιση της συμπίεσης των εδαφών. Δημιουργούν ένα μακροπορώδες με κατακόρυφη διεύθυνση που βοηθά την διήθηση του νερού, τον αερισμό του εδάφους και την ανάπτυξη των ριζών. • Αναπτύσσονται γρήγορα εξασφαλίζοντας έγκαιρη κάλυψη του εδάφους. • Βιοαπολύμανση. Οι ρίζες τους εκλύουν ουσίες που καταστέλλουν πολλά παθογόνα του εδάφους (νηματώδεις, μύκητες κ.α.). • Μερικά είδη εμφανίζουν αλληλοπαθητικές ιδιότητες που περιορίζουν τα ζιζάνια. • Αφομοιώνουν τη περίσσεια θείου και αζώτου στο έδαφος αποτρέποντας την έκπλυση. • Έχουν καλό λόγο C/N.
Μείγματα	• Οι καλλιέργειες κάλυψης με μείγματα από διάφορα είδη φυτών προσφέρουν συνδυαστικές ευεργετικές επιδράσεις των διαφορετικών ειδών στη δομή και τη γονιμότητα των εδαφών. • Η συγκαλλιέργεια διαφορετικών ειδών ευνοεί την βιοποικιλότητα των αγροοικοσυστημάτων. • Τα διαφορετικά είδη φυτών μέσα στο μείγμα πολλές φορές υποστηρίζουν το ένα το άλλο. Ο βίκος για παράδειγμα ευνοείται από την παρουσία κάποιου ορθοστέλεχου φυτού (πχ σιτηρό, κουκί) διότι αναρριχάται σε αυτό και δεν έρπει στο έδαφος. • Τα συγκαλλιεργούμενα είδη εκμεταλλεύονται καλύτερα τους φυσικούς πόρους (φως, έδαφος,

	νερό) με αποτέλεσμα η συνολική απόδοση να είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την μονοκαλλιέργεια) • Με επιλογή κατάλληλων ειδών, μπορούμε να έχουμε έναν υψηλό λόγο C/N εξασφαλίζοντας μακροπρόθεσμη φυτοκάλυψη. • Τα λεγόμενα «κοκτέιλ σπόρων» μπορεί να περιλαμβάνουν χειμερινά και εαρινά πλατύφυλλα και αγροστώδη. Μια γενική αρχή είναι: «Όσα περισσότερα είδη, τόσο καλύτερα». Υπάρχουν όμως και διάφοροι περιορισμοί. • Δεν είναι κατάλληλα για παράδειγμα όλα τα είδη για όλες τις περιοχές. Θα πρέπει να εξετάζονται οι κλιματικές συνθήκες, οι απαιτήσεις σε νερό, θερμοκρασία, ο τύπος του εδάφους κ.α. • Τα μείγματα που αποτελούνται από είδη που ευνοούνται από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (κρύο, ζέστη, υγρασία, ξηρασία) μπορούν να εξασφαλίσει κάλυψη σχεδόν κάθε έτος (άλλη χρονιά ευνοούνται κάποια είδη και άλλη άλλα). • Τα μείγματα ψυχανθών και αγρωστωδών έχουν καλύτερη αναλογία πρωτεϊνών / υδατανθράκων και γι' αυτό είναι πιο κατάλληλα για ενσίρωση και για ζωοτροφή. • Για τα μείγματα που δημιουργεί ο παραγωγός θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο πιθανό διαχωρισμό του σπόρου μέσα στο δοχείο της σπαρτικής εξαιτίας του διαφορετικού μεγέθους και βάρους των σπόρων. • Όταν στο μείγμα υπάρχουν σπόροι με πολύ μεγάλες διαφορές ως προς το μέγεθος, γίνονται συμβιβασμοί κατά τη σπορά. Οι μικροί σπόροι απαιτούν μικρότερο βάθος σποράς και οι μεγάλοι, μεγαλύτερο. Όταν όμως η σπορά γίνεται με ένα πέρασμα, μικροί και μεγάλοι σπόροι τοποθετούνται στο ίδιο βάθος. • Το κόστος αγοράς, ιδίως για τα έτοιμα μείγματα αποτελεί συχνά έναν αποτρεπτικό παράγοντα.
--	---

Συγκαλλιέργειες



Η συγκαλλιέργεια (intercropping) είναι μια γεωργική πρακτική που μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στις ετήσιες αροτριάες καλλιέργειες όσο και στις μόνιμες πολυετείς όπως οι οπωρώνες και τα αμπέλια. Ως συγκαλλιέργεια χαρακτηρίζεται η ταυτόχρονη καλλιέργεια δύο ή περισσότερων φυτικών ειδών στον ίδιο χώρο και χρόνο. Συνήθως, η μια είναι η κύρια καλλιέργεια και η δεύτερη και οι υπόλοιπες είναι δευτερεύουσες συνοδευτικές (companion crops). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που μπορεί να συνυπάρχουν δύο ή και περισσότερες κύριες καλλιέργειες με ή χωρίς δευτερεύουσες συνοδευτικές (στην περίπτωση αυτή απαιτείται ιδιαίτερος σχεδιασμός για να είναι εφικτή η μηχανική συγκομιδή). Οι καλλιέργειες χωροθετούνται εναλλάξ σε γραμμές οι λωρίδες ώστε να δημιουργείται μια φυσική ποικιλότητα. Στους οπωρώνες και τα αμπέλια, οι συνοδευτικές καλλιέργειες τοποθετούνται μεταξύ των σειρών.

Η παρουσία στο χωράφι ταυτόχρονα δύο ή και περισσότερων καλλιεργειών με τη μορφή της συγκαλλιέργειας προσφέρει κάποια ιδιαίτερα οφέλη. Μια κλασική περίπτωση για παράδειγμα είναι ο συνδυασμός ενός ψυχανθούς ως συνοδευτική σε μια άλλη κύρια καλλιέργεια. Το ψυχανθές καλύπτει και προστατεύει το γυμνό έδαφος, περιορίζει τα ζιζάνια και ταυτόχρονα, παρέχει άζωτο στην κύρια καλλιέργεια μειώνοντας την ανάγκη σε χημικά λιπάσματα. Άλλα οφέλη είναι η αύξηση της βιοποικιλότητας, η προσέλκυση εντόμων επικονιαστών, η καλύτερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας όταν εναλλάσσονται είδη με υψηλή και χαμηλή βλάστηση, η καλύτερη αξιοποίηση του νερού και των θρεπτικών του εδάφους όταν εναλλάσσονται είδη με βαθύτερο και ρηχότερο ριζικό σύστημα, η μείωση της ρύπανσης από την έκπλυση των θρεπτικών, ο περιορισμός των εχθρών και των παθογόνων (μερικές συνοδευτικές καλλιέργειες μπορεί να έχουν εντομοαπωθητική δράση), ο περιορισμός των ζιζανίων και οι καλύτερες αποδόσεις ανά καλλιέργεια και το μικρότερο κόστος παραγωγής.

Στα ετήσια συστήματα αμειψισπορών οι καλλιέργειες μπορεί να είναι και οι δύο γραμμικές και να εναλλάσσονται γραμμικά (strip intercropping), ή μπορεί να είναι συνδυασμός μιας γραμμικής κύριας καλλιέργειας και μιας συνοδευτικής καλλιέργειας τυχαίας σποράς (row intercropping). Σε ορισμένες περιπτώσεις κτηνοτροφικών συγκαλλιεργειών, μπορεί δύο ή περισσότερα είδη να σπέρνονται τυχαία σε όλη την έκταση δημιουργώντας ένα ομοιογενές μείγμα (Mixed intercropping).

Στις πολυετείς καλλιέργειες (αμπέλια, οπωρώνες) η συνοδός καλλιέργεια καλλιεργείται μεταξύ των σειρών των δένδρων και των πρέμνων. Μπορεί να είναι κάποιο ψυχανθές ή κάποιο μείγμα σπόρων με διάφορα φυτικά είδη που μπορεί να ανανεώνεται από μόνο του ή να ενισχύεται με επανασπορές όταν κρίνεται απαραίτητο. Η φυσική βλάστηση με ενδημική χλωρίδα αποτελεί επίσης ένα είδος «φυσικής συγκαλλιέργειας». Η βλάστηση της συνοδού καλλιέργειας ελέγχεται συνήθως με χορτοκοπτικά μηχανήματα (κοπή δύο με

τρεις φορές το χρόνο) ώστε να περιορίζεται η υπερβολική ανάπτυξη που μπορεί να αποστερήσει υγρασία και θρεπτικά από τη κύρια καλλιέργεια. Τα φυτικά υπολείμματα αφήνονται στην επιφάνεια του εδάφους να σχηματίσουν αχυροστρωμνή. Εκτός από την προστασία από τη διάβρωση, η διατήρηση της βλάστησης μεταξύ των γραμμών βοηθά σε μεγάλο βαθμό στην αποφυγή της συμπίεσης. Τα εδάφη αφενός στραγγίζουν ταχύτερα και αφετέρου οι ρίζες των φυτών δημιουργούν ένα ανθεκτικό πλέγμα που σταθεροποιεί το έδαφος όταν κινούνται πάνω σε αυτό βαριά γεωργικά μηχανήματα. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχουν διαθέσιμες περισσότερες μέρες για εργασία στο χωράφι χωρίς το κίνδυνο υποβάθμισης από τη συμπίεση.

Ένα άλλο ενδεχόμενο στις πολυετείς καλλιέργειες είναι η συγκαλλιέργεια με είδη που μπορεί να έχουν εμπορική αξία (κυρίως οπωροκηπευτικά και αρωματικά). Σε αυτή τη περίπτωση, εκτός από τις ωφέλειες της κάλυψης του εδάφους μπορούν να προσφέρουν και ένα επιπλέον εισόδημα στο παραγωγό.

Διαδοχική συγκαλλιέργεια



Η **διαδοχική συγκαλλιέργεια** ή αλλιώς **συγκαλλιέργεια υστέρησης** (relay intercropping, interseeding) είναι μια πρακτική κατά την οποία μια νέα καλλιέργεια σπέρνεται πριν ακόμη ολοκληρωθεί ο βιολογικός κύκλος της παλαιότερης. Η νεότερη καλλιέργεια σπέρνεται εντός της παλαιότερης, όταν αυτή βρίσκεται συνήθως στα στάδια της ανθοφορίας – καρποφορίας. Με αυτό τον τρόπο κερδίζουμε βιολογικό χρόνο και για τις δύο καλλιέργειες καθώς υπάρχει χρονική επικάλυψη, χωρίς όμως να υφίσταται ιδιαίτερος ανταγωνισμός μεταξύ των διαφορετικών ειδών (η προηγούμενη καλλιέργεια έχει σχεδόν ολοκληρώσει τον βιολογικό της κύκλο ενώ η επόμενη, βρίσκεται σε στάδιο με περιορισμένες απαιτήσεις). Επιπλέον, εξασφαλίζεται μια πρώιμη σπορά για τη νέα καλλιέργεια. Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη καλλιέργεια μιας εαρινής επίσπορης καλλιέργειας με περιορισμένες απαιτήσεις σε νερό σε ξηρικά χωράφια μιας και η πρώιμη σπορά επιτρέπει την αξιοποίηση της περισσής εδαφικής υγρασίας ή και όψιμες βροχές μέσα στην άνοιξη. Η τεχνική χρησιμοποιείται επίσης για την σπορά μιας χειμερινής καλλιέργειας κάλυψης, πριν από τη συγκομιδή της εαρινής κύριας καλλιέργειας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαδοχικής συγκαλλιέργειας είναι η σπορά σόγιας, δύο με τρεις εβδομάδες πριν από τη συγκομιδή σιταριού ή κριθαριού. Σε αυτή την περίπτωση, οι σειρές του σιταριού θα πρέπει να έχουν αποστάσεις τουλάχιστον 45 εκατοστά.

Η σπορά στα συστήματα διαδοχικής συγκαλλιέργειας πρέπει να γίνεται με ακρίβεια έπειτα από προσεκτικό σχεδιασμό. Οι βοηθοί πλοήγησης (κοινώς GPS) στους γεωργικούς ελκυστήρες βοηθούν σημαντικά σε αυτό το σκοπό. Η πρώτη καλλιέργεια μπορεί να σπαρθεί έπειτα από μειωμένη κατεργασία του εδάφους ή με κατεργασία σε λωρίδες ή με ακατεργασία. Το πλάτος των γραμμών σχεδιάζεται ώστε να μπορεί να σπαρθεί αργότερα και η δεύτερη καλλιέργεια. Ανάλογα με το συνδυασμό των καλλιεργειών, μπορεί να πρέπει να μεταβληθεί το παραδοσιακό πλάτος των γραμμών αλλά μπορεί και να παραμείνει και το

ίδιο. Κύριο μέλημα είναι η διευκόλυνση της μετακίνησης των μηχανημάτων στη σπορά και στη συγκομιδή. Οι καλλιέργειες σπέρνονται σε στρατηγικές διατάξεις σειρών ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση των μηχανημάτων χωρίς να καταστρέφεται η νεότερη καλλιέργεια. Συχνά χρησιμοποιούνται πλατύτερες αποστάσεις ή κενές σειρές για την πρώτη καλλιέργεια, ώστε να δημιουργούνται ελεύθεροι τροχοδιάδρομοι στους οποίους θα κινούνται τα μηχανήματα σποράς και συγκομιδής. Στενότεροι τροχοί και συστήματα Ελεγχόμενης Κυκλοφορίας των Μηχανημάτων (Controlled Traffic Farming) είναι επίσης μια καλή λύση.

Η δεύτερη καλλιέργεια σπέρνεται συνήθως με μηχανές απευθείας σποράς (no-tillage) ή με σύστημα κατεργασίας σε λωρίδες (strip-tillage). Το εύρος των τροχών του γεωργικού ελκυστήρα και οι τροχοί της σπαρτικής προσαρμόζονται ώστε να πατάνε ανάμεσα από τις γραμμές της πρώτης καλλιέργειας.

Ιδιαίτερη προσοχή και σχεδιασμό χρειάζεται επίσης και για τη συγκομιδή, ιδίως της πρώτης καλλιέργειας. Η μηχανή συγκομιδής θα πρέπει να μπορεί να μετακινηθεί στο χωράφι δίχως να βλάπτει την δεύτερη καλλιέργεια. Ο χρονισμός των καλλιεργειών εδώ είναι μια σημαντική παράμετρος. Συνήθως επιλέγονται καλλιέργειες με διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, ώστε να μην επικαλύπτονται. Η νεότερη καλλιέργεια πρέπει να βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και να είναι αρκετά κοντή, ώστε να μην επηρεάζεται από τη μηχανή συγκομιδής της παλαιότερης. Με κατάλληλο προγραμματισμό, η παλαιότερη καλλιέργεια συγκομίζεται πριν η νεότερη γίνει ευαίσθητη ή πολύ υψηλή.

Σε ορισμένες περιπτώσεις γίνονται ειδικές προσαρμογές στα συστήματα συλλογής (π.χ. σύστημα θερισμού) για να αποφεύγονται οι βλάβες στη νεότερη καλλιέργεια. Μια άλλη πρακτική είναι η σπορά σε αναβαθμίδες. Η πρώτη καλλιέργεια σπέρνεται πάνω σε σαμάρια και η δεύτερη μέσα στα αυλάκια. Η διαφορά ύψους μπορεί να επιτρέψει τη συγκομιδή της πρώτης χωρίς να βλάπτεται η δεύτερη.

Η διαδοχική συγκαλλιέργεια τέλος είναι μια συνήθη πρακτική για τις κηπευτικές καλλιέργειες. Σε αυτή τη περίπτωση η συγκομιδή γίνεται συνήθως χειρωνακτικά γεγονός που αποτρέπει τις μηχανικές καταστροφές.

Η πρακτική της διαδοχικής συγκαλλιέργειας εξασφαλίζει αποτελεσματική προστασία του εδάφους διότι όταν συγκομίζεται η προηγούμενη καλλιέργεια, η επόμενη έχει ήδη αναπτυχθεί αρκετά παίρνοντας τη σκυτάλη στη κάλυψη του εδάφους. Η επακόλουθη καλλιέργεια αξιοποιεί επίσης τυχόν θρεπτικά στοιχεία (κυρίως άζωτο) που δεν κατάφερε ενδεχομένως να αξιοποιήσει η προηγούμενη, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό την ρύπανση στο περιβάλλον.

1.3.3. Διαφοροποίηση καλλιεργειών



Η διαφοροποίηση των φυτικών ειδών στον χρόνο και/ή στον χώρο αποτελεί τον τρίτο πυλώνα της Γεωργίας Διατήρησης. Στόχος της πρακτικής αυτής είναι η μίμηση της ποικιλομορφίας της φυσικής χλωρίδας, με τη μετάβαση από συστήματα μονοκαλλιέργειας ή περιορισμένου αριθμού καλλιεργειών σε πλουραλιστικά αγροσυστήματα, στα οποία συνυπάρχουν πολλά και διαφορετικά είδη φυτών, είτε με χρονική διαδοχή είτε με χωρική διασπορά.

Στη φύση, η συμβίωση διαφορετικών φυτικών ειδών αποτελεί τον κανόνα. Μέσω των ανταγωνιστικών αλλά και συμβιωτικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους, τα είδη αυτά ενισχύουν τη φυσική ισορροπία και συμβάλλουν στη βιολογική σταθερότητα και ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων.

Αυτόν ακριβώς τον στόχο υπηρετεί η διαφοροποίηση καλλιεργειών στο πλαίσιο της Γεωργίας Διατήρησης: την ενίσχυση της οικολογικής λειτουργικότητας του αγροοικοσυστήματος, μέσα από την ποικιλία των καλλιεργειών και τη διατήρηση της δυναμικής ισορροπίας με το περιβάλλον. Ως αποτέλεσμα, αναδεικνύονται μια σειρά από σημαντικά οφέλη όπως:

- Βελτίωσης της δομής και γονιμότητας του εδάφους. Τα ψυχανθή εμπλουτίζουν το έδαφος με άζωτο ενώ τα είδη με πλούσιο και βαθύ ριζικό σύστημα βελτιώνουν το πορώδες, τη στράγγιση και τον αερισμό.
- Ενίσχυση της βιοποικιλότητας και βελτίωση της υγείας των εδαφών. Τα διαφορετικά είδη φυτών ευνοούν και διαφορετικούς οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες, αρθρόποδα έντομα κλπ)
- Φυσικός περιορισμός των ζιζανίων αλλά και δυνατότητα εφαρμογής στρατηγικών ζιζανιοκτονίας με περισσότερα μηχανικά, χημικά και βιολογικά μέσα.
- Φυσικός περιορισμός των εχθρών και των ασθενειών με εναλλαγή ανθεκτικών ειδών ή συγκαλλιέργεια ειδών με απωθητική δράση.
- Αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού και των θρεπτικών του εδάφους με εναλλαγή ειδών με διαφορετικές απαιτήσεις και διαφορετική έκταση του ριζικού συστήματος.

- Μείωση της ρύπανσης με περιορισμό της έκπλυσης των θρεπτικών και μείωση των αγροεφοδίων.
- Μείωση των κινδύνων από ακραία καιρικά φαινόμενα και ελάττωση του οικονομικού ρίσκου από φυσικές ζημιές και διακυμάνσεις των τιμών των προϊόντων.

Οι **καλλιέργειες κάλυψης**, οι **συγκαλλιέργειες** και η **διαδοχική συγκαλλιέργεια** που εξυπηρετούν τον πυλώνα της μόνιμης κάλυψης του εδάφους είναι πρακτικές που εξυπηρετούν ταυτόχρονα και τον πυλώνα της διαφοροποίησης των φυτικών ειδών. Το πιο κοινό μέτρο όμως του τρίτου πυλώνα είναι οι **αμειψισπορές**.

Αμειψισπορές



Η αμειψισπορά είναι πιθανώς η πλέον αναγνωρισμένη και αδιαμφισβήτητη ωφέλιμη γεωργική πρακτική ήδη από τις απαρχές της γεωργίας. Η εναλλαγή των καλλιεργειών, ιδίως με είδη που ανήκουν σε διαφορετικές βοτανικές οικογένειες, αποτελεί έναν από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για την αντιμετώπιση των ζιζανίων, των ασθενειών και των εχθρών στις αροτραίες εκτάσεις, καθώς τροποποιεί το οικοσύστημα τους και διαταράσσει τους φυσικούς τους κύκλους. Η εναλλαγή των καλλιεργειών επίσης παρέχει τη δυνατότητα για χρήση διαφορετικών σκευασμάτων, όπως για παράδειγμα τα εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα. Πολλές φορές, με την επιλογή της κατάλληλης διαδοχής των καλλιεργειών μπορούν να αξιοποιηθούν ευεργετικές επιδράσεις που μπορεί να έχουν ορισμένα είδη το ένα στο άλλο, μέσω της διέγερσης βιολογικών και φυσικών διεργασιών στο έδαφος που ενισχύουν την υγεία και την ανάπτυξη των φυτών. Ένα ορθολογικό πρόγραμμα αμειψισποράς θα πρέπει να περιλαμβάνει τη συστηματική καλλιέργεια διαφόρων ειδών κάθε χρόνο. Οι καλλιέργειες εναλλάσσονται σε διαφορετικά αγροτεμάχια του αγροκτήματος σύμφωνα με έναν προσεκτικά σχεδιασμένο κύκλο. Κάποιες καλλιέργειες μπορεί να είναι πιο κερδοφόρες και άλλες λιγότερο, αλλά το συνολικό αποτέλεσμα είναι θετικό, καθώς ενισχύεται η παραγωγικότητα και η ανθεκτικότητα του συστήματος. Επιπλέον, η παραγωγή εναλλακτικών προϊόντων εξασφαλίζει οικονομική σταθερότητα για την εκμετάλλευση, καθώς οι τιμές των γεωργικών προϊόντων μπορεί να μεταβάλλονται χρόνο με το χρόνο.

2. Γεωργία Ακριβείας

2.1. Ορισμός

Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο (Whelan & McBratney, 2000). Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών,
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων,
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών,
- η εξοικονόμηση της ενέργειας,
- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση.

Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας και κατ' επέκταση την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application) είναι γνώση τη χωρικής παραλλακτικότητας. Η χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα σε μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στον χώρο. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να παρατηρηθεί στη γονιμότητα του εδάφους, στην υγρασία, στη μηχανική σύσταση του εδάφους, στην τοπογραφία, στην ανάπτυξη των φυτών και στους πληθυσμούς εχθρών και ασθενειών.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και είναι οι εξής:

- **GPS και GIS.** Είναι συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.
- **Χαρτογράφηση παραγωγής.** Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.
- **Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων** με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.
- **Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.**
- **Τηλεπισκόπηση.** Με την τηλεπισκόπηση συλλέγονται πληροφορίες για ένα αντικείμενο, χωρίς να υπάρχει επαφή. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το βασικό στοιχείο της τηλεπισκόπησης.
- **Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application).** Με την τεχνολογία αυτή οι εισροές εφαρμόζονται στον αγρό σε διαφορετικές δόσεις στις διάφορες περιοχές του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης: η βασισμένη σε χάρτες και η βασισμένη σε αισθητήρες. Η βασισμένη σε χάρτες απαιτεί έναν χάρτη εφαρμογής (prescription map) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό. Καθώς το μηχάνημα που εφαρμόζει τις εισροές προχωρά στον αγρό, αλλάζει τη δόση με βάση τον χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης). Η μέθοδος που βασίζεται σε αισθητήρες δεν απαιτεί ούτε χάρτη ούτε GPS.

Αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στη μηχανή εφαρμογής και μετρούν χαρακτηριστικά του εδάφους ή της καλλιέργειας, καθώς κινείται στον αγρό. Η πληροφορία μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μεταφέρει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής που διανέμει τις εισροές.

2.2 Οφέλη που προσφέρει η Γεωργία Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας προσφέρει σημαντικά οφέλη σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και διαχειριστικό επίπεδο, καθιστώντας την γεωργική δραστηριότητα πιο βιώσιμη και αποδοτική. Αναλυτικότερα:

Περιβαλλοντικά οφέλη

- **Μειωμένη ρύπανση εδάφους και υδάτων λόγω περιορισμένης και στοχευμένης χρήσης αγροχημικών.**

Η στοχευμένη χρήση αγροχημικών, όπως λιπάσματα και φυτοφάρμακα, μειώνει σημαντικά τη διάχυσή τους στο έδαφος και στα υπόγεια ή επιφανειακά νερά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ρύπανσης, τη διατήρηση της ποιότητας των φυσικών πόρων και την προστασία των οικοσυστημάτων γύρω από τις καλλιέργειες.

- **Μείωση εκπομπών CO₂**

Η πιο στοχευμένη χρήση μηχανημάτων και η αποφυγή περιττών διελεύσεων στο χωράφι οδηγούν σε μικρότερη κατανάλωση καυσίμων. Αυτό μειώνει το ενεργειακό αποτύπωμα της παραγωγής και συνεισφέρει στη γενικότερη προσπάθεια για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Οικονομικά οφέλη

- **Μείωση του κόστους παραγωγής.**
- **Βελτιστοποίηση της παραγωγής και αύξηση των αποδόσεων.**

Διαχειριστικά οφέλη

- **Ακριβής χαρτογράφηση των χωραφιών (έδαφος, παραγωγικότητα, προβλήματα).**
- **Συλλογή και αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (αισθητήρες, drones, λογισμικά).**
- **Έγκαιρη παρέμβαση σε ασθένειες, ελλείψεις ή προβλήματα υγρασίας.**

2.3. Ζώνες διαχείρισης

Η βάση ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας είναι η διαμόρφωση στον αγρό ζωνών διαχείρισης που έχουν στόχο την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application). Ζώνη διαχείρισης είναι ένα επιμέρους τμήμα του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία (Kitchen et al, 2005).

Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι ζώνες διαχείρισης είναι τα εξής:

- Σταθερότητα στο χρόνο.
- Ευκολία στην οριοθέτηση.
- Συσχέτιση με την παραγωγή.
- Χαμηλό κόστος δημιουργίας.

Η δημιουργία των ζωνών διαχείρισης γίνεται αξιολογώντας όλες τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τον αγρό όπως είναι:

- Φυσικές ιδιότητες του εδάφους.
- Δυνατότητες διαχείρισης του παραγωγού.
- Πιθανό κέρδος του παραγωγού.

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης εξαρτάται από:

- Το μέγεθος του αγρού.
- Την παραλλακτικότητα του αγρού.
- Τη δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές.

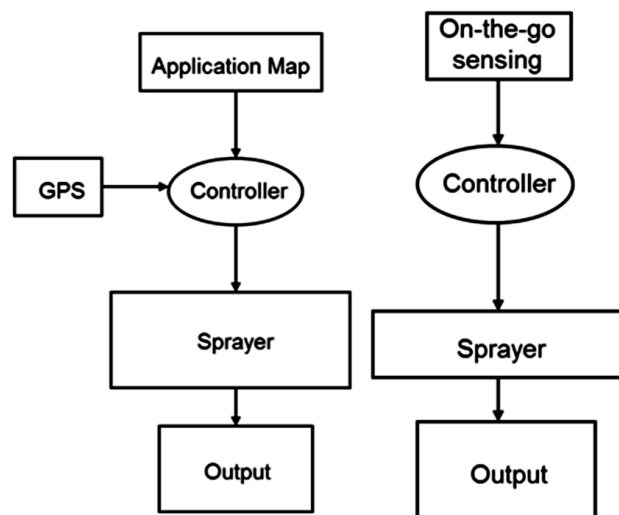
2.3. Εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application)

Το επόμενο στάδιο μετά τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η εφαρμογή των εισροών (σπόρος, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, αρδευτικό νερό) ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ζώνης. Η τεχνική αυτή ονομάζεται εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις. Υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις: με χρήση χαρτών (map based VRA) και με χρήση αισθητήρων (sensor based VRA).

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση χαρτών προσαρμόζει τη δόση της εισροής με βάση την πληροφορία που παίρνει από ένα χάρτη. Αυτά τα συστήματα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη θέση της μηχανής στον αγρό και να τη συσχετίσουν με την επιθυμητή δόση διαβάζοντας ένα χάρτη. Η δόση εφαρμογής είναι ο όγκος στη μονάδα της επιφάνειας ή το βάρος στη μονάδα της επιφάνειας της εισροής.

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες που δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο (real time). Οι αισθητήρες αυτοί παίρνουν δεδομένα που αφορούν εδαφικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, καθώς το μηχάνημα προχωράει στον αγρό (on-the-go). Στη συνέχεια, το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί αυτόματα τα δεδομένα από τους αισθητήρες για να προσαρμόσουν τις εισροές (π.χ. λιπάσματα, φυτοφάρμακα) στις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες πρέπει να παρέχουν συνεχώς δεδομένα στον ελεγκτή, έτσι ώστε οι εισροές να διαφοροποιούνται σε μικρές επιφάνειες του αγρού. Αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί GPS, όμως αν υπάρχει GPS, τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή χαρτών.

Οι βασικές έννοιες των δύο συστημάτων φαίνονται στην Εικόνα 10. Στο αριστερό τμήμα της εικόνας έχουμε τη δημιουργία χαρτών εφαρμογής με βάση ιστορικά στοιχεία (χάρτες παραγωγής, ανάλυση ιδιοτήτων εδάφους, μέτρηση συμπίεσης του εδάφους) τα οποία εισάγονται σε έναν Η/Υ που παράγει τους χάρτες εφαρμογής, που εισάγονται σε δεύτερο επεξεργαστή στο μηχάνημα ο οποίος δίνει εντολή να αλλάξει η ρύθμιση του μηχανήματος εφαρμογής κατά την κίνηση στο χωράφι. Οι χάρτες εφαρμογής έχουν συντεταγμένες και καθορίζουν σε ποια σημεία θα αλλάξει η ρύθμιση. Ένα GPS δίνει τη θέση του μηχανήματος διαρκώς και καθορίζει πότε θα γίνει η αλλαγή της ρύθμισης. Στο δεξί τμήμα της εικόνας φαίνεται η εφαρμογή μεταβλητών δόσεων με χρήση αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο κατά την κίνηση του μηχανήματος στο χωράφι. Ο αισθητήρας μετρά κάποιο χαρακτηριστικό της φυτείας π.χ. το χρώμα ή το ύψος των φυτών ή το μέγεθος της κόμης των δένδρων ή κάποιο στοιχείου του εδάφους, όπως τη φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα και δίνει άμεσα την εντολή να αλλάξει η ρύθμιση.



Εικόνα 10. Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας των μεταβλητών εφαρμογής δόσης εισροών με ένα ψεκαστικό. Συστήματα βασισμένα σε χάρτες (αριστερά) και αισθητήρες (δεξιά).

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις που βασίζονται σε αισθητήρες αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

- Τους αισθητήρες (sensors).
- Τους ελεγκτές (controllers).
- Τους ενεργοποιητές (actuators).

Οι αισθητήρες που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν τις παρακάτω ιδιότητες των φυτών και του εδάφους:

- Περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία.
- Περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό.
- Ανάκλαση φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια.
- Θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος.

Οι ελεγκτές είναι συσκευές που αλλάζουν τον ρυθμό εφαρμογής των εισροών που εφαρμόζονται, καθώς το μηχάνημα κινείται στον αγρό (on-the-go). Οι ελεγκτές χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές για να διαβάσουν τα δεδομένα που παίρνουν από τους αισθητήρες και να υπολογίσουν τη δόση εφαρμογής με βάση αποθηκευμένους αλγόριθμους.

Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που αντιδρούν σε σήματα που λαμβάνουν από τους ελεγκτές για να ρυθμίσουν την ποσότητα του προϊόντος που εφαρμόζεται στον αγρό. Η αντίδραση του ενεργοποιητή μπορεί να προκαλεί κινήσεις αξόνων ή κινητήρων που στη συνέχεια μετατρέπονται σε άνοιγμα ή κλείσιμο μιας θύρας, ή να προκαλέσει αλλαγή ταχύτητας ροής κλπ. Οι ενεργοποιητές έχουν σχεδιαστεί να αντιδρούν σε ηλεκτρικά, πνευματικά ή υδραυλικά σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές. Ένας ενεργοποιητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη θέση μιας βαλβίδας που ρυθμίζει τον ρυθμό ροής ενός υγρού ή την πίεση του. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει την θέση μιας συρόμενης θυρίδας για να ρυθμίσει τη ροή ενός κοκκώδους υλικού σε μια ταινία μεταφοράς.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται:

- Σπόρος.
- Στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη).
- Υγρά χημικά (υγρά λιπάσματα, υγρά παρασιτοκτόνα).

2.3.1. Χάρτες εφαρμογών

Με την εκτεταμένη πρόοδο της τεχνολογίας στον πρωτογενή τομέα ήρθε να προστεθεί στις μεθόδους διαχείρισης και εφαρμογής της μεταβλητής λίπανσης η εφαρμογή με τη βοήθεια χαρτών που υποδεικνύουν ακριβώς την ποσότητα και τα σημεία στα οποία πρέπει να τοποθετηθεί ακριβώς το λίπασμα. Όταν αναφερόμαστε σε χάρτες ακριβούς εφαρμογής πρόκειται για ψηφιακά δεδομένα τα οποία προσδιορίζουν με ακρίβεια τις τιμές της χρησιμοποιούμενης εισροής. Το οπτικό αποτέλεσμα που προκύπτει από την επεξεργασία των δεδομένων και των μετρήσεων είναι ένας χάρτης στον οποίο αποτυπώνονται χρωματικά και ζωνοποιούνται τα διάφορα τμήματα του αγρού, ανάλογα με τις ανάγκες τους σε δόσεις λιπάσματος. Ο χάρτης εφαρμογής (prescription map) που προκύπτει είναι ένα αρχείο το οποίο επεξεργάζονται και αντλούν πληροφορίες οι ελεγκτές μεταβλητής λίπανσης ώστε να εφαρμοστούν οι εισροές στον αγρό.

Σε πρώτο χρόνο, η συγκέντρωση των απαραίτητων στοιχείων δύναται να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους με στόχο την παρακολούθηση της ευρωστίας των καλλιεργειών για την αναγνώριση σημείων με προβλήματα ανάπτυξης εντός των αγροτεμαχίων. Η συλλογή των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί αρχικά με δειγματοληψία εδάφους, τα οποία δείγματα αξιοποιούνται για εργαστηριακή ανάλυση και επεξεργασία. Ιδιαίτερα σημαντική για τη συλλογή δεδομένων θεωρείται η χρήση αισθητήρων είτε τηλεπισκοπικών, όπως δορυφόροι ή μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (drones), είτε εδαφικών αισθητήρων. Όλα αυτά τα μέσα λοιπόν εξυπηρετούν τη συγκέντρωση πληροφοριών, ώστε στη συνέχεια η διαχείριση όλων αυτών των δεδομένων να πραγματοποιηθεί με την βοήθεια συστημάτων GIS και προγραμμάτων στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να καθοριστούν ζώνες εφαρμογής, στην κάθε μία από τις οποίες συγκεντρώνονται ομοειδή χαρακτηριστικά (Nawar et al., 2017). Έτσι, με την μέθοδο της ζωνοποίησης, τίθενται εξατομικευμένα οι ανάγκες της καλλιέργειας σε λιπαντικά στοιχεία σε κάθε πιθανό σημείο.

Για την προετοιμασία ενός χάρτη ακριβούς εφαρμογής απαιτείται η γνώση σημαντικών εδαφολογικών παραμέτρων και χαρακτηριστικών της καλλιέργειας όπως η γνώση της γονιμότητας του εδάφους, δεδομένο που απορρέει από την αξιολόγηση των εδαφικών ιδιοτήτων μέσω δειγματοληψίας ή αεροφωτογραφιών. Λαμβάνονται υπόψη δεδομένα προηγούμενων αναλύσεων σχετικά με μορφολογικά στοιχεία του εδάφους (χάρτες αναγλύφου) καθώς και αποτελέσματα μετρήσεων που βασίζονται στη χρήση εδαφολογικών αισθητήρων και δεικτών βλάστησης. Κάθε άλλη πληροφορία που μπορεί να συγκεντρωθεί από παρατηρήσεις του γεωργού σχετικά με το προηγούμενο διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου, συμβάλλει θετικά στην αποτελεσματικότητα της ζωνοποίησης. Η διαδικασία της μεταβλητής λίπανσης επιτυγχάνεται με την παράλληλη σύνδεση του λιπασματοδιανομέα με μια συσκευή προσδιορισμού της θέσης του ελκυστήρα (GPS). Καθώς ο λιπασματοδιανομέας κινείται μέσα στο χωράφι, οι οδηγίες λίπανσης που έχουν συμπεριληφθεί στον χάρτη εφαρμογής συγχρονίζονται με τις ακριβείς συντεταγμένες του οχήματος ώστε να υπάρξει ακρίβεια στην τοποθέτηση της εισροής. Οι ποσότητες των εφαρμοζόμενων εισροών αποτυπώνονται στους ψηφιακούς χάρτες σύμφωνα με τις ζώνες

διαχείρισης που έχουν σχεδιαστεί για το εκάστοτε αγροτεμάχιο. Ωστόσο με τους χάρτες εφαρμογής απαιτείται ένα χρονικό διάστημα από την συλλογή, την επεξεργασία των δεδομένων έως την τελική εφαρμογή του προϊόντος, γεγονός που οδηγεί στην πρόκληση μεγάλης χρονοτριβής.

2.3.2. Αισθητήρες και δείκτες βλάστησης

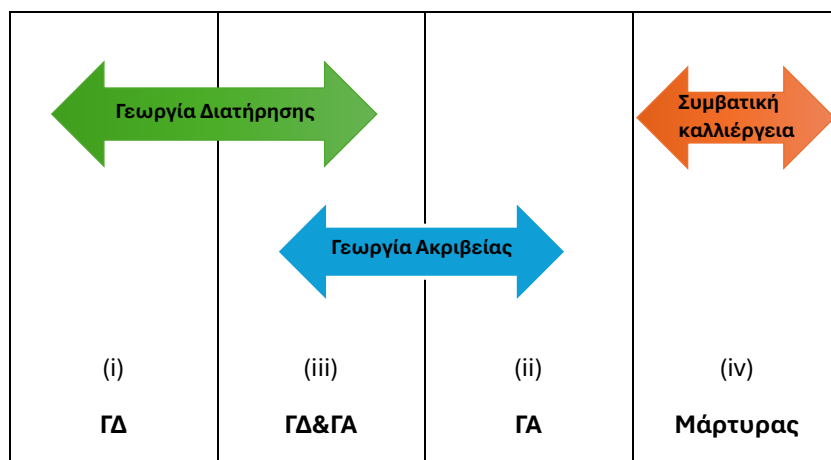
Η ιδέα είναι να βρούμε ένα στοιχείο που μπορούμε να μετρήσουμε άμεσα και με βάση αυτό, με το αντίστοιχο λογισμικό να ορίσουμε την ορθή ποσότητα που πρέπει να εφαρμόσουμε για να καλύψουμε τις ανάγκες των φυτών. Ο αισθητήρας κάνει τη μέτρηση και μια σειρά ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και λογισμικού μετατρέπουν το σήμα που παράγει η μετρούμενη ιδιότητα σε εντολή για αλλαγή της ρύθμισης του μηχανήματος. Αυτό γίνεται σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπει τη μεταβολή της εισροής γρήγορα ή όσο γρήγορα επιτρέπει η αλλαγή του μηχανικού μέρους, καθώς η αντίδραση του ηλεκτρονικού γίνεται σε πολύ μικρό (σε πραγματικό) χρόνο. Η επιλογή του κατάλληλου χαρακτηριστικού, η ανίχνευσή του και η ανάπτυξη αλγορίθμων που συνδέουν το χαρακτηριστικό με τις ανάγκες της φυτείας αποτελέσαν αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας. Μεγάλη εφαρμογή μέχρι σήμερα έχουν τα συστήματα τηλεπισκόπησης. Τα συστήματα αυτά μετρούν τις συχνότητες ανακλώμενου ηλιακού φωτός ή άλλου τεχνητού φωτός και εκτιμούν δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αλλαγή ρύθμισης του μηχανήματος.

Πολλοί δείκτες βλάστησης έχουν αναπτυχθεί για την εκτίμηση της κατάστασης μιας φυτείας. Οι δείκτες αυτοί, όπως το NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), εκφράζουν τη ζωηρότητα της φυτείας. Για παράδειγμα, μια φυτεία με χειμερινά σιτηρά στην αρχή της άνοιξης αν έχει επαρκές άζωτο, τότε η φυτεία έχει έντονο πράσινο χρώμα και αναπτύσσεται έντονα, καθώς οι θερμοκρασίες ανεβαίνουν. Αντίθετα αν το άζωτο δεν είναι επαρκές, τότε τα φυτά δεν είναι έντονα πράσινα, αλλά περισσότερο ή λιγότερο χλωρωτικά (κιτρινισμένα). Το χρώμα της φυτείας είναι προφανές ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ένδειξη επάρκειας ή έλλειψης азώτου. Βέβαια, και άλλοι παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν λιγότερο έντονο πράσινο χρωματισμό, όπως η κακή στράγγιση του νερού (ασφυξία φυτών από πλημμύρισμα του χωραφίου ή μέρους του από νερό), επίδραση παγωνιάς, ασθένειες κλπ. Αν όμως αφαιρέσουμε κάποια από αυτά με παρατήρηση, τότε μπορούμε να βασίσουμε τη δόση азωτούχου λίπανσης με τη μέτρηση του δείκτη NDVI. Τέτοια παραδείγματα αισθητήρων είναι ο Greenseeker (NTechIndustries), ο Yara N-Sensor ALS και το Augmenta Analyzer System.

3. Η εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης και της Γεωργίας Ακριβείας στο πλαίσιο του έργου PreConAgri

Το έργο PreConAgri στοχεύει στην υλοποίηση και αξιολόγηση υπό πραγματικές συνθήκες παραγωγής ενός εναλλακτικού σχήματος καλλιέργειας για το σιτάρι, το οποίο θα ενσωματώνει μεθόδους Γεωργίας Διατήρησης - ΓΔ (Conservation Agriculture) που περιλαμβάνει την ελάχιστη ή μηδενική κατεργασία του εδάφους (minimum tillage, no-tillage), την εφαρμογή αμειψισπορών και τη μόνιμη εδαφυτοκάλυψη με βλάστηση και υπολείμματα (mulching) και τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας - ΓΑ (Precision Agriculture) διαφορικής λίπανσης και ελεγχόμενης διέλευσης των μηχανημάτων με παράλληλη εκτίμηση των βέλτιστων διαδρομών μέσα και έξω από τα αγροτεμάχια. Αυτές οι πρακτικές επιλέχθηκαν διότι συμβάλλουν ουσιαστικά στην προστασία του εδάφους και του περιβάλλοντος και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Στο έργο PreConAgri, πραγματοποιήθηκε πιλοτική εφαρμογή των προτεινόμενων αειφορικών καλλιεργητικών πρακτικών σε δύο αντιπροσωπευτικές περιοχές από δύο Περιφέρειες της Ελλάδος (Δυτική Μακεδονία - Κρόκος Κοζάνης και Θεσσαλία – Νίκαια Λάρισας) που εμφανίζουν υψηλό κίνδυνο υποβάθμισης των γεωργικών εδαφών. Σε κάθε περιοχή επιλέχθηκαν δύο πιλοτικοί αγροί, και ο καθένας χωρίστηκε σε τέσσερα τεμάχια. Στα τεμάχια εφαρμόστηκαν οι εξής πρακτικές: (i) ΓΔ, (ii) ΓΑ, (iii) ΓΔ & ΓΑ και (iv) Συμβατική καλλιέργεια (μάρτυρας) (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Πρότυπη διάταξη των τεμαχίων στους πιλοτικούς αγρούς.

Στο σύστημα της ΓΔ εφαρμόστηκε μηδενική κατεργασία του εδάφους, αμειψισπορές και μόνιμη εδαφυτοκάλυψη. Για τη σπορά στις ειδικές συνθήκες του ακατέργαστου εδάφους χρησιμοποιήθηκαν ειδικές μηχανές no-till (Εικόνα 12). Τυχόν ζιζάνια κατά τη σπορά καταπολεμήθηκαν με την εφαρμογή καθολικού ζιζανιοκτόνου. Ο βασικός κορμός των αμειψισπορών και στις δύο περιοχές περιλάμβανε χειμερινά σιτηρά και η εδαφυτοκάλυψη εξασφαλίστηκε με διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 12).



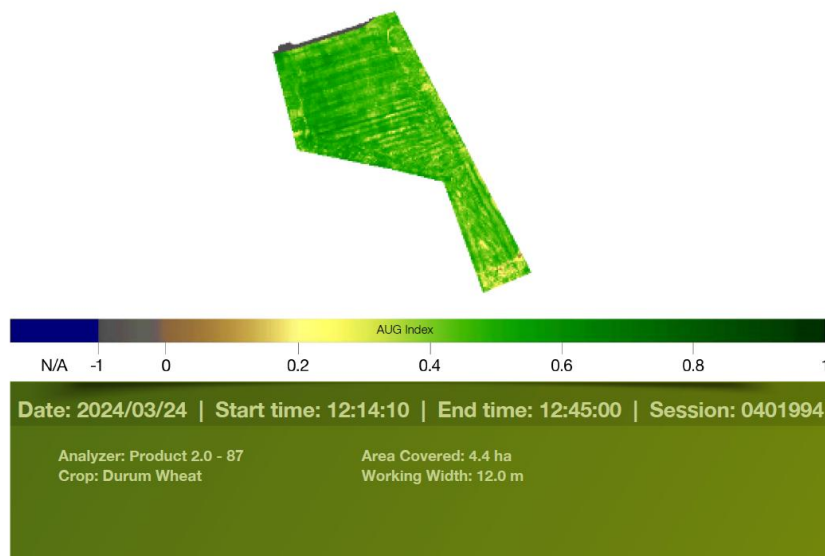
Εικόνα 12. Μηχανή ακατεργασίας (no-till) (αριστερά) και μόνιμη εδαφυτοκάλυψη (δεξιά).

Το σύστημα της ΓΑ περιλάμβανε την εφαρμογή διαφορετικής λίπανσης και την ελεγχόμενη διέλευση των μηχανημάτων με παράλληλη εκτίμηση των βέλτιστων διαδρομών. Για την εφαρμογή της διαφορετικής λίπανσης χρησιμοποιήθηκε ο ανάλογος εξοπλισμός με GPS και αισθητήρα θρεπτικών αναγκών, ο οποίος τοποθετήθηκε στους γεωργικούς ελκυστήρες. Βάσει της προαναφερθείσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης, για να επιτευχθεί η εφαρμογή της διαφορετικής λίπανσης χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι υλοποίησής της: 1) Χρήση αισθητήρων (sensor – based VRA) στον Κρόκο Κοζάνης με τη χρήση Augmenta Field Analyzer (Εικόνα 13) και 2) Χρήση χαρτών (map - based VRA) στη Νίκαια Λάρισας.



Εικόνα 13. Ο αισθητήρας Augmenta Field Analyzer τοποθετημένος στην οροφή του γεωργικού ελκυστήρα.

Όσον αφορά την χρήση αισθητήρων η συσκευή που επιλέχθηκε χρησιμοποιεί έναν πολυφασματικό αισθητήρα και τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης για να καταγράψει έναν δείκτη βλάστησης που ορίζεται από την εταιρεία και ονομάζεται «δείκτης Augmenta/AUG index». Ο δείκτης είναι ευαίσθητος στην πράσινη βλάστηση, ενώ μέσω της τεχνητής νοημοσύνης διακρίνονται τα φυτά από το έδαφος (Εικόνα 14).



Εικόνα 14. Χαρτογράφηση βλαστικής κατάστασης σκληρού σίτου με τον δείκτη AUG.

Όσο για την μέθοδο βάσει χαρτών για τους πειραματικούς αγρούς της Νίκαιας Λάρισας, οι χάρτες αποκτήθηκαν από την πλατφόρμα One Soil χρησιμοποιώντας τις πιο πρόσφατες διαθέσιμες πληροφορίες NDVI (Εικόνα 15). Οι χάρτες NDVI ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: χαμηλή, μεσαία και υψηλή. Στην μεσαία κατηγορία εφαρμόστηκε η κανονική, προκαθορισμένη από τον γεωργό, ποσότητα λιπάσματος, ενώ στις χαμηλή και υψηλή κατηγορία η δόση του λιπάσματος μειώθηκε κατά 25%. Η ρύθμιση της δόσης επιτεύχθηκε χειροκίνητα, με μεταβολή της ταχύτητας κίνησης κατά την είσοδο σε περιοχή διαφορετικής κατηγορίας, η οποία εντοπιζόταν οπτικά μέσω του χάρτη καθοδήγησης GPS που είχε φορτωθεί.



Εικόνα 15. Χάρτες εφαρμογής μεταβλητής λίπανσης σε καλλιέργεια σκληρού σίτου στην Νίκαια Λάρισας.

3.1 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα διαφοροποιήθηκαν ανάλογα με την πιλοτική περιοχή, το αγροτεμάχιο και τη συγκεκριμένη πρακτική διαχείρισης. Συνοπτικά, για τις τρεις καλλιεργητικές περιόδους 2022-2023, 2023-2024 και 2024-2025 τα πειράματα έδειξαν ότι, κατά μέσο όρο οι τεχνικές Γεωργίας Διατήρησης αύξησαν την απόδοση της καλλιέργειας έως 8,1% και οι τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας την αύξησαν έως 1,8% σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Όσον αφορά την εξοικονόμηση λιπάσματος κατά τις τρεις καλλιεργητικές περιόδους, η διαφορετική λίπανση παρείχε μέση εξοικονόμηση έως 6,3% στους δύο πιλοτικούς αγρούς στην Κοζάνη και έως 7,1% στους δύο πιλοτικούς αγρούς στη Λάρισα. Τέλος, οι τεχνικές Γεωργίας Διατήρησης

προσέφεραν αύξηση της περιεκτικότητας της οργανικής ουσίας στο έδαφος, και στους τέσσερις πιλοτικούς αγρούς, όπως έδειξαν οι δειγματοληψίες εδάφους που πραγματοποιήθηκαν μετά το πέρας του έργου. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια των τριών ετών, στη Λάρισα (Ραχούλα) η οργανική ουσία παρουσίασε αύξηση, με τη μεγαλύτερη μεταβολή να καταγράφεται στο αγροτεμάχιο ΓΔ, όπου έφτασε το 25,5%, στη Νίκαια αυξήθηκε έως και 17,5% στο αγροτεμάχιο ΓΔ, στην Κοζάνη (Αεροδρόμιο) έως 5,5% στο αγροτεμάχιο ΓΔ&ΓΑ και στην Άνω Κώμη η μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάστηκε στο αγροτεμάχιο ΓΔ, όπου η οργανική ουσία αυξήθηκε κατά 10%.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, η Γεωργία Διατήρησης, με τη μείωση της κατεργασίας του εδάφους, τη χρήση φυτικής κάλυψης και την εναλλαγή καλλιεργειών, συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση της εδαφικής γονιμότητας, στη μείωση της διάβρωσης και στη βελτίωση της βιοποικιλότητας. Επιπλέον, η Γεωργία Ακριβείας, μέσα από τεχνολογίες όπως οι αισθητήρες, δίνει τη δυνατότητα βελτιστοποίησης των εισροών (λίπανση, άρδευση, φυτοπροστασία) και αύξησης της αποδοτικότητας με παράλληλη μείωση του κόστους και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η συνδυασμένη εφαρμογή των δύο μεθόδων δείχνει να αποδίδει μετρήσιμα οφέλη τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και βιώσιμης περιβαλλοντικής διαχείρισης, ιδιαίτερα όταν προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες κάθε αγροτικής εκμετάλλευσης. Συνεπώς, η υιοθέτηση σύγχρονων γεωργικών πρακτικών, όπως η Γεωργία Διατήρησης και η Γεωργία Ακριβείας, αναδεικνύεται ως αναγκαία προϋπόθεση για τη βιώσιμη και αποδοτική ανάπτυξη του πρωτογενούς τομέα.

Βιβλιογραφία

Ανάκτηση από No-till farmer: <https://www.no-tillfarmer.com/>

European Conservation Agriculture Federation (ECAF) . (n.d.). *What is Conservation Agriculture?* Ανάκτηση από European Conservation Agriculture Federation (ECAF) : <https://ecaf.org/what-is-conservation-agriculture/>

Hobbs, P. R., Sayre, K., & Gupta, R. (2007). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *PMC PubMed Central*. doi:10.1098/rstb.2007.2169

Jialing, T., Ruixing, H., Jennifer A. J., D., Guiyao, Z., Yakov, K., Jingbo, Z., . . . Manuel, D.-B. (2024). Conservation agriculture improves soil health and sustains crop yields after long-term warming. *nature.com*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41467-024-53169-6>

Kitchen, N., Sudduth, K., Myers, D., Drummond, S., & Hong, S. (2005). Delineating productivity zones of claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity. *Comp. Electron. Agric.*, 285–308.

Nawar, S., Corstanje, R., Halcro, G., Mulla, D., & Mouazen, A. (2017). Delineation of soil management zones for variable rate fertilization: a review. *Advances in Agronomy*, 143, 175-245.

Whelan, B., & McBratney, A. (2000). The “Null Hypothesis” of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, 265-279.

Φουντάς, Σ., & Γέμτος, Θ. (2015). *ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ*.

preconagri

precision conservation agriculture

