



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Συν-επίδραση της προηγούμενης καλλιέργειας και πρακτικών της γεωργίας διατήρησης στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά σκληρού σίτου»

ΝΑΤΣΗ ΑΡΤΕΜΙΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΛΕΒΙΖΟΥ ΕΥΘΥΜΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2023

«Συν-επίδραση της προηγούμενης καλλιέργειας και πρακτικών της γεωργίας διατήρησης στην ανάπτυξη και σε φυσιολογικά χαρακτηριστικά σκληρού σίτου»

“Combined effects of the previous cultivation and conservation agriculture practices on growth and physiological characteristics of durum wheat”

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Λεβίζου Ευθυμία: Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Φυσιολογίας Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπουσα

Γιαννούλης Κυριάκος, Επίκουρος Καθηγητής Γεωργίας με έμφαση στην καλλιέργεια Ενεργειακών, Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

Καβαλάρης Χρήστος, ΕΔΙΠ Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου κα. Λεβίζου Ευθυμία για την ευκαιρία που μου έδωσε να μελετήσω και να εκπονήσω το συγκεκριμένο πείραμα, αλλά και για την υποστήριξη και βοήθειά της σε όλη την διαδικασία της πτυχιακής μου διατριβής. Θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμησή μου προς τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κ. κ. για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν για την μελέτη και διόρθωση της πτυχιακής μου.

Βεβαιώνω ότι είμαι η συγγραφέας αυτής της πτυχιακής διατριβής, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής του ΤΓΦΠΑΠ.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	9
Κατάλογος πινάκων.....	viii
Κατάλογος γραφημάτων.....	viii
Κατάλογος εικόνων.....	viii

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Αναδρομή της καλλιέργειας σίτου.....	10
1.2 Εξάπλωση – Παραγωγή.....	12
1.3 Τα σιτηρά στην ελληνική επικράτεια.....	15
1.4 Βοτανικά και Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	16
1.5 Σκληρό Σιτάρι (<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>).....	17
1.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σκληρού σίτου.....	18
1.7 Γεωργία Διατήρησης (Conservation Agriculture).....	18
1.7.1. Οι καταβολές της Γεωργίας Διατήρησης.....	19
1.7.2. Οι αρχές και τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Διατήρησης.....	22
1.7.3. Ποιες τεχνικές δε συμπεριλαμβάνονται στη Γεωργία Διατήρησης.....	25
1.7.4. Η Ευρώπη Ενστερνίζεται την αναγκαιότητα της Γεωργίας Διατήρησης.....	26
1.8 Σκοπός της πτυχιακής διατριβής.....	29

Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιοχή μελέτης- Πειραματικό σχέδιο	31
2.2 Μετρήσεις πεδίου.....	32
2.3 Μετρήσεις κατά την τελική συλλογή.....	33
2.4 Στατιστική Ανάλυση.....	34

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα

35

Κεφάλαιο 4: Συζήτηση

48

Συμπεράσματα.....	53
Βιβλιογραφία Διεθνής.....	54
Βιβλιογραφία ελληνική.....	55
Αναφορά σε website	56
Κατάλογος Διαγραμμάτων	
Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής του σιταριού από το 1974 έως το 1993 (Gooding & Davies, 1997).....	13
Διάγραμμα 2: Αποδόσεις του σιταριού στις σημαντικότερες γεωγραφικές περιοχές του κόσμου (Gooding & Davies, 1997).....	13
Διάγραμμα 3: Καλλιεργούμενες εκτάσεις σε σιτάρι στις σημαντικότερες γεωγραφικές περιοχές του κόσμου, από το 1974 έως το 1992 (Gooding & Davies, 1997).....	14
Διάγραμμα 4: Οι δέκα χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή σιτηρών και οι ποσότητες που παρήγαγαν κατά το 2020 (FAOSTAT, 2020).....	15
Διάγραμμα 5: Τα δέκα αγροτικά προϊόντα με τη μεγαλύτερη παραγωγή στην Ελλάδα το 2019 (FAOSTAT, 2019).....	16
Διάγραμμα 6: Πρακτικές και προϋποθέσεις για την εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης (ECAE, 2019).....	25
Διάγραμμα 7: Μετρήσεις του δείκτη SPAD, που σχετίζεται με την συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών (a+b) στο φύλλο, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (30-Μαρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).....	35
Διάγραμμα 8: Μετρήσεις του δείκτη PRI, που σχετίζεται με την αποδοτικότητα χρήσης φωτός από την φωτοσυνθετική συσκευή, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).....	37
Διάγραμμα 9: Μετρήσεις Ξηρού Βάρους Σκληρού Σίτου για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), σε διάστημα περίπου τριών μηνών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαη).....	38
Διάγραμμα 10: Μετρήσεις του ύψους του βλαστού, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά το διάστημα 2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου, 14-Ιουν.....	39
Διάγραμμα 11: Μετρήσεις αριθμού φύλλων,, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).....	41
Διάγραμμα 12: Μετρήσεις Ξηρού Βάρους Ταξιανθίας για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), λίγο πριν την τελική συγκομιδή, στις 23 Μαΐου.....	42
Διάγραμμα 13: Τιμές Ξηρού Βάρους Στελέχους για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά την τελική συλλογή στις 14 Ιουνίου.....	43

Διάγραμμα 14: Τιμές Ξηρού Βάρους Σταχίου, για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), στις 14 Ιουνίου.....44

Διάγραμμα 15: Τιμές Ξηρού Βάρους 1000 Σπόρων, για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), κατά την τελική συγκομιδή, στις 14 Ιουνίου.....45

Διάγραμμα 16: Μετρήσεις του μήκους του σταχίου, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), στην τελική συλλογή, στις 14/06.....46

Διάγραμμα 17: Μετρήσεις του αριθμού σπόρων ανά στάχυ, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), στην τελική συλλογή, στις 14/06.....47

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Οι κορυφαίες χώρες παραγωγής σκληρού σίτου κατά τα έτη 2010-2019 (FAOSTAT, 2021).....17

Πίνακας 2: Εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σύγκριση με την έκταση όπου καλλιεργούνται ετήσια φυτά.....26

Πίνακας 3: Εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης στην Ελλάδα σε σύγκριση με την έκταση όπου καλλιεργούνται ετήσια φυτά.....26

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αμμοθύελλα στις Νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1930.....20

Εικόνα 2: Αμμοθύελλα στην Κίνα το 2011.....21

Εικόνα 3: Γενικές Αρχές της Γεωργίας Διατήρησης.....24

Εικόνα 4: Μηχανισμοί της Γεωργίας Διατήρησης που συνηγορούν στη διάσωση του περιβάλλοντος.....28

Εικόνα 5: Πιλοτικός Αγρός της εταιρείας Barilla A.E.- Ιούνιος 2021.....32

Εικόνα 6: SPAD-502, Minolta Co Ltd.....33

Εικόνα 7: Πιλοτικός Αγρός της εταιρείας Barilla A.E.- Απρίλιος 2021.....34

Κατάλογος Παραρτημάτων

Παράρτημα 1: Το Ιστορικό Dust Bowl 19

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Σχεδιάγραμμα πιλοτικού αγρού της εταιρείας Barilla A.E.....32

Στους γονείς μου...

Περίληψη

Η Γεωργία Διατήρησης συνιστά μια εναλλακτική λύση απέναντι στη συμβατική γεωργία κι ένα από τα αποτελεσματικότερα συστήματα βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς διεγείρει τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους, αυξάνοντας την περιεκτικότητά του σε οργανική ύλη και χούμο. Επί του παρόντος, το σύστημα της ακατεργασίας (No-Tillage ή Zero Tillage), εξελίσσεται σε μια από τις βασικότερες στρατηγικές, υπαγόμενη στην ομπρέλα των σύγχρονων γεωργικών τεχνικών. Ένα σύστημα γεωργίας διατήρησης (Conservation Agriculture) στοχεύει στη διατήρηση της φυτικής παραγωγής, μέσω της ελαχιστοποίησης της άροσης, της διατήρησης υπολειμμάτων προηγούμενης καλλιέργειας στην επιφάνεια του εδάφους και της υιοθέτησης πρακτικών αμειψισποράς ή διαφοροποίησης για τη βελτίωση της λειτουργικότητας των αγροοικοσυστημάτων.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά τις προοπτικές της γεωργίας διατήρησης, αυτής της σχετικά καινούριας αγρο-επιστήμης. Προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος της σε σύγκριση με εκείνον του συμβατικού συστήματος γεωργίας, οργανώθηκε ένα πολυπαραγοντικό πείραμα σε πειραματικό αγρό στο Κιλελέρ (Λάρισα, Θεσσαλία) με πειραματόφυτο το σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου Νοέμβριος 2020 – Ιούνιος 2021. Ο αγρός χωρίστηκε αρχικά σε δυο τεμάχια, με γνώμονα τις καλλιέργειες της προηγούμενης χρονιάς, που κάλυπταν όλη την έκταση. Στο πρώτο κομμάτι είχε καλλιεργηθεί βαμβάκι και στο δεύτερο κουκί. Κατόπιν, το χωράφι διαιρέθηκε εκ νέου και σπάρθηκε σκληρό σιτάρι, με τη χρήση δυο διαφορετικών μεθόδων, της συμβατικής τεχνικής και της ακατεργασίας. Επομένως, οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν στο αγρό ήταν τέσσερις, από τον συνδυασμό της προηγούμενης καλλιέργειας (κουκί ή βαμβάκι) και των καλλιεργητικών τεχνικών (συμβατική ή μη-άροση). Σε κάθε μεταχείριση καθορίστηκαν και σηματοδοτήθηκαν 3 υποτεμάχια (plots), στα οποία πραγματοποιήθηκαν όλες οι μετρήσεις του πειράματος. Καθόλη τη διάρκεια της αναπτυξιακής περιόδου μετρήθηκαν φυσιολογικές παράμετροι, όπως η αποδοτικότητα της χρήσης φωτός (μέσω του δείκτη PRI), το περιεχόμενο των φύλλων σε χλωροφύλλες (με τον δείκτη SPAD), καθώς και μία σειρά αναπτυξιακών παραμέτρων του στελέχους, του στάχυ και των σπόρων.

Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η προηγούμενη καλλιέργεια και όχι η καλλιεργητική τεχνική επέδρασε στη διαμόρφωση του προτύπου διαφορών στο ξηρό βάρος του φυτού, το ξηρό βάρος του σταχίου. Το ύψος του βλαστού κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα, σε όλες τις μεταχειρίσεις.

Εντούτοις, η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει ότι υπάρχει επίδραση και των δύο μεμονωμένων παραγόντων που ελέγχθηκαν αλλά και της αλληλεπίδρασής τους. Το μήκος του στάχυ εμφανίστηκε, με ελάχιστη διαφορά, μεγαλύτερο κατά την τεχνική της ακατεργασίας και για τις δύο περιπτώσεις προηγούμενης καλλιέργειας. Ο δείκτης SPAD φάνηκε να επηρεάζεται από τα μέσα του Απριλίου και μέχρι την τελική συγκομιδή τόσο από την καλλιεργητική τεχνική, όσο και από την αλληλεπίδρασή της με την προηγούμενη καλλιέργεια. Ο δείκτης PRI φέρεται να επηρεάστηκε από την αλληλεπίδραση των δύο μελετώμενων πειραματικών παραγόντων. Ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ και στο βάρος 1.000 σπόρων επηρεάστηκε σημαντικά από την προηγούμενη καλλιέργεια, καθώς το κουκί επέφερε τα πιο θετικά αποτελέσματα. Συνολικά, στις περιπτώσεις που η καλλιέργεια της προηγούμενης χρονιάς ήταν κουκί αρκετές αναπτυξιακές παράμετροι ευνοήθηκαν, σε αντίθεση με την καλλιεργητική τεχνική, όπου συγκεκριμένα η α-καλλιέργεια επέδρασε θετικά στο ύψος του βλαστού και το μήκος του στάχυ.

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Κάνοντας, ακροθιγώς, μια ιστορική αναδρομή στην καλλιέργεια σιταριού, εκείνο που γνωρίζουμε μετά βεβαιότητας είναι πως εμφανίζεται από τις απαρχές των προϊστορικών χρόνων. Πριν το 8.000 π.Χ., διπλοειδείς και τετραπλοειδείς γενότυποι σιταριού, φέρεται να φύονταν στις λεκάνες των ποταμών Τίγρη και Ευφράτη - Συρία και Ιράκ αντίστοιχα, ενώ στις χώρες των Βαλκανίων, αλλά και στην ελληνική επικράτεια, οι αντίστοιχοι γενότυποι έφτασαν το 5.000 π.Χ. Ακόμη, σιτάρι καλλιεργούσαν και οι λαοί της Κίνας από το 2700 π.Χ., οργανώνοντας του και τιμητικές τελετές. Οι εξαπλοειδείς γενότυποι εξελίχθηκαν το 7.000 π.Χ. σε μια ζώνη που εκτεινόταν νότια της Κασπίας και βόρεια του Ιράν και ανατολικά έως το βόρειο Αφγανιστάν (Smith 1995).

Οι πρώτες ποικιλίες σιτηρών ήταν μονόκκοκες, με το Einkor ή αλλιώς Engrain (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*), να αποτελεί ένα από τα πρώτα άγρια δημητριακά. Την ίδια χρονική περίοδο, έχουμε και τη φυσική διασταύρωση των *T. monococcum* ssp. *aegilopoides* (*T. boeoticum*) και *T. urartu*, δυο διπλοειδών αγρωστωδών, από την οποία προέκυψε το τετραπλοειδές Emmer (*T. turgidum* ssp. *dicoccum*). Η νέα αυτή ποικιλία μπορεί να ιδωθεί ως μια βελτίωση δοσμένη απευθείας από τη φύση. Το καλλιεργούμενο Emmer ήταν το πρώτο εξημερωμένο σιτηρό στην Ασία, στην Αφρική και στην Ευρώπη. Αρχαιολογικά ευρήματα σπόρων χρονολογούνται περίπου από το 7.500-6.700 π.Χ. (Ιστορική αναδρομή της εξέλιξης των σιτηρών Yara Hellas, 2008)

Το *T. turgidum* ssp. *dicoccum* παρέμεινε το κυρίαρχο σιτηρό, μέχρι την 1^η χιλιετία π.Χ., όταν και αντικαταστάθηκε από το *T. turgidum* ssp. *durum*. Το σκληρό σιτάρι προήλθε μέσω φυσικής διασταύρωσης, όπως το Emmer και είναι και αυτό τετραπλοειδές (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Οι κόκκοι του βρέθηκαν σε οκτώ αρχαιολογικές θέσεις, στη Β. Ελλάδα και χρονολογείται από την Εποχή του Σιδήρου, κοινώς από το τέλος της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. έως τα τέλη του 4^{ου} αιώνα π.Χ.

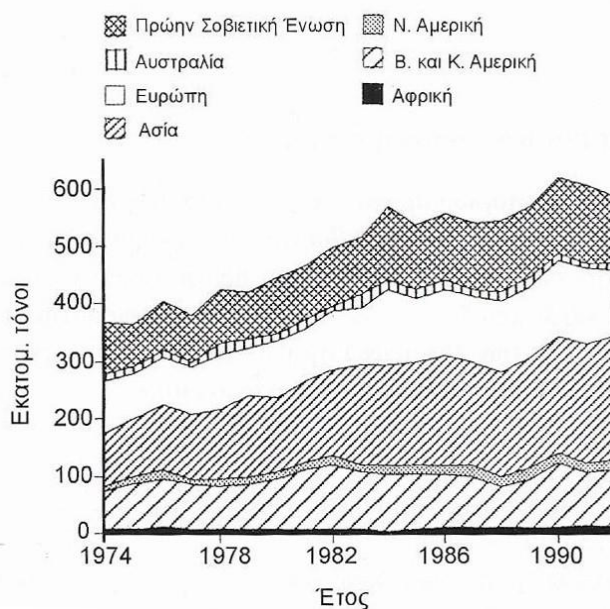
Με την πάροδο των χρόνων οι παραγωγοί συνέχισαν να κάνουν επιλογές στις ποικιλίες σιταριού που έδειχναν ευνοϊκά χαρακτηριστικά - ευκολία συγκομιδής, απόδοση κλπ., οπότε και άρχισαν να κυριαρχούν σταδιακά νεότερες ποικιλίες (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Σήμερα, σε παγκόσμια κλίμακα οι κυρίαρχοι τύποι σίτου είναι το μαλακό σιτάρι (*T. aestivum*) και η όλυρα ή ντίνκλεν (*T. spelta*). Πρόκειται για ποικιλίες που γεννήθηκαν από τη φυσική διασταύρωση του Emmer και του άγριου *Aegilops tauschii*. Ο υβριδισμός των δυο αυτών ποικιλιών άνοιξε το δρόμο προς τις εξαπλοειδείς ποικιλίες, με έξι σετ χρωμοσωμάτων, αρκετά διαφορετικών από των δεκατεσσάρων χρωμοσωμάτων των μητρικών ειδών. Συγκεκριμένα, το *T. aestivum* L. subsp. *spelta* (L.) Thell θεωρείται το πρώτο εξαπλοειδές σιτάρι που καλλιεργήθηκε ποτέ. Το φυτό εμφανίζεται ανθεκτικότερο στις αντίξοες συνθήκες, σε σχέση με τα υπόλοιπα εξαπλοειδή είδη, κυρίως στο στάδιο του νεαρού φυταρίου. Αντίστοιχα, το μαλακό σιτάρι (*T. aestivum*) έχει καλύτερη προσαρμοστικότητα, αλλά και αντοχή στο κρύο σε σχέση με το σκληρό (*T. durum*), για αυτό και προτιμάται περισσότερο. Κατά συνέπεια, το πιο διαδεδομένο είδος του γένους *Triticum* είναι το εξαπλοειδές *T. aestivum* L. subsp. *aestivum*, το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή αρτοσκευασμάτων. Ακολουθεί, με μεγάλη διαφορά, το *T. turgidum* L. subsp. *durum* Desf, σκληρό σιτάρι, από το οποίο παράγεται το σιμιγδάλι, που προορίζεται κυρίως για την παρασκευή ζυμαρικών. Το *T. monococcum* L. subsp. *monococcum*, μονόκοκκο σιτάρι, καλλιεργείται μόνο σε ορισμένες περιοχές της Μέσης Ανατολής και της Ν. Ευρώπης για την προετοιμασία μαύρου ψωμιού και ως τροφή για βόδια και άλογα. Το *T. turgidum* subsp. *dicoccon* (Schrank) Thell. χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης και στη Dakota των ΗΠΑ. Το *T. aestivum* L. subsp. *compactum* (Host) Mackey εμφανίζεται διάσπαρτα ΗΠΑ (π.χ. Oregon), τη Β. Ευρώπη και τη Β.Α. Ασία για χρήση σε διάφορα παρασκευάσματα ζαχαροπλαστικής και αρτοποιίας (Smith, 1995).

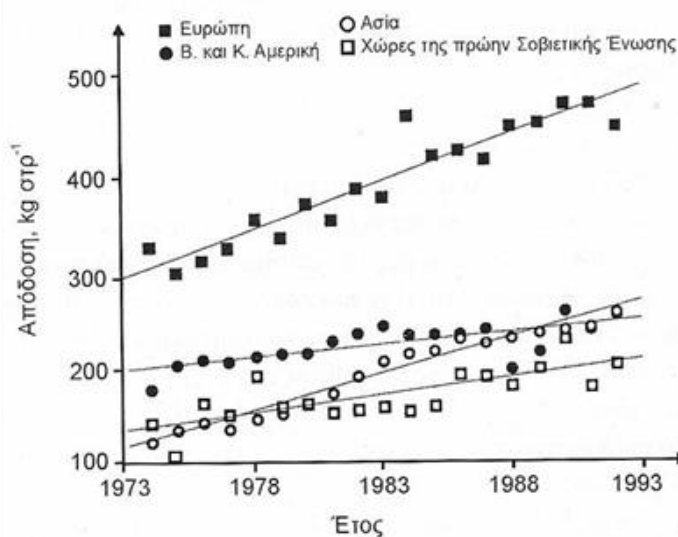
1.2 Εξάπλωση-Παραγωγή

Δεν μπορεί να αμφισβητηθεί κανείς πως το σιτάρι συνιστά ένα από τα πιο διαδεδομένα σιτηρά στον κόσμο. Μαζί με το κριθάρι και το καλαμπόκι είναι ένα από τα τρία δημητριακά που παράγονται μαζικά σε κάθε γωνιά του πλανήτη και αποτελούν βασικό πυλώνα της διατροφής εκατομμυρίων ανθρώπων, εδώ και χιλιάδες χρόνια.

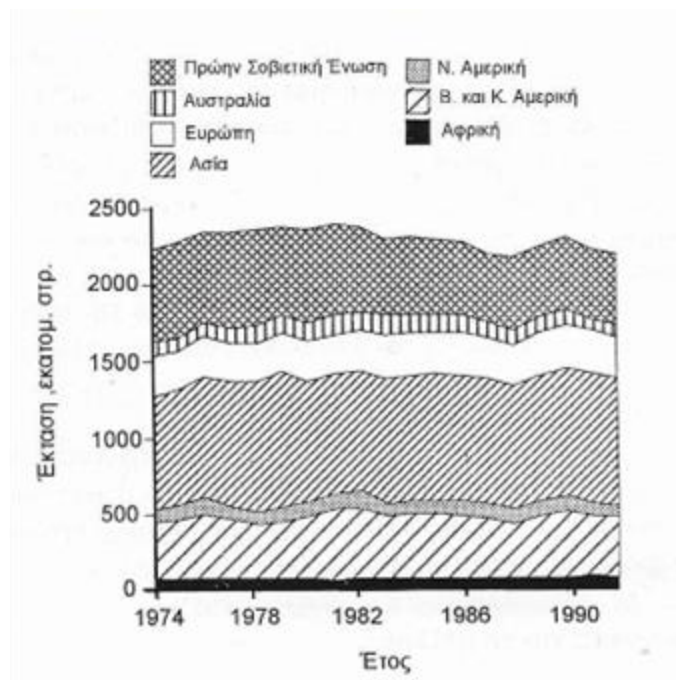
Από το 1946 μέχρι και το 1992, η παραγωγή σιταριού σε παγκόσμιο επίπεδο, εμφανίζει σταδιακή ανοδική πορεία. Σύμφωνα με τα διαγράμματα που παρατίθενται, έχοντας ως χρονική αφετηρία το έτος 1974, η Ασία φαίνεται να αυξάνει την παραγωγή σίτου (Διάγραμμα 1), σε σχέση με την Πρώην Σοβιετική Ένωση, την Αυστραλία, την Αμερική, την Ευρώπη και την Αφρική. Η μεγαλύτερη παραγωγή οφείλεται στην αύξηση της στρεμματικής απόδοσης (Διάγραμμα 2), ενώ τέλος φαίνεται πως οι καλλιεργούμενες εκτάσεις παρέμειναν σχεδόν σταθερές (Διάγραμμα 3).



Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της παγκόσμιας παραγωγής του σιταριού από το 1974 έως το 1993 (Gooding & Davies, 1997).

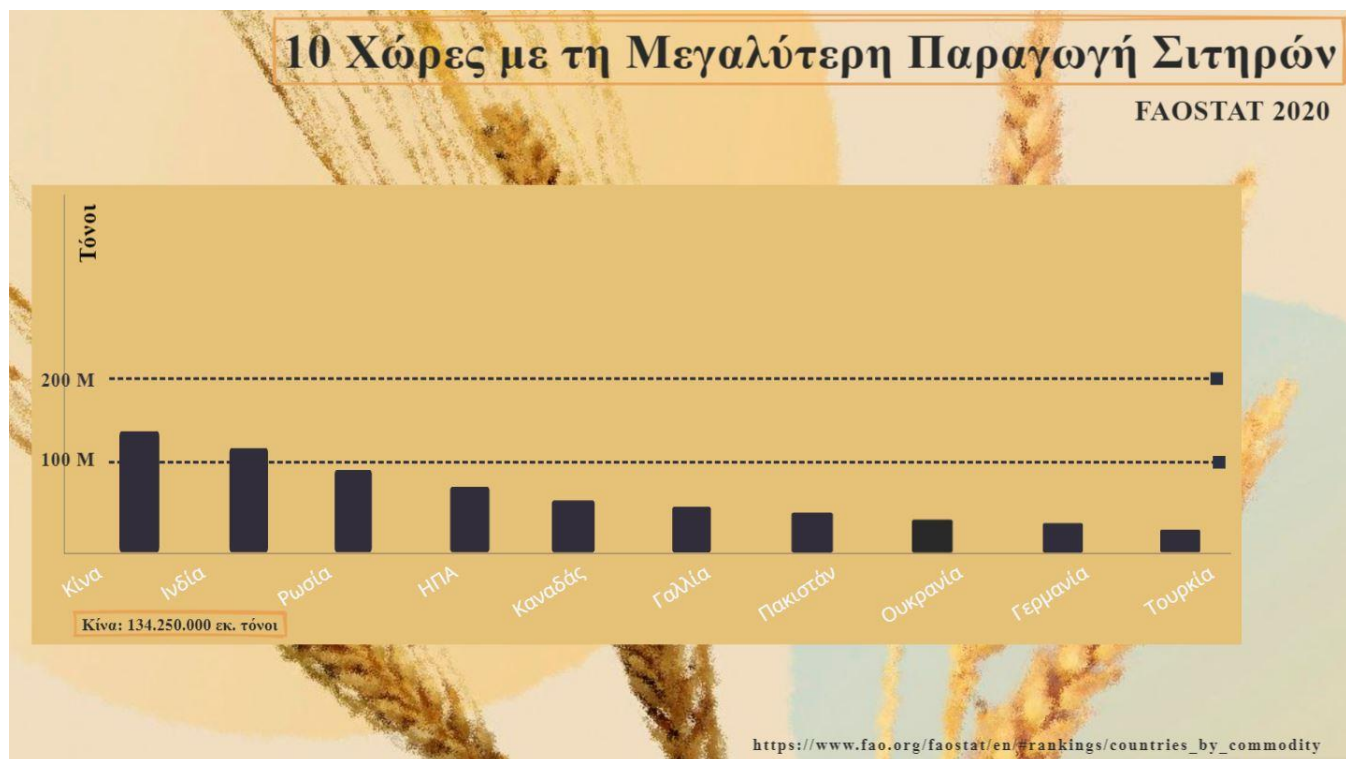


Διάγραμμα 2: Αποδόσεις του σιταριού στις σημαντικότερες γεωγραφικές περιοχές του κόσμου (Gooding & Davies, 1997)



Διάγραμμα 3: Καλλιεργούμενες εκτάσεις σε σιτάρι στις σημαντικότερες γεωγραφικές περιοχές του κόσμου, από το 1974 έως το 1992 (Gooding & Davies, 1997).

Σύμφωνα με το FAOSTAT, το 2020, οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σιταριού ήταν οι εξής: Κίνα, η Ινδία, η Ρωσία, οι ΗΠΑ, η Γαλλία, ο Καναδάς, Ουκρανία, το Πακιστάν, η Γερμανία και η Τουρκία (FAOSTAT 2020, Διάγραμμα 4).



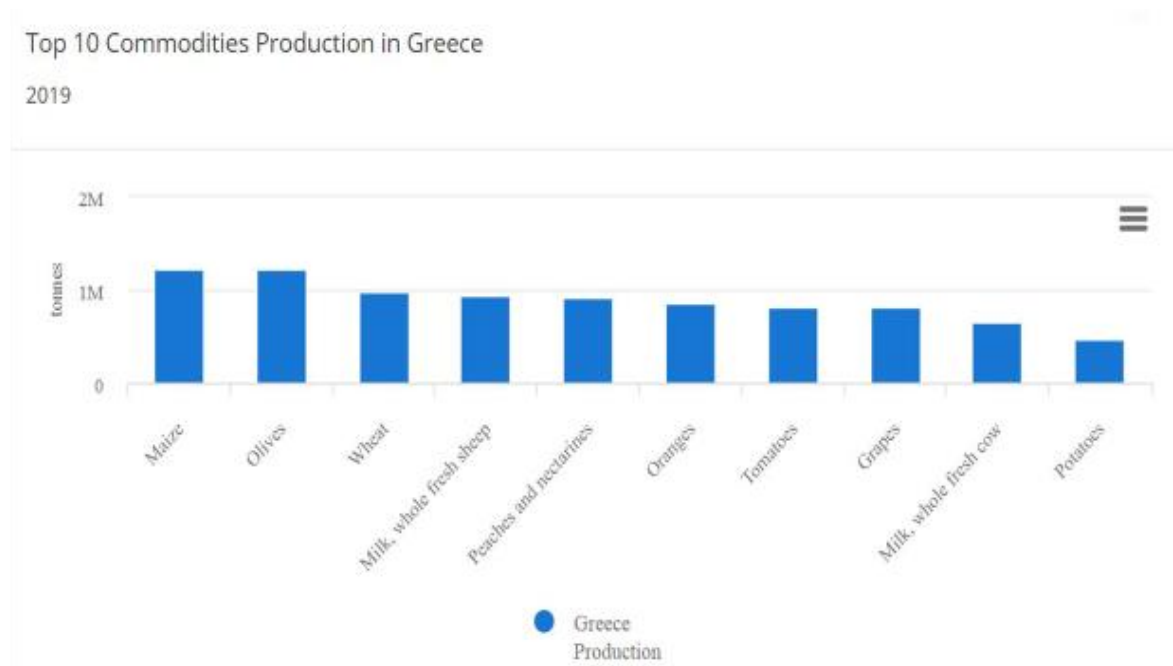
Διάγραμμα 4: Οι δέκα χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή σιτηρών και οι ποσότητες που παρήγαγαν κατά το 2020 (FAOSTAT, 2020).

1.3 Τα σιτηρά στην ελληνική επικράτεια

Ο ελλαδικός χώρος, ήδη από το 1956, έχει καταφέρει να εξασφαλίζει τις ποσότητες σιτηρών που κρίνονται αναγκαίες για τον πληθυσμό. Οι καλλιέργειες πραγματοποιούνται κατά κύριο λόγο σε αγρούς μη-αρδευόμενους, ενώ οι αρδευόμενοι επιλέγονται μονάχα για λόγους αμειψισποράς.

Τα στρέμματα που διατίθενται για τις καλλιέργειες σκληρού και μαλακού σίτου εξαρτώνται από τη στήριξη των τιμών τους από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Χαρακτηριστικά, το έτος 1996 τα στρέμματα καλλιέργειας μαλακού σιταριού ήταν περίπου τα τριπλάσια από ότι του σκληρού (7,2 εκατομμύρια προς 2 εκατομμύρια), ενώ το 2005, που το σκληρό σιτάρι είχε υψηλή επιδότηση, η καλλιέργεια του έφτασε να καλύπτει περίπου 8,5 εκατομμύρια στρέμματα, σε αντίθεση εκείνη του μαλακού, που άγγιξε μόλις τα 1 εκατομμύριο στρέμματα.

Στην Ελλάδα, το 2019 καλλιεργήθηκαν 979.220 τόνοι σιταριού, κάτι που έφερε το σιτάρι στην 3^η θέση, μετά το καλαμπόκι και τις ελιές (FAOSTAT 2019, Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5: Τα δέκα αγροτικά προϊόντα με την μεγαλύτερη παραγωγή στην Ελλάδα το 2019 (FAOSTAT, 2019).

1.4 Βοτανικά και Μορφολογικά Χαρακτηριστικά των σιτηρών

Τα αγρωστώδη (Poaceae/Gramineae) αποτελούν μια οικογένεια αρκετά “κοσμοπολίτικη”, που αριθμεί 668 γένη και 9.500 είδη, με τεράστιο οικονομικό ενδιαφέρον, μιας και συμπεριλαμβάνει σιτηρά ζωτική σημασίας, όπως το Ρύζι (γένος *Oryza*), τη Βρόμη (γένος *Avena*), το Σιτάρι (γένος *Triticum*), το Κριθάρι (γένος *Hordeum*), τον Αραβόσιτο (γένος *Zea*) και τη Σίκαλη (γένος *Secale*). Απαρτίζεται από πολυετείς ή μονοετείς πόες ή δένδρα.

Οι ρίζες των αγρωστωδών είναι επιγενείς και συχνά σχηματίζουν ενδομυκκόριζες. Ο βλαστός, που συνήθως ονομάζεται καλάμι, είναι κυλινδρικός και αποτελείται από μεσογονάτια διαστήματα, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του σιτηρού, ενώ το μήκος τους εξαρτάται από τη θέση τους στο βλαστό, αλλά και από το γενότυπο. Τα φύλλα, απλά, βασιαία ή βλαστικά, δίστοιχα, γραμμοειδή και σπανίως σπειροειδή, συγκροτούνται από τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός συνιστά το κατώτερο τμήμα του φύλλου, που περιβάλλει το βλαστό και μπορεί να φέρει τρίχες. Αντίστοιχα, το έλασμα είναι επίμηκες και στενό, με κύριες νευρώσεις, παράλληλες, δίχως διακλαδώσεις. Τα άνθη είναι μικρά, διγενή ή μονογενή, απόδισκα και ακανόνιστα. Ο καρπός είναι καρύοψη (αχαίνιο, με περικάρπιο εντελώς ενωμένο ή προσκολλημένο

με το κάλυμμα του σπόρου), ενώ σπάνια είναι καρύδι (*Dendrocalamus*) ή μούρο (*Bambusa*). Τα σπέρματα είναι ενδόσπερμα και περιέχουν μια ενιαία κοτυληδόνα, που ονομάζεται *scutellum* (μικρή ασπίδα) (Simpson M.G. 2017).

Τα σταχύδια των ανθέων είναι ενωμένα σε ταξιανθίες: στάχεις ή φόβες. Ταξιανθία φόβη έχει η βρώμη, ενώ το σιτάρι, το κριθάρι, η σίκαλη και το τριτικάλε, στάχυ. Πιο συγκεκριμένα, η ταξιανθία στάχης αποτελείται από πολλά σταχύδια, τοποθετημένα εναλλάξ, επάνω στη ράχη. Σε κάθε θέση υπάρχει κι από ένα σταχύδιο. Το καθένα αποτελείται από 2 έως 9 ανθίδια, εκ των οποίων το ένα ή τα δυο ανώτερα είναι στείρα. Εμφανίζονται άμισχα ή έμμισχα, σπονδυλωτά ή δίστιχα, σε μια από τις δυο πλευρές. Τα σταχύδια είναι διατεταγμένα με διάφορους τρόπους στον κύριο αρθρωτό άξονα της ταξιανθίας, που ονομάζεται ράχη και είναι προέκταση του βλαστού. Στη βάση της ράχης υπάρχουν δυο στείρα λέπυρα. Το μεγαλύτερο είναι το κάτω λέπυρο και το μικρότερο το άνω (Simpson M.G. 2017).

1.5 Σκληρό Σιτάρι (*T. turgidum* ssp. *durum*)

Το σκληρό σιτάρι [*T. turgidum* ssp. *durum* (Desf.), $2n = 4 \times = 28$] συνιστά μια σημαντική, οικονομικά και διατροφικά, καλλιέργεια δημητριακών. Είναι κατάλληλο για τις ζεστές και ξηρές συνθήκες της λεκάνης της Μεσογείου και για παρόμοια κλίματα σε άλλα μέρη του κόσμου. Αν και πρόκειται για ανοιξιάτικο σιτηρό, καλλιεργείται ως χειμερινό. Η καλλιέργεια σκληρού σίτου αντιπροσωπεύει το ~8% της συνολικής παραγωγής (FAO, 2016), με τη Μεσόγειο να αντιπροσωπεύει το ~60% της παγκόσμιας παραγωγής (Royo et al., 2017).

Χώρα	Μέση Παραγωγή [Εκατομμύρια ανά Τόνο]
Καναδάς	5.2
Ιταλία	4.3
Τουρκία	3.7
ΗΠΑ	2.3
Καζακστάν	2.2
Συρία	2.2
Αλγερία	2.2
Γαλλία	1.9
Μαρόκο	1.8
Ελλάδα	1.1
Ισπανία	1.0
Τυνησία	1.0

Πίνακας 1: Οι κορυφαίες χώρες παραγωγής σκληρού σίτου κατά τα έτη 2010-2019 (FAOSTAT 2021)

Ο κόκκος του σκληρού σίτου είναι σκληρός, με γυαλιστερή όψη και υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, λόγω της οποίας κρίνεται και κατάλληλο για παρασκευή σιμιγδάλι και ζυμαρικών, αφού οι κόκκοι δε διαλύονται κατά τη διαδικασία της άλεσης ζύμης.

Το είδος Emmer έχει την υψηλότερη απόδοση αποφλοιωμένου κόκκου ($3,54 \text{ t ha}^{-1}$) ακολουθούμενο από το spelt ($2,80 \text{ t ha}^{-1}$) και το Einkorn ($1,42 \text{ t ha}^{-1}$) (Ortiz-Monasterio and Raun, 2007)

1.6 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του σκληρού σίτου

«Για την παρασκευή ζυμαρικών τα κυριότερα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι το κίτρινο χρώμα στο σιμιγδάλι και η ποσότητα και ποιότητα των πρωτεϊνών, που συνδέονται με την αντοχή, τη σκληρότητα και τη σταθερότητα των ζυμαρικών κατά το βρασμό» Finney et al 1987.

Το σκληρό σιτάρι (*T. durum*) προτιμάται για την παραγωγή προϊόντων, όπως τα ζυμαρικά, κυρίως λόγω του αυξημένου επιπέδου κίτρινων χρωστικών, αλλά και των κατάλληλων χαρακτηριστικών των πρωτεϊνών και της γλουτένης (Hoseney 1994; Bushuk 1998; Troccoli et al. 2000). Έχει αποδειχθεί πως η ποσότητα πρωτεΐνης και η ποιότητα γλουτένης είναι υπεύθυνες για την τεχνική μαγειρέματος “al dente”, μιας και οι κίτρινες χρωστικές και τα οξειδωτικά ένζυμα, όπως η λιποξυγενάση (LOX), η πολυφαινολική οξειδάση (PPO), και η υπεροξειδάση (POD) είναι αποτελεσματικές ως προς το χρώμα των προϊόντων των ζυμαρικών (Troccoli et al. 2000; Aalami et al. 2007). Εκτός από τα χαρακτηριστικά του χρώματος και των πρωτεϊνών, το μέγεθος του σπόρου και το υαλώδες είναι εξίσου σημαντικά, για την ποιότητα σκληρού σίτου, καθώς σχετίζονται στενά με την απόδοση και την ανοιχτόχρωμη κίτρινη εμφάνιση του σιμιγδάλι και τις ιδιότητες μαγειρέματος των προϊόντων ζυμαρικών (Hoseney 1994; Bushuk 1998; Οι Troccoli et al. 2000; Dziki και Laskowski 2005).

1.7 Γεωργία Διατήρησης (Conservation Agriculture)

Όπως ορίζεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO 2021) *«Η γεωργία Διατήρησης είναι ένα σύστημα παραγωγής, που προωθεί τη διατήρηση της μόνιμης κάλυψης του εδάφους, την ελάχιστη διαταραχή του και την εναλλαγή των προ καλλιέργεια φυτικών ειδών. Ενισχύει τη βιοποικιλότητα και τις φυσικές βιολογικές διεργασίες πάνω και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του*

νερού και των θρεπτικών ουσιών και στη βελτιωμένη και συνεχή παραγωγή καλλιεργειών». Σύμφωνα με τους Hobbs et al. (2008) «Η Γεωργία Διατήρησης αναπτύχθηκε για να ενισχύσει τη βιωσιμότητα των αγροτικών συστημάτων, αλλά και να μειώσει τις αρνητικές συνέπειες της συμβατικής γεωργίας και δη την υποβάθμιση του εδάφους από τη διάβρωση».

Στη συνέχεια θα αναλυθούν διεξοδικά οι γενικές αρχές και τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Διατήρησης, αφού γίνει μία σύντομη αναφορά στις καταβολές της και στις συνθήκες που δημιούργησαν την ανάγκη για μία τέτοια στροφή στις καλλιεργητικές τεχνικές.

1.7.1 Οι καταβολές της Γεωργίας Διατήρησης

Αρχαίοι πολιτισμοί που βάσισαν τις αγροτικές πρακτικές τους στη σπορά σε ακατέργαστα εδάφη, χρησιμοποίησαν ξυλάκια ή άλλα αιχμηρά αντικείμενα, ώστε να δημιουργήσουν μικρές τρύπες, με σκοπό την τοποθέτηση του σπόρου (Derpsch, 1998). Για αιώνες, η ζημιά του εδάφους από τη σπορά ήταν πολύ μικρή και δεν οδηγούσε σε εδαφικές απώλειες, από τις προπαρασκευαστικές διεργασίες.

Στη δεκαετία του 1930, στις Μεγάλες Πεδιάδες της Αμερικής, έπειτα από πολυετή ξηρασία, ξεκίνησαν σφοδροί άνεμοι, που οδήγησαν στη μεταφορά εδάφους, από το ένα μέρος στο άλλο. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε «Dust Bowl», και όσο διήρκεσε χάθηκαν εκατομμύρια τόνοι εδάφους (Michael Begon, 2015).

Η Διάβρωση του Εδάφους: Το ιστορικό “Dust Bowl” των Ηνωμένων Πολιτειών και το τρέχον Πρόβλημα της Κίνας.

Μεγάλες περιοχές του νοτιοανατολικού Κολοράντο, του νοτιοδυτικού Κάνσας, τμήματα του Τέξας, και της Οκλαχόμα, κάποτε είχαν λιβαδική βλάστηση, που υποστήριζε σημαντικό ζωικό κεφάλαιο. Η βλάστηση περιελάμβανε αυτοφυή, πολυετή αγρωστώδη και η γη δεν είχε οργωθεί ή σπαρθεί ποτέ.

Κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου, η γη αυτή οργώθηκε κι έγινε σπορά με μονοετείς καλλιέργειες σιταριού. Οι συγκομιδές ήταν φτωχές, στις αρχές της δεκαετίας του 1930, εξαιτίας της σοβαρής ξηρασίας, αλλά και του γεγονότος πως το επιφανειακό έδαφος ήταν εκτεθειμένο και παρασυρόταν μακριά από τον άνεμο σε μαύρες χιονοθύελλες, που παρεμπόδιζαν τον ήλιο και κατέληγαν σε μεγάλες αμμοθύελλες (Εικ. 1). Περιστασιακά, θύελλες

σκόνης σάρωναν ολόκληρη τη χώρα, φθάνοντας έως την Ανατολική Ακτή. Χιλιάδες οικογένειες αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν την περιοχή Dust Bowl στην κορύφωση της Μεγάλης Ύφεσης, στις αρχές και στα μέσα της δεκαετίας του 1930. Η αιολική διάβρωση, σταδιακά ανακόπηκε με ομοσπονδιακή παρέμβαση. Τοποθετήθηκαν ανεμοφράκτες και μεγάλο μέρος των λιβαδιών αγρωστωδών αποκαταστάθηκε. Έως τις αρχές της δεκαετίας του 1940, η περιοχή είχε ανακάμψει σε μεγάλο βαθμό.

Η ιστορία επαναλαμβάνεται και σήμερα στη βορειοδυτική Κίνα, όπου η ανάγκη σίτισης 1.3 δισεκατομμυρίων ανθρώπων έχει οδηγήσει στην εκτροφή πάρα πολλών βοοειδών και προβάτων και στη χρήση πάρα πολλών αρότρων. Περίπου 2.300 km² μετατρέπονται σε έρημο κάθε χρόνο. Μία τεράστια αμμοθύελλα το 2011 (Εικ. 2) κάλυψε περιοχές, όχι μόνο στην ανατολική Κίνα, αλλά και στη δυτική Βόρεια Αμερική.

Παράρτημα 1: Το Ιστορικό Dust Bowl (Michael Begon, Robert W. Howarth, Colin R. Townsend – Οικολογία και Βιοποικιλότητα, Εκδόσεις Utopia, 2015)



Εικόνα 1: Αμμοθύελλα στις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, τη δεκαετία του 1930 (Michael Begon, Robert W. Howarth, Colin R. Townsend – Οικολογία και Βιοποικιλότητα, Εκδόσεις Utopia, 2015)



Εικόνα 2: Αμμοθύελλα στην Κίνα το 2011 (Michael Begon, Robert W. Howarth, Colin R. Townsend – Οικολογία και Βιοποικιλότητα, Εκδόσεις Utopia, 2015)

Ως απάντηση, αναπτύχθηκε νέος γεωργικός εξοπλισμός στη Βόρεια Αμερική, που αποσυμπίεζε το έδαφος, χωρίς να το αναμοχλεύει και ήλεγχε τα ζιζάνια, κάτι το οποίο επέτρεπε στα υπολείμματα της καλλιέργειας να παραμένουν στην επιφάνεια. Αυτή η μέθοδος επεκτάθηκε σε όλες τις ξηρές περιοχές των ΗΠΑ. Εκτός από την καταπολέμηση της εδαφικής αποσάθρωσης, κατάφερε να διατηρήσει και την υγρασία του εδάφους.

Μέσα στα επόμενα χρόνια, όλα τα παραπάνω, οδήγησαν στη δημιουργία ερευνητικών ομάδων, σε πληθώρα αμερικανικών πανεπιστημίων, αφοσιωμένων στη Γεωργία Διατήρησης (Hill et al., 1994). Τη δεκαετία του 1940, η εντατική έρευνα άρχισε να αποδίδει καρπούς. Συγκεκριμένα, το 1946, κατασκευάστηκε το πρώτο **τρυπάνι σποράς, για κατεργασία χωρίς άροση**, στο πανεπιστήμιο Purdue. Το 1950, ο πτυχωτός δίσκος κοπής παρουσιάστηκε, μαζί με τις εφαρμογές με atrazine και paraquat. Στα '60s, η μη-κατεργασία του εδάφους εμφανίστηκε ως μια βιώσιμη τεχνική (McKibben, 1968).

Στις βόρειες χώρες της Ευρώπης, οι αρνητικές επιδράσεις της υπερβολικής εδαφικής κατεργασίας, ιδιαίτερα σε υγρά εδάφη, σε συνδυασμό με τη μείωση του αγροτικού πληθυσμού και την αύξηση του κόστους των μηχανών, οδήγησε πολλούς ερευνητές να σκεφτούν την ελαχιστοποίηση (Baeumer, 1970). Μια λύση που οι απαραίτητες τεχνικές απαιτούσαν λιγότερο κόπο στην κατεργασία. Όμως δίχως τα κατάλληλα ζιζανιοκτόνα, τα ζιζάνια αποτέλεσαν περιοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη αυτού του συστήματος καλλιέργειας (Allen, 1981). Το

πρόβλημα επιλύθηκε με εμφάνιση των ζιζανιοκτόνων paraquat και diquat, στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Με αυτά τα προϊόντα, δεν ήταν απαραίτητη η άροση του εδάφους, για τον έλεγχο των ζιζανίων, καθώς εξαλείφονταν ολοκληρωτικά, χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στις καλλιέργειες. Έτσι, κατέστη εφικτή η αντικατάσταση των εργασιών, από το χημικό έλεγχο των ζιζανίων (Hood et al., 1963; Boon, 1965). Τρόπον τινά, η τεχνική της ακατεργασίας του εδάφους κατάφερε να ανθίσει.

Με τον όρο **ακατεργασία ή αλλιώς μηδενική άροση** νοείται η μη όχληση του εδάφους. Η σπορά πραγματοποιείται με ειδικές μηχανές, απευθείας κάτω από τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας. Οι μηχανές αυτές πραγματοποιούν και μια ελαφριά αναμόχλευση του εδάφους σε λωρίδες πλάτους 2-7 cm κατά μήκος των γραμμών, όσο δηλαδή χρειάζεται για την τοποθέτηση του σπόρου και την κάλυψη του. Ταυτόχρονα, η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται αποκλειστικά με τη χρήση ζιζανιοκτόνων. Πέραν όμως των πλεονεκτημάτων που προσέφερε, οι αγρότες ήταν ιδιαίτερα σκεπτικοί απέναντι στη μη-κατεργασία, αφήνοντας αυτές τις νέες πρακτικές σε ένα επίπεδο έρευνας. Μονάχα, στα μέσα του 1960, τα αγρονομικά και οικονομικά οφέλη αυτών των νέων τεχνικών άρχισαν να αναγνωρίζονται από πολλούς παραγωγούς (Moody et al., 1961).

Εκτός των προαναφερθέντων αγρονομικών-οικονομικών χαρακτηριστικών, αξίζει να αναφερθεί και η κοινωνική/οικολογική διάσταση που παίρνει τα τελευταία χρόνια η ανάγκη υιοθέτησης της Γεωργίας Διατήρησης. Ήδη από τη δεκαετία του 1980, η ανάγκη για βελτίωση των αγρο-οικοσυστημάτων και του ελέγχου του ρυθμού της κατανάλωσης των πόρων, μετουσιώθηκε σε κοινωνική αφύπνιση και αποτέλεσε την κινητήριο δύναμη για περαιτέρω έρευνα και εξέλιξη (Mermut and Eswaran, 2001). Το στοίχημα της βιωσιμότητας των αγρο-οικοσυστημάτων έχει γίνει εντονότερο τα τελευταία έτη, με την απότομη αύξηση του κόστους των τροφίμων και της ενέργειας, την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας, την κλιματική αλλαγή και την έλλειψη νερού, την οικονομική κρίση και την αύξηση του πληθυσμού. Όμως, όπως αναφέρεται σε διάφορα άρθρα και έρευνες (π.χ., Nolan et al. 2008), κάποια αγροτικά συστήματα προωθούνται ακόμη, παρά το υψηλό περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό κόστος. Η αγροτική ανάπτυξη, με τον τρόπο που εφαρμόζεται σε πολλά σημεία του πλανήτη, θεωρείται ανεπαρκής, αδυνατώντας να αποδώσει ένα βιώσιμο αποτέλεσμα, το οποίο θα συμβαδίζει με τις μελλοντικές ανάγκες (Shanxson, 2006). Σε αντίθεση με αυτό, η Γεωργία

Διατήρησης είναι το ζωντανό παράδειγμα θεαματικών αλλαγών, στο κομμάτι της εδαφικής διαχείρισης και πλέον εφαρμόζεται σε μια έκταση, περίπου, 160 εκατομμυρίων εκταρίων, σύμφωνα με τον FAO, 2021.

1.7.2 Οι αρχές και τα πλεονεκτήματα της Γεωργίας Διατήρησης

Η γεωργία Διατήρησης συνιστά μια από τα πιο μελετημένες και ανεπτυγμένες μεθόδους παραγωγής στον κόσμο (Lichtfouse et al., 2010). Οι γενικές αρχές της συνοψίζονται ως εξής (βλ. και Εικόνα 11):



Εικόνα 3: Γενικές αρχές της Γεωργίας Διατήρησης (Πηγή: Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe 2019)

- **Ελάχιστη διατάραξη εδάφους.** Στην πράξη, αυτό μεταφράζεται με τον όρο: ακατεργασία. Τουλάχιστον το 30% του εδάφους πρέπει να καλύπτεται μετά τη σπορά, για να προστατευτεί αποτελεσματικά από τη διάβρωση. Ωστόσο, συνίσταται η κάλυψη του εδάφους να αγγίζει το 60%, ώστε να υπάρχει σχεδόν ολοκληρωτικός έλεγχος στις διεργασίες αποδόμησης του εδάφους,
- **Μόνιμη κάλυψη εδάφους.** Αυτό επιτυγχάνεται με τη διατήρηση των υπολειμμάτων σε αροτραίες καλλιέργειες ή διατήρηση των καλυμμάτων μεταξύ των σειρών των δένδρων, στις μόνιμες καλλιέργειες. Με αυτόν τον τρόπο, η οργανική ύλη του εδάφους και η διεύδυση νερού στο έδαφος αυξάνεται, τα ζιζάνια αναστέλλονται και η εξάτμιση του νερού από το έδαφος είναι περιορισμένη.

- **Εναλλαγές ή διαφοροποίηση καλλιεργειών σε ετήσιες καλλιέργειες.** Με αυτόν τον τρόπο, τα παράσιτα και οι ασθένειες ελέγχονται ευκολότερα, με το σπάσιμο των κύκλων, που διατηρούνται σε μονοκαλλιέργειες, εκτός από εκείνες που μπορούν να βελτιώσουν τη φυσική γονιμότητα του εδάφους και τη βιοποικιλότητα.

Η Γεωργία Διατήρησης, μπορεί συνοπτικά να οριστεί ως ένα βιώσιμο γεωργικό σύστημα, που περιλαμβάνει ένα σετ αγρονομικών πρακτικών, προσαρμοσμένων στην κάθε καλλιέργεια και στις τοπικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής, χωρίς να υποβαθμίζει τα επίπεδα παραγωγικότητας των αγρών.

Οι θετικές επιδράσεις της Γεωργίας Διατήρησης στο περιβάλλον έχουν μελετηθεί εδώ και δεκαετίες από τους επιστήμονες και αφορούν τη αποφυγή της διάβρωσης (McGregor et al., 1990), την βελτιωμένη χρήση του νερού (Blanco-Canqui and Lal, 2007) και την ποιότητα του (Jordan and Hutcheon, 1997), τα πλεονεκτήματα της αύξησης της βιοποικιλότητας (Valera-Hernandez et al., 1997) και τη συνεισφορά στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Lal, 2005; Gonzalez-Sanchez et al., 2012; Carbonell-Bojollo et al., 2011). Υπάρχουν, επίσης, μελέτες πάνω στην οικονομικό-παραγωγική βιωσιμότητα (Carlo-Martinez et al., 2003; Van den Putte et al., 2010) και στην ανάγκη ανατροπής του ισχύοντος μοντέλου παραγωγής, εξαιτίας των προβλημάτων που προκαλούνται από την υποβάθμιση του εδάφους (Bakker et al., 2007; Van-Camp, 2004). Όπως υποστηρίζεται συνοπτικά στις παραπάνω έρευνες η εφαρμογή των αρχών της Γεωργίας Διατήρησης έχει ως μακροπρόθεσμα αποτελέσματα την επίτευξη οικονομικών οφελών για το γεωργό, τη βελτίωση των φυσικών πόρων (αέρας, νερό, έδαφος), ενώ παράλληλα στοχεύει και σε κοινωνικά οφέλη, όπως η διατήρηση των θέσεων εργασίας, άρα η ενίσχυση του πληθυσμού των αγροτικών περιοχών.

Τα μεγάλα οφέλη των καλλιεργειών χάρη στη Γεωργία διατήρησης βασίζονται εν πολλοίς στη μόνιμη εδαφική κάλυψη. Συγκεκριμένα, 30% με 60% κάλυψης μπορεί να μειώσει θεαματικά τις εδαφικές απώλειες. Αυτό επικυρώνει τη θεωρία πως τουλάχιστον το 30% πρέπει να μείνει καλυμμένο καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου. Η πιο αντιπροσωπευτική πρακτική της Γεωργίας Διατήρησης στις ετήσιες καλλιέργειες είναι η ακατεργασία, που εφαρμόζεται κυρίως στα χειμερινά δημητριακά (σιτάρι και κριθάρι), στα ανοιξιάτικα (καλαμπόκι), στα όσπρια (φασόλι, βίκος) και στα ελαιούχα (ηλίανθος). Από την άλλη, όσον αφορά τα πολυετή φυτά, η πρακτική είναι η εδαφοκάλυψη, δίνοντας έμφαση στη φύτευση ελιών, εσπεριδοειδών και αμυγδαλιών. Τα

παραπάνω πλεονεκτήματα της Γεωργίας Διατήρησης έχουν ως αποτέλεσμα την αποδοχή της από τους παραγωγούς σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως αντικατοπτρίζεται από την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, καθώς από 45 εκατομμύρια εκτάρια το 1999 φτάσαμε στα 157 εκατομμύρια το 2016 (FAO, 2016).

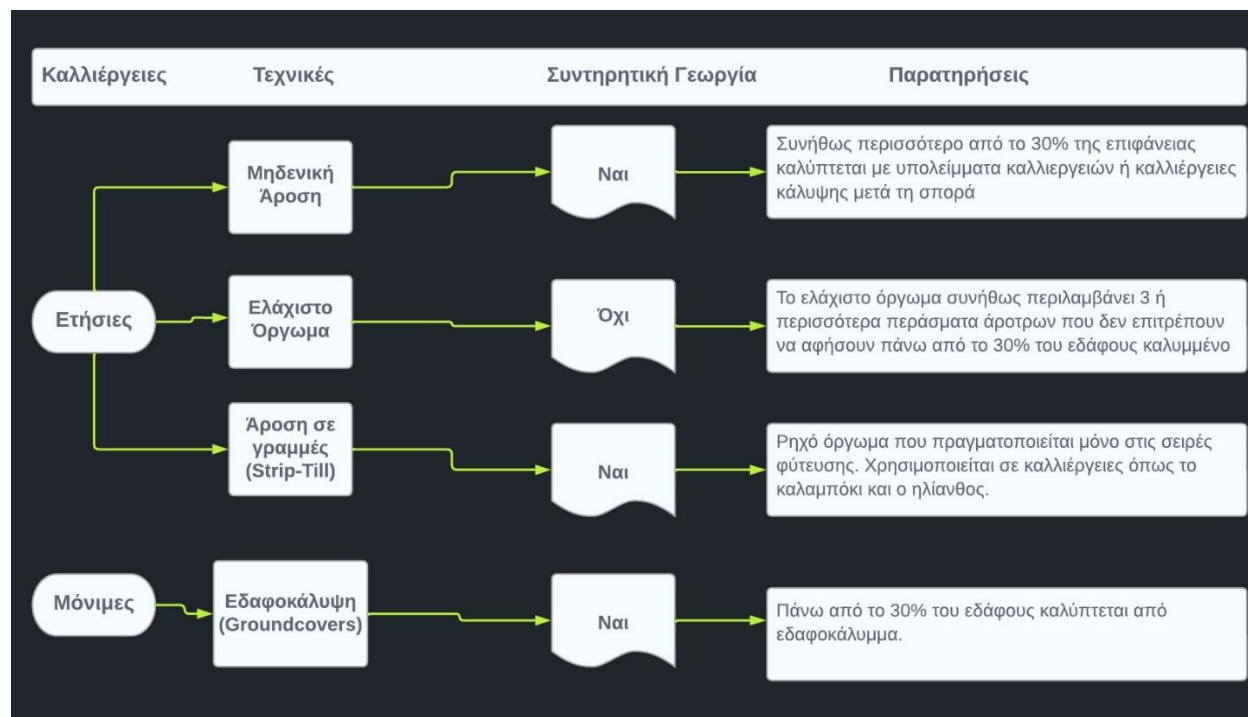
1.7.3 Ποιες τεχνικές δε συμπεριλαμβάνονται στη Γεωργία Διατήρησης

Μιας και οι τεχνικές που χαρακτηρίζουν τη Γεωργία Διατήρησης αποσκοπούν στη διατήρηση της μόνιμης κάλυψης του εδάφους, που μειώνει τη διάβρωση και αυξάνει την οργανική του ύλη, είναι απαραίτητο να αποφεύγεται οποιαδήποτε καλλιεργητική τεχνική είναι βασισμένη στο όργωμα, για την προετοιμασία της σποροκλίνης. Συνεπώς, κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζουμε ποιες πρακτικές ανταποκρίνονται και συμπεριλαμβάνονται στο πλάνο και στις προϋποθέσεις της Γεωργίας Διατήρησης και ποιες οφείλουμε να αποφεύγουμε. Αυτά συνοψίζονται στο Διάγραμμα

6

που

ακολουθεί.



Διάγραμμα 6: Πρακτικές και Προϋποθέσεις για την εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης [Πηγή: European Conservation Agriculture Federation (ECAAF 2019)]

1.7.4 Η Ευρώπη ενστερνίζεται την αναγκαιότητα εφαρμογής της Γεωργίας Διατήρησης

Η εφαρμογή των πρακτικών της Γεωργίας Διατήρησης στην Ευρώπη αγγίζει περίπου το 3.5% των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη εφαρμογή είναι, η Φινλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ρουμανία, η Ισπανία, η Ιταλία, η Γαλλία, η Πολωνία, η Γερμανία (Πίνακας 2).

Χώρα	Έκταση Χωρίς Άροση (ha)	Πηγή	Ετήσιες Καλλιέργειες στην Περιοχή (ha)	Πηγή	Ποσοστό (%)
Γαλλία	300,000	ECAF, 2017	17,166,990	Eurostat, 2013	1.75%
Γερμανία	146,300	ECAF, 2017	10,904,310	Eurostat, 2013	1.34%
Ηνωμένο Βασίλειο	362,000	ECAF, 2017	4,376,000	Eurostat, 2013	8.27%
Ιταλία	283,293	ECAF, 2017	5,992,540	Eurostat, 2013	4.74%
Ισπανία	619,373	ECAF, 2017	7,998,655	MAPAMA, 2015	7.74%
Πολωνία	403,180	Eurostat, 2010	9,518,930	Eurostat, 2013	4.24%
Ρουμανία	583,820	Eurostat, 2010	7,295,660	Eurostat, 2013	8.00%
Φινλανδία	200,000	ECAF, 2017	1,912,710	DEFRA, 2016	10.46%

Πίνακας 2: Εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και σύγκριση με τη έκταση όπου καλλιεργούνται ετήσια φυτά.

Όσον αφορά την Ελλάδα τα δεδομένα είναι τα εξής (Πίνακας 4):

Χώρα	Έκταση Χωρίς Άροση (ha)	Πηγή	Ετήσιες Καλλιέργειες στην Περιοχή (ha)	Πηγή	Ποσοστό (%)
Ελλάδα	7	ECAF, 2017	1,600,950	Eurostat, 2013	0,00

Πίνακας 3: Εφαρμογή της Γεωργίας Διατήρησης στην Ελλάδα και σύγκριση με την έκταση όπου καλλιεργούνται ετήσια φυτά

Παρόλο που η μηχανική διαχείριση του εδάφους μετρά μόλις 70 χρόνια ζωής, στη Γηραιά Ήπειρο, σήμερα κρίνεται μη βιώσιμη. Εξαιτίας της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου (GHG – GreenHouse Gases) και της μη συνεισφοράς στη διατήρηση και τη βελτίωση των φυσικών πηγών, όπως το νερό, ο αέρας και το έδαφος. Μία από τις συνέπειες της διαχείρισης των συστημάτων βασισμένων στην άροση είναι η μείωση του οργανικού άνθρακα. Ο οργανικός άνθρακας συνιστά δομικό στοιχείο της οργανικής ύλης και είναι ευρέως αποδεκτός ως δείκτης της ποιότητας του εδάφους (Podmanicky et al., 2011), μιας και αποτελεί θεμέλιο λίθο όλων των εδαφικών διεργασιών, βελτιώνοντας τη δομή, τη γονιμότητα και την ικανότητα συγκράτησης νερού.

Οι λόγοι της μείωσης του οργανικού άνθρακα είναι:

- Η μικρή εισαγωγή οργανικής ύλης με τη μορφή υπολειμμάτων.
- Οι υψηλότεροι ρυθμοί ανοργανοποίησης του χούμου, που προκαλούνται από το όργωμα. Η άροση διευκολύνει τη διείσδυση του αέρα εντός του εδάφους κι έτσι, η αποδόμηση του, μια διεργασία που περιλαμβάνει σειρά οξειδώσεων, παράγοντας CO₂ ως κύριο υπό-προϊόν. Ένα μέρος του εγκλωβίζεται στο πορώδες του εδάφους, ενώ άλλα τμήματα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, μέσω μηχανισμών διάχυσης, μεταξύ των ζωνών του εδάφους, με διαφορετική συγκέντρωση.
- Το υψηλό ποσοστό διάβρωσης του εδάφους, που προκαλεί μεγάλες απώλειες οργανικής ύλης και μεταλλικών στοιχείων. Στη συμβατική γεωργία, η προετοιμασία του εδάφους για τη σπορά αφήνει εκτεθειμένο το έδαφος σε διαβρωτικούς παράγοντες για μεγάλο χρονικό διάστημα.

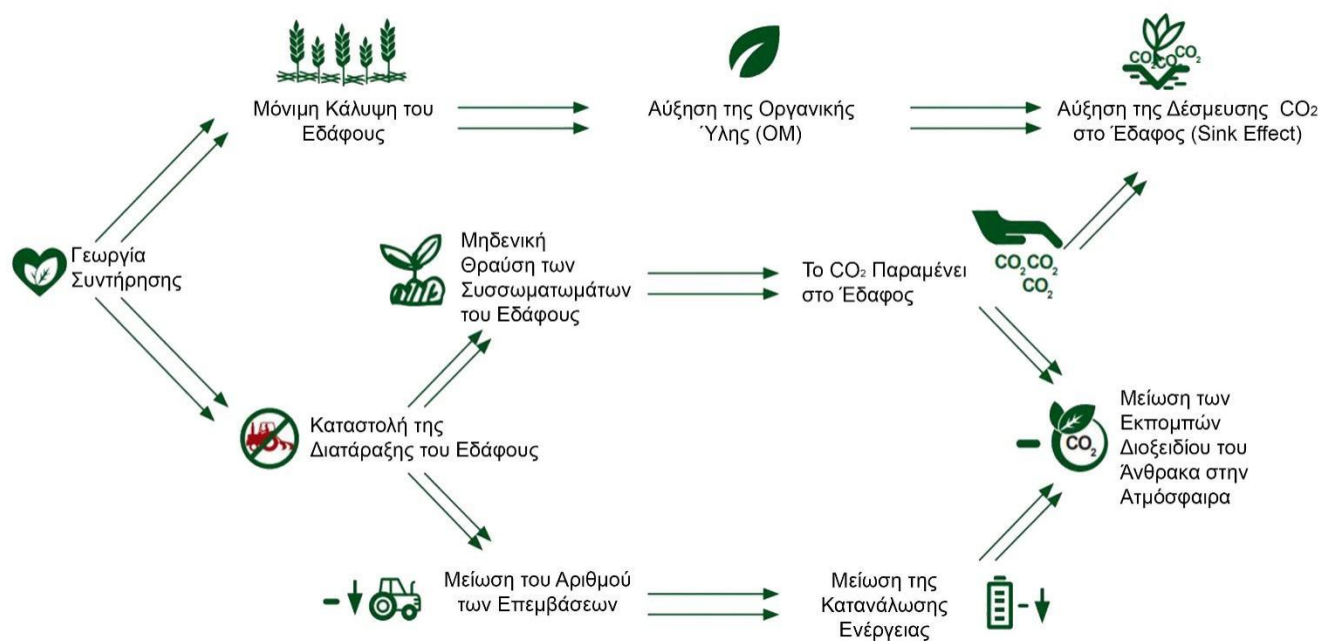
Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω πολλοί συμφωνούν πως η διατάραξη του εδάφους εξαιτίας της άροσης αποτελεί έναν από τους βασικότερους λόγους της μείωσης του οργανικού άνθρακα στο έδαφος (Balesdent et al., Six et al., 2004; Olson et al., 2005). Ο Reicosky (2011), υποστηρίζει πως η εντατική γεωργία έχει συνεισφέρει στην απώλεια περίπου 30-50% του οργανικού άνθρακα του εδάφους τις τελευταίες δυο δεκαετίες του 20ου αιώνα, ενώ ο Kinsella (1995) εικάζει πως μέσα σε 10 χρόνια άροσης, το 30% της οργανικής ύλης χάθηκε.

Ακόμη μια σοβαρή συνέπεια της εντατικής εδαφικής επεξεργασίας είναι οι υψηλές εκπομπές CO₂. Η άροση έχει άμεση επίδραση στις εδαφικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα τόσο βραχυπρόθεσμα (αμέσως μετά το όργωμα) όσο και πιο μακροπρόθεσμα (κατά τη διάρκεια της

καλλιεργητικής περιόδου). Ωθεί σε παραγωγή και συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα στην πορώδη δομή, μέσω της ανοργανοποίησης της οργανικής ύλης. Η μηχανοποίηση της άρωσης περιλαμβάνει διάσπαση των εδαφικών συσσωματωμάτων, πράγμα που συνεπάγεται την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα, που βρίσκεται εγκλωβισμένο στο έδαφος και το οποίο κατά συνέπεια διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Από την άλλη πλευρά, διάφορες γεωργικές πρακτικές (όργωμα, εφαρμογή λιπασμάτων και οι εδαφικές βελτιώσεις, η άρδευση, τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα κ.α..) χρειάζονται ορυκτά καύσιμα, κυρίως diesel, για να πραγματοποιηθούν, πράγμα που συνεπάγεται αναπόφευκτες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Συνεπώς, η συμβατική καλλιέργεια ισοδυναμεί με μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων συγκριτικά με τη Γεωργία Διατήρησης και οδηγεί σαφώς σε μεγαλύτερη ατμοσφαιρική ρύπανση, εξαιτίας των εκπομπών διοξειδίου.

Ο μηχανισμός δράσης των τεχνικών της Γεωργίας Διατήρησης που οδηγεί στα προαναφερθέντα, συγκεκριμένα οφέλη σε επίπεδο παραγωγής, περιβάλλοντος και ενέργειας συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Μηχανισμοί της Γεωργίας Διατήρησης, που συνηγορούν στην διάσωση του περιβάλλοντος (Πηγή: González-Sánchez et al. 2017)

1.8 Σκοπός της πτυχιακής διατριβής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά τις προοπτικές της συντηρητικής γεωργίας, μιας σχετικά νέας αγρό-επιστήμης. Όπως ορίζεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO): « Η γεωργία συντήρησης είναι ένα γεωργικό σύστημα, που προωθεί τη διατήρηση της μόνιμης κάλυψης του εδάφους, την ελάχιστη διαταραχή του και τη διαφοροποίηση των φυτικών ειδών. Ενισχύει τη βιοποικιλότητα και τις φυσικές βιολογικές διεργασίες πάνω και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού και των θρεπτικών ουσιών και στη βελτιωμένη και διαρκή παραγωγή καλλιεργειών».

Για την εκπόνηση της παραχωρήθηκε πιλοτικός αγρός από την εταιρεία BARILLA A.E., η έκταση του οποίου “φιλοξένησε” σκληρό σιτάρι, που αποτέλεσε και το βασικό αντικείμενο μελέτης. Το χωράφι χωρίστηκε σε δυο τεμάχια, βάσει της προηγούμενης καλλιέργειας. Στο πρώτο είχε σπαρεί βαμβάκι (*Gossypium L.*) και στο δεύτερο κουκί (*Vicia faba*). Ο αγρός μοιράστηκε εκ νέου σε δυο υποτεμάχια, αναλόγως της καλλιεργητικής τεχνικής που χρησιμοποιήθηκε. Στο ένα από αυτά υιοθετήθηκαν οι συμβατικές μέθοδοι (όργωμα, κατεργασία εδάφους), ενώ στο άλλο εφαρμόστηκε η καλλιεργητική τεχνική της ακατεργασίας και η εφαρμογή του λογισμικού υποβοήθησης αποφάσεως (DSS) granoduro.net. Επιπλέον, κάθε ένα από τα πειραματικά τεμάχια, διαιρέθηκε σε 2 υποτεμάχια, αναλόγως την προηγούμενη καλλιέργεια. Στην περίπτωση που μελετήσαμε οι εναλλαγές καλλιεργειών ήταν μεταξύ του κουκιού (*V. faba*) και του βαμβακιού (*Gossypium L.*).

Στον πιλοτικό αυτό αγρό, πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις στα σιτηρά, σε βάθος τεσσάρων μηνών (30/03/21, 21/04/21, 19/05/21, 08/06/21), ενώ ακολούθησαν και εργαστηριακές, στο εργαστήριο Ζιζανιολογίας, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν τις εξής παραμέτρους:

(I) Εξέλιξη της φυτείας και καταγραφή των διάδοχων αναπτυξιακών σταδίων

(II) Μετρήσεις συγκέντρωσης φωτοσυνθετικών χρωστικών

(III) Αποδοτικότητα στη χρήση φωτός (Light Use Efficiency) ως ένα μέτρο της αποδοτικότητας της φωτοσύνθεσης

(IV) Ανάπτυξη στο μέσον της καλλιεργητικής περιόδου και μετά τη συγκομιδή:

- a. μέτρηση μήκους στελέχους (ύψος φυτού)
- b. Αριθμός σειρών σπόρων στο στάχυ
- c. Ξηρό βάρος στελέχους
- d. Βάρος σπόρων/στάχυ (μετά την εκκόκκιση)
- e. Βάρος 1000 σπόρων/μεταχείριση

Μετά το πέρας της καλλιέργειας, με τη συγκομιδή, πραγματοποιήθηκε ανάλυση των αποτελεσμάτων και αξιολόγηση των πρακτικών ως προς τη παραγωγή (ποσότητα, ποιότητα).

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Περιοχή μελέτης – Πειραματικό σχέδιο

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό αγρό έκτασης 93.8 στρεμμάτων στην περιοχή του Κιλελέρ (Λάρισα, Θεσσαλία) στη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου Νοέμβριος 2020 – Ιούνιος 2021. Ο αγρός που αποτέλεσε τον Πιλοτικό αγρό της εταιρείας Barilla A.E., χωρίστηκε αρχικά σε δυο τεμάχια. Ο διαχωρισμός αυτός έγινε με γνώμονα τις καλλιέργειες της προηγούμενης χρονιάς, που κάλυπταν όλη την έκταση. Στο πρώτο κομμάτι είχε καλλιεργηθεί βαμβάκι και στο δεύτερο κουκί. Κατόπιν, το χωράφι διαιρέθηκε εκ νέου και σπάρθηκε σκληρό σιτάρι (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), με τη χρήση δυο διαφορετικών μεθόδων, της συμβατικής τεχνικής και της ακατεργασίας.

Επομένως, οι μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκαν στο αγρό ήταν τέσσερεις, από τον συνδυασμό της προηγούμενης καλλιέργειας (κουκί ή βαμβάκι) και των καλλιεργητικών τεχνικών (συμβατική ή ακατεργασία):

- 1) Κουκί – συμβατική: CTb
- 2) Κουκί – ακατεργασία: NTb
- 3) Βαμβάκι – συμβατική: CTC
- 4) βαμβάκι – ακατεργασία: NTc

Οι κωδικοποιήσεις των μεταχειρίσεων παραπέμπουν σε: CT=conventional tillage NT=no-tillage b=bean c=cotton.

Σε κάθε μεταχείριση καθορίστηκαν και σηματοδοτήθηκαν 3 υποτεμάχια (plots), στα οποία πραγματοποιήθηκαν όλες οι μετρήσεις που αναλύονται παρακάτω, ως αντιπροσωπευτικό στατιστικά δείγμα της συνολικής επιφάνειας κάθε μεταχείρισης. Η χωροθέτηση των μεταχειρίσεων και των επαναλήψεων αυτών φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Προηγούμενη καλλιέργεια: Κουκί		Προηγούμενη καλλιέργεια: Βαμβάκι	
12	9	6	3
11	8	5	2
10	7	4	1
Συμβατική Καλλιέργεια	Ακαλλιέργεια	Ακαλλιέργεια	Συμβατική Καλλιέργεια

Σχήμα 1: Σχεδιάγραμμα Πιλοτικού Αγρού της Εταιρείας Barilla A.E.



Εικόνα 5: Πιλοτικός αγρός της εταιρείας Barilla A.E. - Ιούνιος 2021

2.2 Μετρήσεις πεδίου

Κατά τακτά χρονικά διαστήματα, από την έκπτυξη των αρτίβλαστων έως και την τελική συλλογή που προηγήθηκε κατά δύο μέρες του θερισμού, πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στην καλλιέργεια

και καταγραφές αναπτυξιακών χαρακτηριστικών αυτής, όπως ύψος φυτού, αριθμός φύλλων και ξηρή βιομάζα. Σε κάθε ημερομηνία συλλέγονταν 20 επαναλήψεις/plot/μεταχείριση, γίνονταν οι παραπάνω καταγραφές, ενώ για τον ξηρό ιστό τα φυτά παρέμεναν για 3 ημέρες στους 70°C.

Τις ίδιες ημέρες γίνονταν στην καλλιέργεια μετρήσεις φυσιολογικών παραμέτρων, όπως είναι ο δείκτης SPAD, που σχετίζεται με την συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών (a+b) στο φύλλο, και ο δείκτης PRI που σχετίζεται με την αποδοτικότητα χρήσης φωτός από την φωτοσυνθετική συσκευή. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε το όργανο SPAD (SPAD-502, Minolta Co Ltd) και έγιναν οι εξής καταγραφές σε κάθε φυτό: σε τρία σημεία κατά μήκος του φύλλου πραγματοποιούνταν τρεις μετρήσεις, μία στη βάση, μία στη μέση και μία στην άκρη του φύλλου. Αυτό συνέβαινε σε δύο φύλλα ανά φυτό: το νεαρότερο πλήρως εκπτυγμένο φύλλο και το αμέσως κάτω από αυτό ώριμο φύλλο (20 επαναλήψεις/plot/μεταχείριση). Η ίδια επαναληψιμότητα διατηρήθηκε και στις μετρήσεις του δείκτη PRI με το όργανο Fluorpen (FluorPen FP 110/S, PSI, Brno, Czech Republic).

Ο μετρητής χλωροφύλλης SPAD αποτελεί μια απλή, φορητή, διαγνωστική και μη καταστροφική συσκευή μικρού βάρους, που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη (Minolta, 1989). Το εργαλείο SPAD παρέχει εξοικονόμηση χρόνου και πόρων (Netto et al., 2005) και προσφέρει μια νέα στρατηγική για την εφαρμογή αζώτου (N) σε ποσότητα ανάλογη με την ανάγκη της καλλιέργειας (Babu et al., 2000).



Εικόνα 6: SPAD-502, Minolta Co Ltd

2.3 Μετρήσεις κατά την τελική συλλογή

Κατά την τελική συλλογή των φυτών καταγράφηκε το μήκος και το ξηρό βάρος του στάχυ και του στελέχους (μετά από 3 ημέρες στους 70°C). Ακολούθησε η εξαγωγή των σπόρων και η μέτρηση του αριθμού των σπόρων/στάχυ, του ξηρού βάρους των σπόρων/στάχυ, ενώ υπολογίστηκε και το ευρέως χρησιμοποιούμενο μέγεθος του βάρους 1000 σπόρων για κάθε μεταχείριση.

2.4 Στατιστική ανάλυση

Ο έλεγχος της σημαντικότητας των διαφορών μεταξύ των μεταχειρίσεων των παραμέτρων που μετρήθηκαν πραγματοποιήθηκε με two-way ANOVA, με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου JASP v. 0.15. Οι παράγοντες που ελέγχθηκαν ήταν η τεχνική καλλιέργειας και η προηγούμενη καλλιέργεια καθώς και ο συνδυασμός/αλληλεπίδραση αυτών (τεχνική καλλιέργειας* προηγούμενη καλλιέργεια) και οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές καταγράφηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας $p < 0.05$.



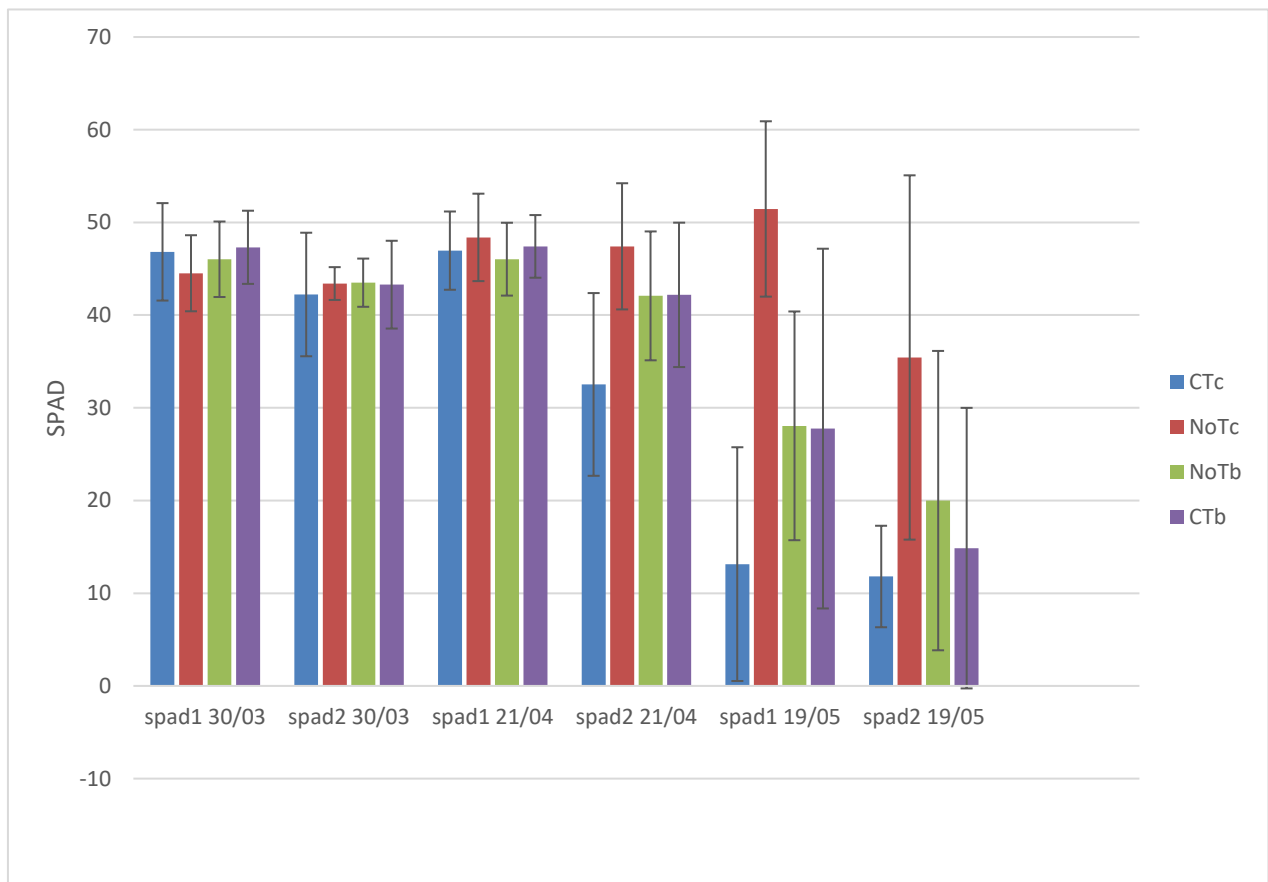
Εικόνα 7: Πιλοτικό Αγρός της εταιρείας Barilla A.E. - Απρίλιος 2021

3. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων όλων των παραμέτρων σε μορφή γραφημάτων μετά από στατιστική ανάλυση. Σκοπός είναι να μελετηθούν οι διαφορές μεταξύ των τεσσάρων μεταχειρίσεων, οι οποίες παρουσιάζονται στα υπομνήματα ως εξής:

- 1) Κουκί – συμβατική: CTb
- 2) Κουκί – ακατεργασία: NTb
- 3) Βαμβάκι – συμβατική: CTc
- 4) βαμβάκι – ακατεργασία: NTc

3.1 SPAD



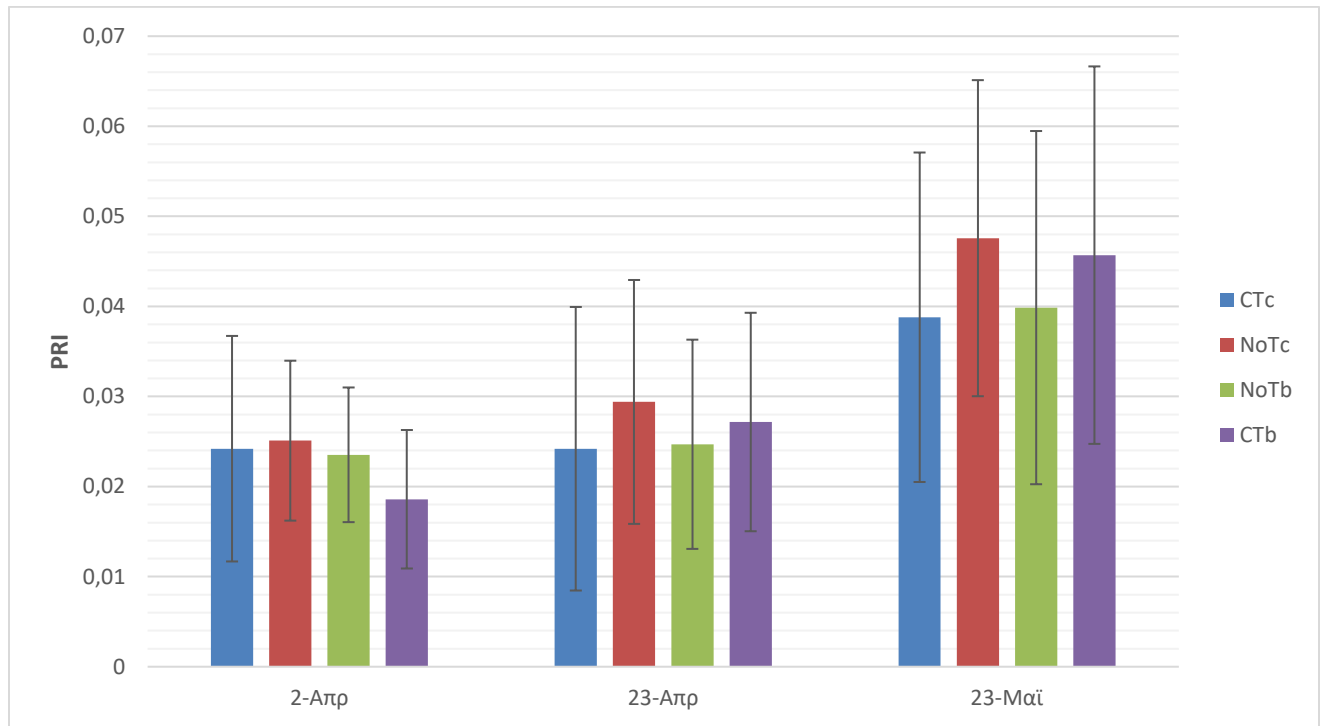
Διάγραμμα 7: Μετρήσεις του δείκτη SPAD, που σχετίζεται με την συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών (a+b) στο φύλλο, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (Μ.Ο. ± Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (30-Μαρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).

	sig				SPAD1 19/05	SPAD2 19/05
	SPAD1 30/03	SPAD2 30/03	SPAD1 21/04	SPAD2 21/04		
Καλλιεργητική τεχνική	*			*	*	*
Προηγούμενη καλλιέργεια						
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια				*	*	*

Πίνακας 4: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Ο δείκτης SPAD, κατά τη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 30 Μαρτίου, εμφανίζεται υψηλότερος στο πρώτο φύλλο των σιτηρών, στα οποία εφαρμόστηκε η τεχνική της συμβατικής καλλιέργειας, εν αντιθέσει με το δεύτερο φύλλο, που έλαβε μεγαλύτερες τιμές στα τεμάχια που δέχθηκαν ακατεργασία και δη στο NoTb. Παρόλα αυτά, οι αριθμητικές διαφορές φέρεται να είναι ελάχιστες. Εν συνεχεία, στις 21 Απριλίου, και τα δυο φύλλα παρουσιάζουν την υψηλότερη τιμή του δείκτη στην μεταχείριση NoTc, δηλαδή στην ακατεργασία με υπόλειμμα καλλιέργειας βάμβακος, τάση που συνεχίζεται και κατά την τελική μέτρηση, στις 19 Μαΐου.

3.2 PRI



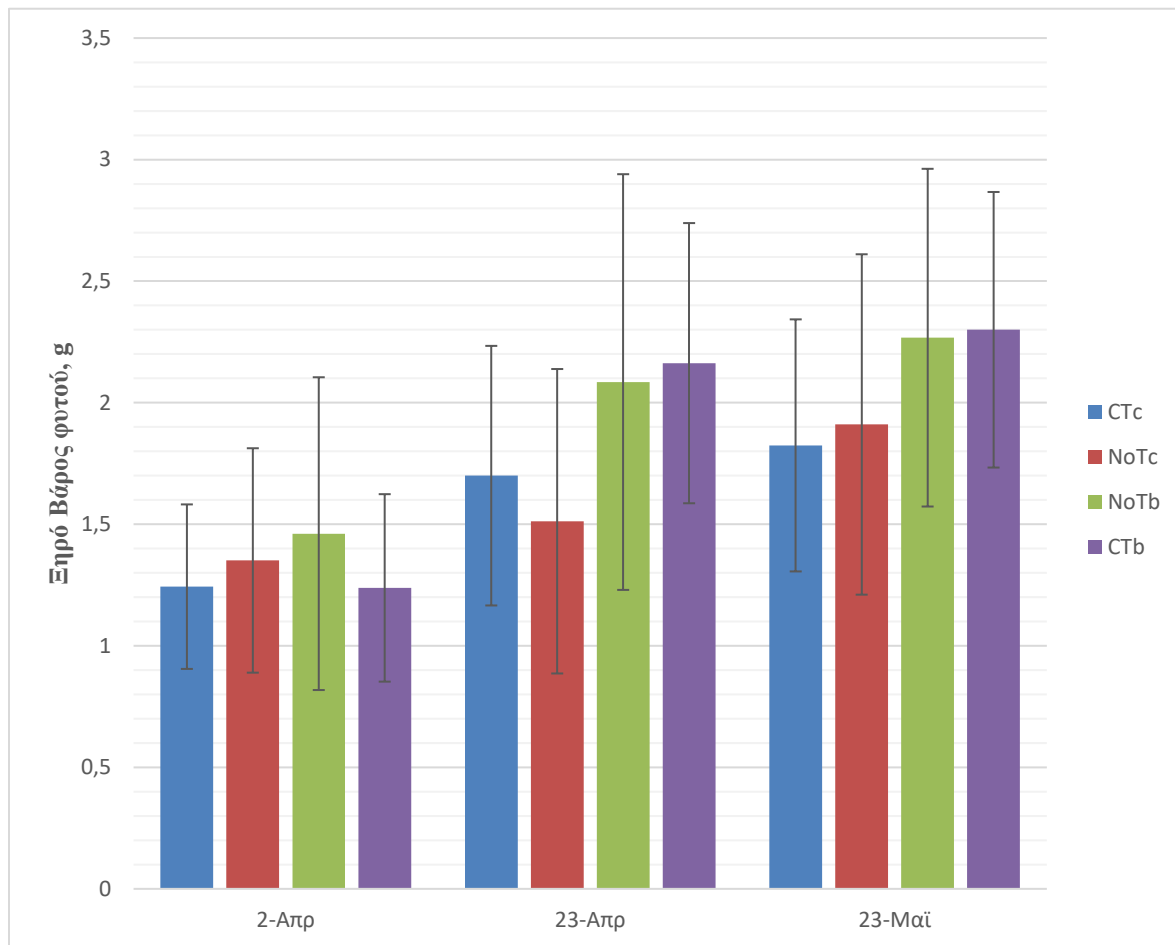
Διάγραμμα 8: Μετρήσεις του δείκτη PRI, που σχετίζεται με την αποδοτικότητα χρήσης φωτός από την φωτοσυνθετική συσκευή, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (Μ.Ο. ± Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).

	sig		
	2-Απρ	23-Απρ	23-Μαϊ
Καλλιεργητική τεχνική			
Προηγούμενη καλλιέργεια	*		
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια			*

Πίνακας 5: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε τα αποτελέσματα για το PRI, για τις μετρήσεις που πάρθηκαν σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες. Σημαντική είναι η διαφορά που εμφανίζεται κατά την τελευταία μέτρηση όπου καταγράφεται και μία στατιστικώς σημαντική αλληλεπίδραση της καλλιεργητικής τεχνικής και της προηγούμενης καλλιέργειας

3.3 Ξηρό Βάρος Φυτού



Διάγραμμα 9: Μετρήσεις Ξηρού Βάρους Σκληρού Σίτου για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μ.Ο. $\pm$ Sd), σε διάστημα περίπου τριών μηνών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαϊ).

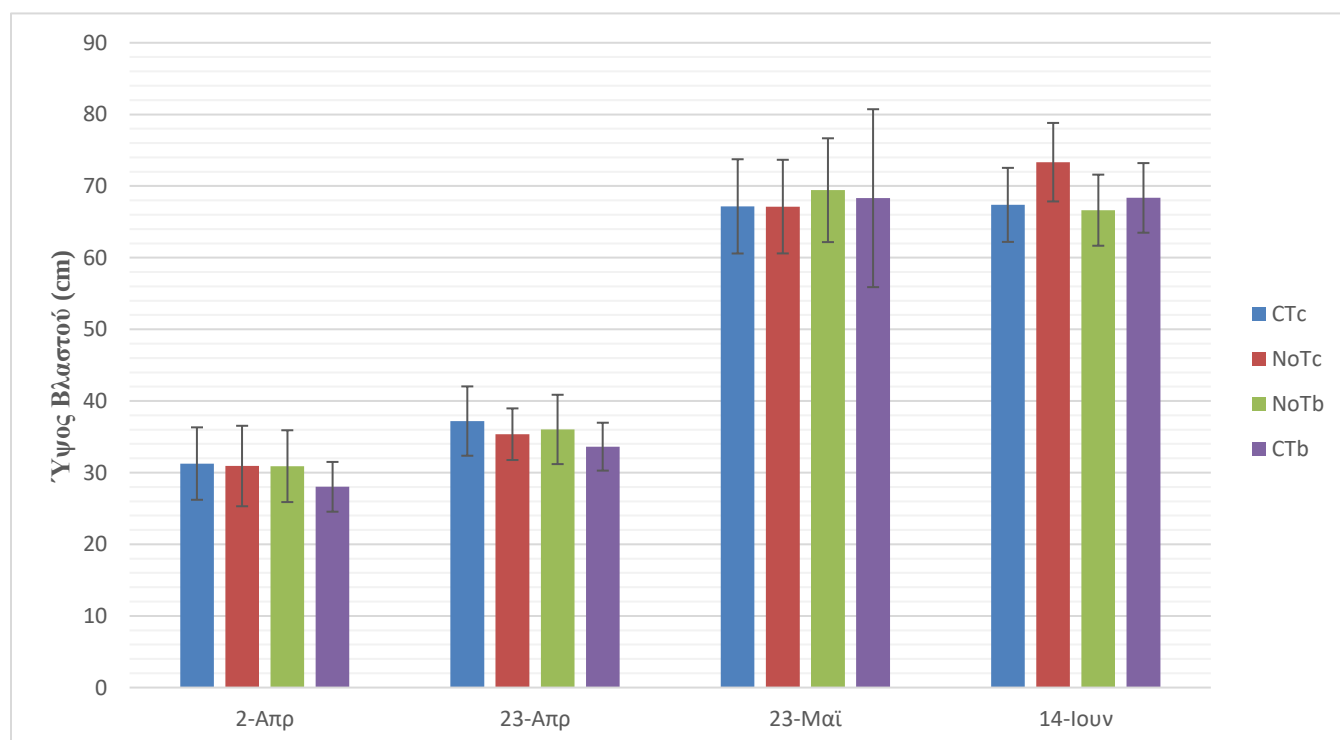
	sig		
	2-Απρ	23-Απρ	23-Μαϊ
Καλλιεργητική τεχνική			
Προηγούμενη καλλιέργεια		*	*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια			

Πίνακας 6: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες (2-Απριλίου, 23-Απριλίου και 23-Μαΐου) και σύμφωνα με τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στο άνωθεν διάγραμμα παρατηρείται πως στις 02/03 την υψηλότερη τιμή εμφανίζει η NoTb, δηλ η τεχνική της

ακατεργασίας σε συνδυασμό με υπόλειμμα καλλιέργειας *V. faba*, δίχως να υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές. Κατά την αμέσως επόμενη μέτρηση, στις 23/04, παρατηρείται αύξηση των ξηρών βαρών και δη στις μεταχειρίσεις με προηγούμενη καλλιέργεια το κουκί, με τη συμβατική καλλιέργεια να λαμβάνει τη μεγαλύτερη τιμή (CTc). Τέλος, στις 23 Μαΐου, τελική ημερομηνία μετρήσεων, η τεχνική CTc (Συμβατική καλλιέργεια με Υπόλειμμα καλλιέργειας *V. faba*) συνέχισε να διατηρεί την υψηλότερη μέση τιμή, σε σχέση με τις υπόλοιπες.

3.4 Ύψος Βλαστού



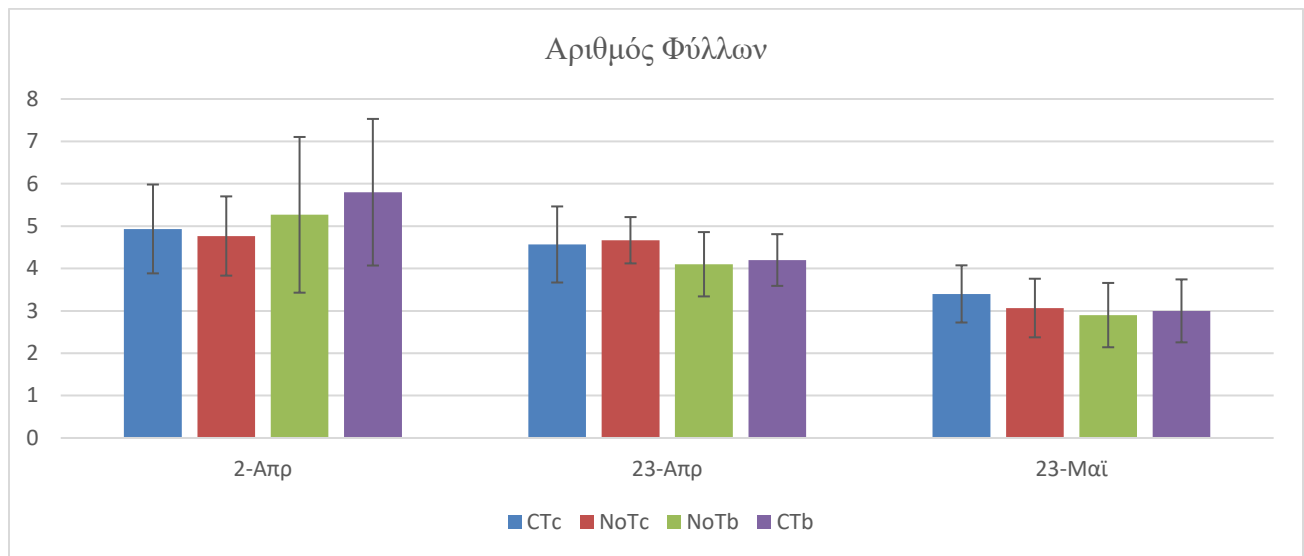
Διάγραμμα 10: Μετρήσεις του ύψους του βλαστού, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (Μ.Ο. $\pm$ Sd), κατά το διάστημα τεσσάρων διαφορετικών ημερομηνιών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου, 14-Ιουν).

	sig			
	2-Απρ	23-Απρ	23-Μαΐ	14-Ιουν
Καλλιεργητική τεχνική				*
Προηγούμενη καλλιέργεια				*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια		*		*

Πίνακας 7: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Για το ύψος βλαστού, οι μετρήσεις πάρθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές ημερομηνίες. Αυτό που κυρίως καταγράφεται στο Διάγραμμα 12 είναι η αύξηση του ύψους του φυτού καθώς προχωρά η αναπτυξιακή περίοδος. Φαίνεται ότι το φυτό έχει φτάσει στο τελικό του ύψος ήδη από τις 23 Μαΐου. Καμία αξιόλογη επίδραση των μεταχειρίσεων δεν καταγράφηκε στην παράμετρο που ύψους των φυτών στις μετρήσεις πριν την τελική συλλογή. Εντούτοις, στις 14 Ιουνίου, δηλαδή στις τελικές μετρήσεις των φυτών υπήρξε στατιστικώς σημαντική επίδραση της καλλιεργητικής τεχνικής, της προηγούμενης καλλιέργειας και της αλληλεπίδρασής τους.

3.5 Αριθμός Φύλλων



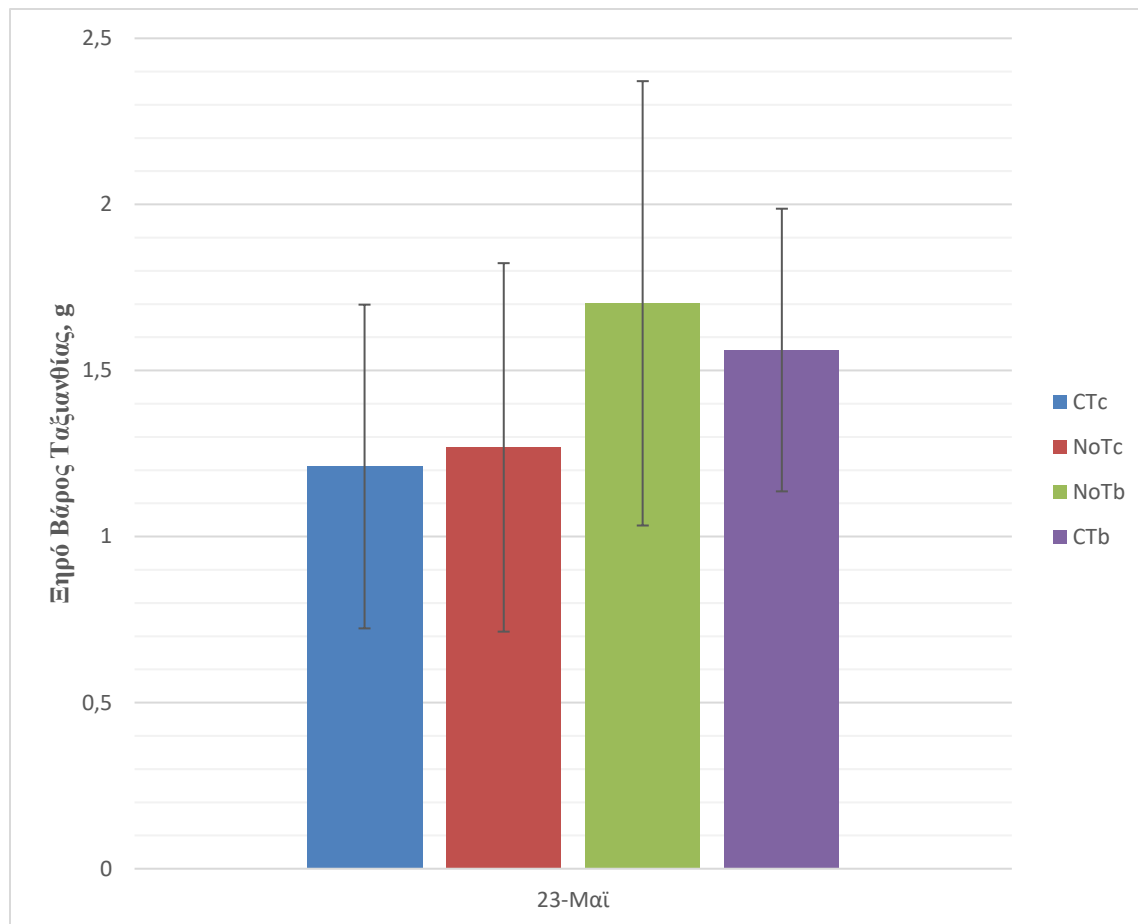
Διάγραμμα 11: Μετρήσεις αριθμού φύλλων,, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (Μ.Ο. ± Sd), κατά το διάστημα τριών διαφορετικών ημερομηνιών (2-Απρ, 23-Απρ, 23-Μαΐου).

	sig		
	2-Απρ	23-Απρ	23-Μαϊ
Καλλιεργητική τεχνική			
Προηγούμενη καλλιέργεια	*	*	*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια			

Πίνακας 7: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Στο Διάγραμμα 15 παρουσιάζονται οι μετρήσεις του αριθμού φύλλων, με μετρήσεις που πάρθηκαν σε τρεις διαφορετικές ημερομηνίες. Η προηγούμενη καλλιέργεια φαίνεται ότι καθορίζει το πρότυπο των διαφορών, με το κουκί να υπερτερεί στις πρώτες δύο μετρήσεις, αλλά στη συνέχεια να υπολείπεται των μεταχειρίσεων που περιλαμβάνουν βαμβάκι.

3.6 Ξηρό Βάρος Ταξιανθίας



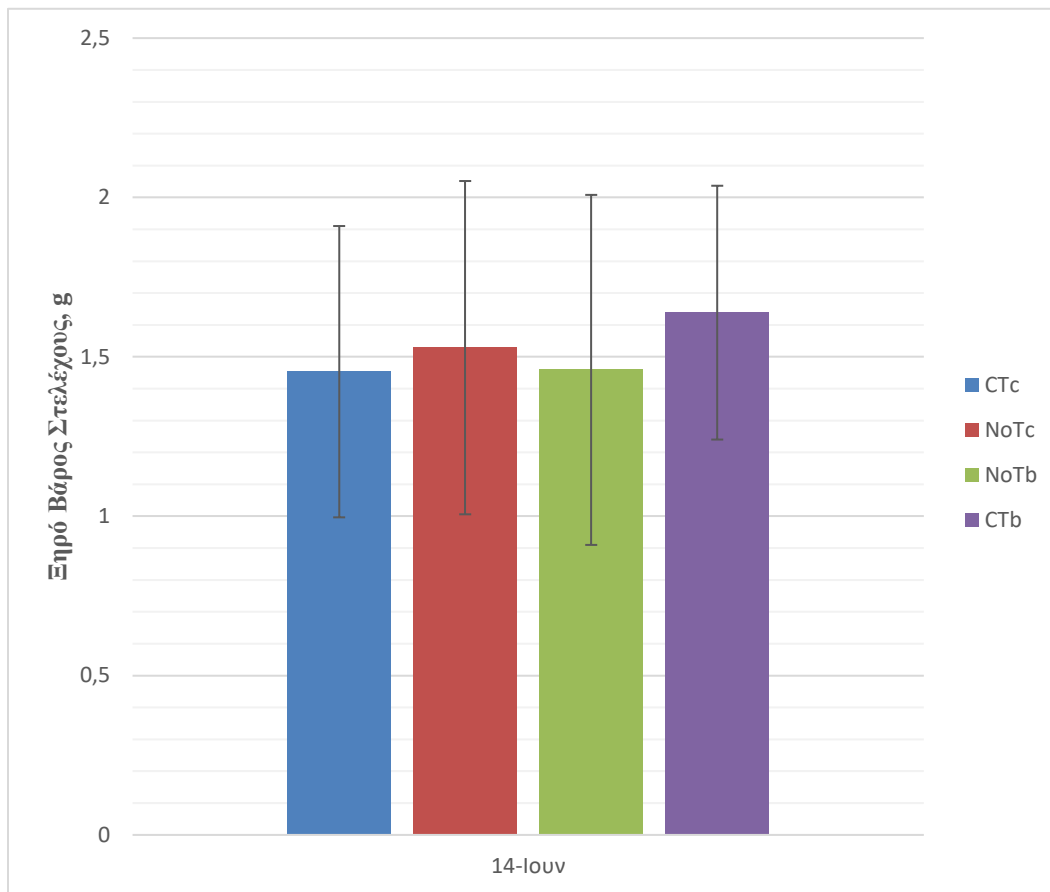
Διάγραμμα 12: Μετρήσεις Ξηρού Βάρους Ταξιανθίας για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μ.Ο. $\pm$ Sd), λίγο πριν την τελική συγκομιδή, στις 23 Μαΐου

	sig
	23-Μαΐ
Καλλιεργητική τεχνική	
Προηγούμενη καλλιέργεια	
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 8: Εμφάνιση στατιστικώς σημαντικών διαφορών ($p < 0.05$). Ο αστερίσκος (*) δεν εμφανίζεται στον πίνακα, συνεπώς δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές.

Το ξηρό βάρος της ταξιανθίας δεν παρουσίασε σημαντικές στατιστικές διαφορές κατά τη μέτρηση των δειγμάτων, λίγο πριν την τελική συγκομιδή. Αυξημένη εμφανίζεται η ποσοτική μεταβλητή NoTb (Ακατεργασία- Προηγούμενη Καλλιέργεια Κουκί), με μέση τιμή $\bar{x} = 1.70$, που λαμβάνει την υψηλότερη τιμή. Επιπλέον, τα αποτελέσματα δεν εμφάνισαν κάποια σημαντική στατιστική διαφορά.

3.7 Ξηρό Βάρος Στελέχους



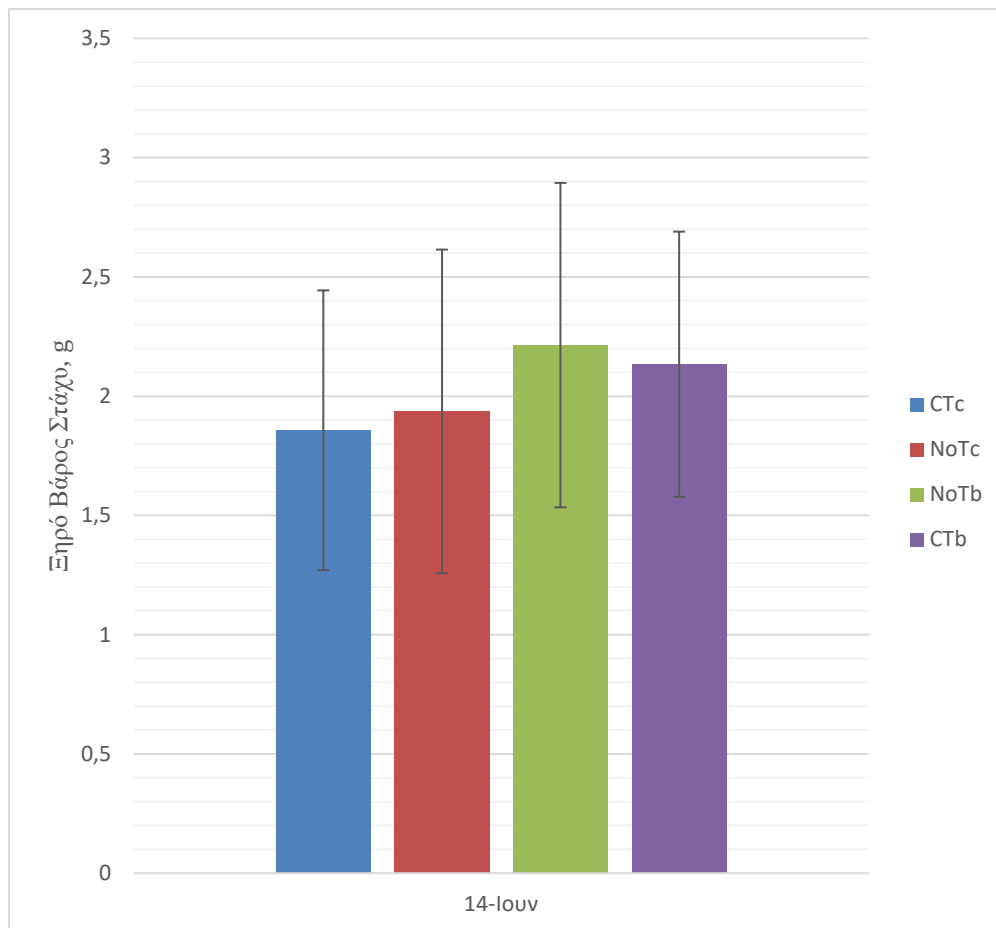
Διάγραμμα 13: Τιμές Ξηρού Βάρους Στελέχους για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μ.Ο. $\pm$ Sd), κατά την τελική συλλογή στις 14 Ιουνίου.

	sig
	14-Iουν
Καλλιεργητική τεχνική	
Προηγούμενη καλλιέργεια	
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 9: Εμφάνιση στατιστικώς σημαντικών διαφορών ($p < 0.05$). Ο αστερίσκος (*) δεν εμφανίζεται στον πίνακα, συνεπώς δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές.

Το ξηρό βάρος στελέχους, στην τελική συλλογή, δεν εμφανίζει ιδιαίτερες διακυμάνσεις μεταξύ των τεσσάρων διαφορετικών μεταχειρίσεων.

3.8 Ξηρό Βάρος Στάχυ



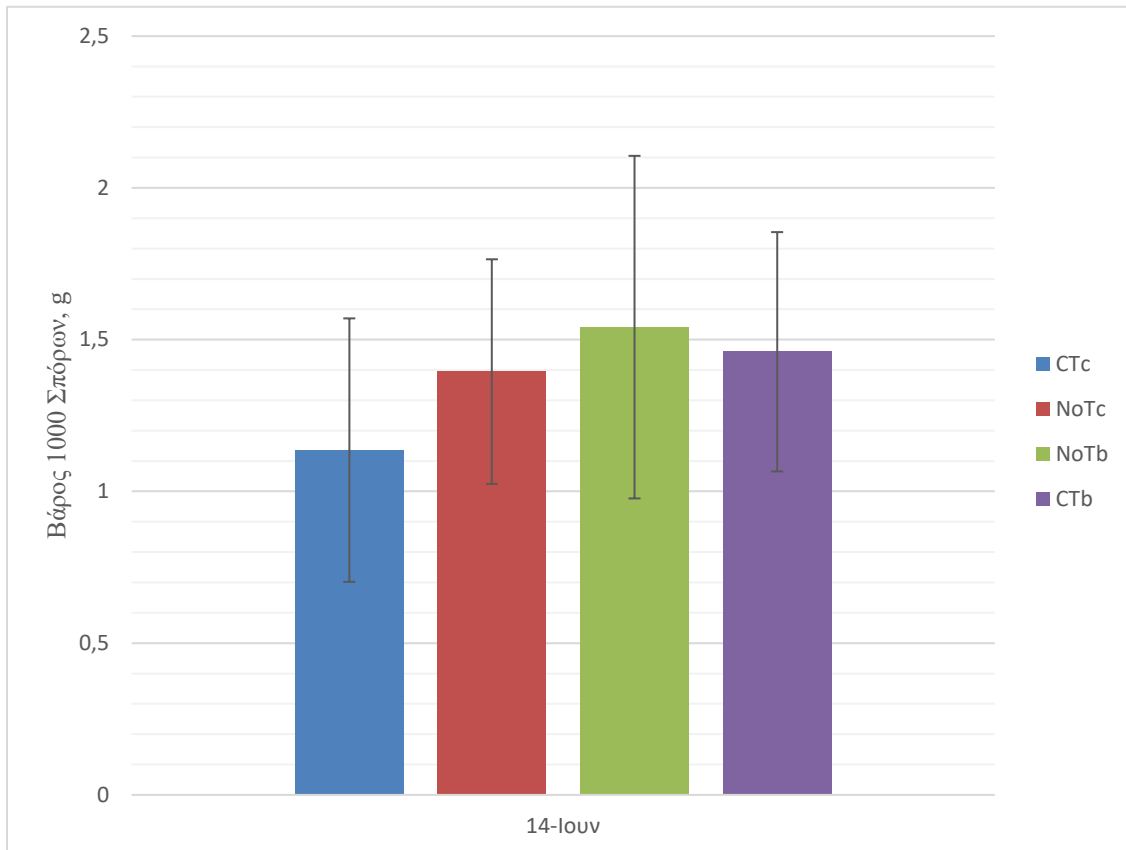
Διάγραμμα 14: Τιμές Ξηρού Βάρους Σταχιού, για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (M.O. $\pm$ Sd), στις 14 Ιουνίου.

	sig
	14-Iουν
Καλλιεργητική τεχνική	
Προηγούμενη καλλιέργεια	*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 10: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Το ξηρό βάρος του σταχιού δε φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλες διαφορές κατά την τελική συγκομιδή, παρότι εμφανίζεται η τάση για υψηλότερες τιμές στην μεταχείριση NoTb (Ακατεργασία-Υπόλειμμα καλλιέργειας Κουκί). Η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει σημαντική επίδραση της προηγούμενης καλλιέργειας με το κουκί να επιδρά σημαντικά θετικά.

3.9 Ξηρό Βάρος Σπόρων



Διάγραμμα 15: Τιμές Ξηρού Βάρους 1000 Σπόρων, για τις τέσσερις διαφορετικές μεταχειρίσεις (Μ.Ο. $\pm$ Sd), κατά την τελική συγκομιδή, στις 14 Ιουνίου.

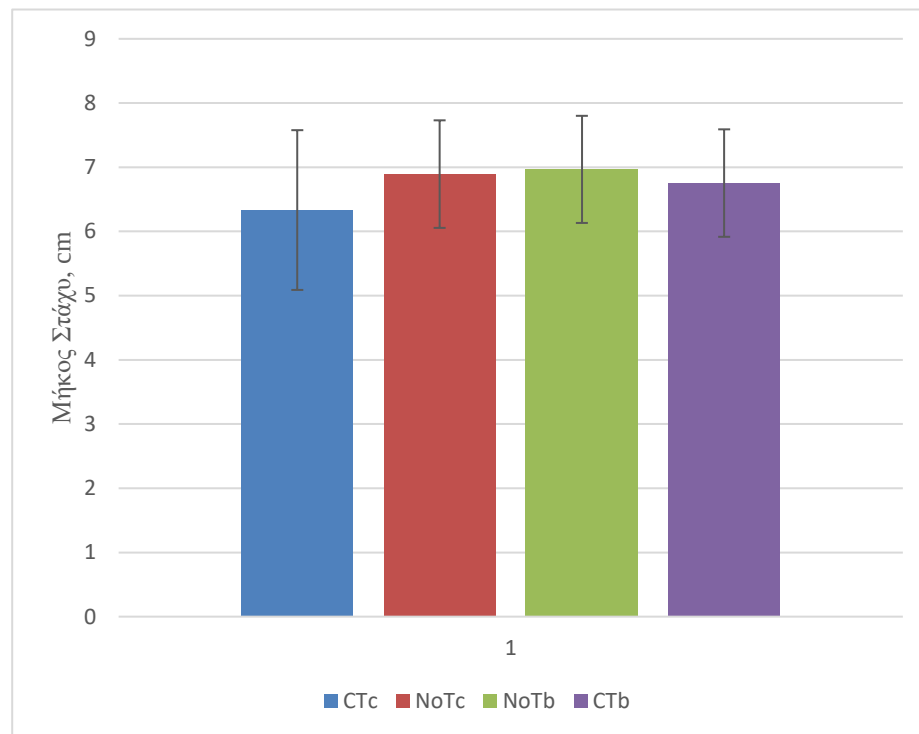
	sig
	14-Iouvi
Καλλιεργητική τεχνική	
Προηγούμενη καλλιέργεια	*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 11: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Τέλος, στο barplot του ξηρού βάρους 1000 σπόρων στις 14/06, η ποσοτική μεταβλητή NoTb, που αντιστοιχεί στην τεχνική της ακατεργασία με υπολείμματα καλλιέργειας κουκιού, φαίνεται να έχει την υψηλότερη μέση τιμή ($\bar{x}=1.54$). Η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει στατιστικώς σημαντικές

επιδράσεις της προηγούμενης καλλιέργειας στο ξηρό βάρος των 1000 σπόρων, με το κουκί και πάλι να επιδρά θετικά.

3.10 Μήκος Στάχυ



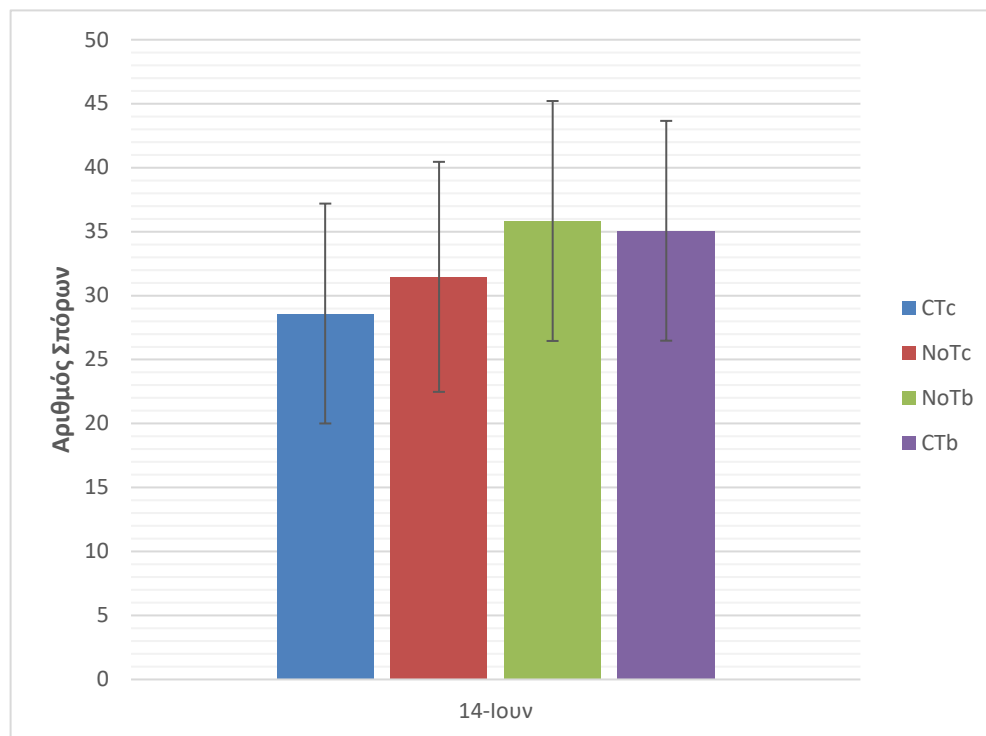
Διάγραμμα 16: Μετρήσεις του μήκους του σταχίου, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. ± Sd), στην τελική συλλογή, στις 14/06

	sig
	14-Ιουν
Καλλιεργητική τεχνική	*
Προηγούμενη καλλιέργεια	
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 12: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Μόνο η καλλιεργητική τεχνική φαίνεται να επηρέασε την παράμετρο μήκος στάχυ, με τις μεταχειρίσεις NoTc και NoTb να υπερτερούν.

3.11 Αριθμός Σπόρων



Διάγραμμα 17: Μετρήσεις του αριθμού σπόρων ανά στάχυ, στις τέσσερις μεταχειρίσεις (M.O. ± Sd), στην τελική συλλογή, στις 14/06

	sig
	14-loun
Καλλιεργητική τεχνική	
Προηγούμενη καλλιέργεια	*
Καλλιεργητική τεχνική*Προηγούμενη καλλιέργεια	

Πίνακας 13: Ο αστερίσκος (*) στον πίνακα υποδεικνύει στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$).

Τέλος, ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ στην τελική συγκομιδή παίρνει τη μεγαλύτερη τιμή στη μεταχείριση NoTb (τεχνική μηδενικής άροσης με υπόλειμμα *V. faba*), εντούτοις είναι η προηγούμενη καλλιέργεια που καθορίζει την παράμετρο αυτή. Το κουκί ως προηγούμενη καλλιέργεια δίνει τις υψηλότερες τιμές αριθμού σπόρων ανά στάχυ.

4 Συζήτηση

Στην παρούσα πτυχιακή διατριβή διερευνήθηκε η προοπτική της ακατεργασίας, σε πολυπαραγοντικό πείραμα, που έλαβε χώρα σε πιλοτικό αγρό, στο Κιλελέρ. Κύριο αντικείμενο μελέτης αποτέλεσε το σκληρό σιτάρι, του οποίου μελετήθηκαν ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά (ύψος βλαστού, ξηρό βάρος κλπ), συγκριτικά με δυο τεχνικές (συμβατική καλλιέργεια-μηδενική άροση) και δυο προηγούμενες καλλιέργειες (βαμβάκι-κουκί), καθώς και η συγκέντρωση των ολικών χλωροφυλλών (a+b) στο φύλλο, αλλά και ο δείκτης PRI που σχετίζεται με την αποδοτικότητα χρήσης φωτός από την φωτοσυνθετική συσκευή. Καθ' όλη τη διάρκεια της αναπτυξιακής περιόδου του σιταριού, πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις, σε διάφορες καιρικές συνθήκες (υγρασίας, ηλιοφάνειας, βροχόπτωσης), ενώ ακολούθησαν και άλλες σε συνθήκες εργαστηρίου.

Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων του άνωθεν πειράματος, για **το ξηρό βάρος του φυτού**, διαπιστώθηκε πως η προηγούμενη καλλιέργεια και όχι η καλλιεργητική τεχνική επέδρασε στη διαμόρφωση του προτύπου διαφορών αυτής της παραμέτρου μεταξύ των μεταχειρίσεων, με το κουκί της προηγούμενης χρονιάς να δίνει καλύτερη ανάπτυξη του σιταριού. Η απουσία επίδρασης της καλλιεργητικής τεχνικής δεν συμβαδίζει με τα συμπεράσματα των Khan *et. al* (2017), οι οποίοι συμπέραναν πως το βάρος του φυτού ήταν μεγαλύτερο σε μεταχειρίσεις που έχουν δεχθεί βαθύ όργωμα.

Το τελικό ύψος του φυτού και η απόδοση του συνιστούν καθοριστικούς παράγοντες για την **ανάπτυξη του σταχίου**. Τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας των Khan *et al.* (2010) επισήμαναν πως τη μεγαλύτερη τιμή **ξηρού βάρους του σταχίου** εμφανίζουν τα συστήματα με ελάχιστη άροση. Δικαιολογούν τα αποτελέσματα τους αναφέροντας πως η ακατεργασία είναι δυνατόν να συμβάλει στη δημιουργία βαθύτερου ριζικού συστήματος. Την άποψη αυτή ενισχύουν και οι Hassan *et al.* (2010), που μελετώντας την ανάπτυξη της καλλιέργειας σιταριού, με βάση τέσσερις διαφορετικές πρακτικές οργώματος (μηδενική, ελάχιστη, βαθιά και συμβατική) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως τη μέγιστη τιμή λαμβάνουν τα αγροτεμάχια με ελάχιστη άροση. Στην παρούσα εργασία βρέθηκε ότι το ξηρό βάρος του σταχίου επηρεάζεται μόνο από την προηγούμενη καλλιέργεια, και είναι υψηλότερο στην περίπτωση του κουκιού.

Το **ξηρό βάρος του στελέχους**, παρέμεινε ανεπηρέαστο τόσο από την τεχνική καλλιέργειας, όσο και από την προ-υπάρχουσα καλλιέργεια στο χωράφι. Αντίθετα τα πειραματικά αποτελέσματα των Khan *et al.* (2010), υποδεικνύουν πως έπειτα από 7 εβδομάδες, το βάρος του στελέχους ήταν σημαντικά υψηλότερο στα τεμάχια που εφαρμόστηκε βαθιά άροση, εν αντιθέσει με εκείνα που έλαβαν τη μηδενική ή την ελάχιστη.

Το **ύψος του φυτού**, αποτελεί ένα σημαντικό αναπτυξιακό χαρακτήρα, που συνδέεται άμεσα με το παραγωγικό δυναμικό του. Στο συγκεκριμένο πείραμα, το ύψος του βλαστού κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα, χωρίς ιδιαίτερες διαφορές σε όλα τα τεμάχια. Η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει ότι υπάρχει επίδραση και των δύο μεμονωμένων παραγόντων που ελέγχθηκαν αλλά και της αλληλεπίδρασής τους. Οι Ojeniyi *et. al* (1999), που πραγματοποίησαν αντίστοιχη μελέτη στη Νιγηρία βρήκαν πως το μηδενικό όργωμα ήταν ικανό να επιφέρει μεγαλύτερο ύψος βλαστού, σε σύγκριση με τις τεχνικές της συμβατικής καλλιέργειας. Αντιθέτως, οι Kombiok *et al.* (2005) κατέγραψαν υψηλότερες τιμές βλαστού σε καλλιέργειες που είχαν δεχθεί βαθύ όργωμα σε πειραματικό αγρό της Ghana, κάτι που αναφέρουν και οι Aikins *et. al* (2010), οι οποίοι εκπόνησαν μελέτη στην ίδια χώρα, πέντε έτη αργότερα.

Το **μήκος του στάχου** εμφανίστηκε, με ελάχιστη διαφορά, μεγαλύτερο κατά την τεχνική της ακατεργασίας και για τις δύο περιπτώσεις προηγούμενης καλλιέργειας. Το αποτέλεσμα αυτό δε συμβαδίζει με αποτελέσματα άλλων ερευνών, όπως της Κολακέ (2022), που μεγαλύτερο μήκος στάχου εμφάνισαν τα σιτάρια, που αναπτύχθηκαν υπό συμβατική καλλιέργεια, όπως αντίστοιχα είχε διαπιστώσει και ο Καβαλάρης (1994), σε μελέτη προ τριακονταετίας. Από την άλλη, σε αντίστοιχα πειράματα οι Ram *et al*, (2012) και οι Khan *et al*, (2017) σημείωσαν πως δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων όσον αφορά το μήκος του στάχου.

Οι ενδείξεις του δείκτη SPAD εκτός από την άμεση εκτίμηση του περιεχομένου του φύλλου σε χλωροφύλλη, θεωρούνται και ως ένας χρήσιμος δείκτης προσδιορισμού της ανάγκης της καλλιέργειας σε άζωτο (N) (Naderi *et al.* 2012; Singh *et al.*, 2010; Zhu *et al.*, 2012). Πολλές μελέτες υποδηλώνουν ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης N, της συγκέντρωσης N των φύλλων, της περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων και της απόδοσης σπόρων (Guendouz *et al.*, 2014; Goncalves da Silva *et al.*, 2011; El-Habbal *et al.*, 2010; Maiti *et al.*, 2004). Αυτές οι σχέσεις, υποδηλώνουν επίσης, ότι η διαχείριση του N θα μπορούσε να γίνει αποτελεσματικά, με τη μέτρηση της σχετικής περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη στα φύλλα. Υπό αυτό το πρίσμα, οι

Prost και Jeuffory (2007) πρότειναν ότι ο μετρητής χλωροφύλλης SPAD, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια εναλλακτική λύση, στο δείκτη διατροφής αζώτου (NNI) για τη μέτρηση της κατάστασης N στο σιτάρι. Ως εκ τούτου, οι τιμές SPAD έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη διαχείριση λιπασμάτων N στο ρύζι (Singh *et al.*, 2002; Ramesh *et al.*, 2002), σιτάρι (Singh *et al.*, 2002; Reeves *et al.*, 1993) και καλαμπόκι (Rostami *et al.*, 2008). Η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολύ απλά και αποτελεσματικά για τη λήψη αποφάσεων. Ο **δείκτης SPAD**, στο συγκεκριμένο πείραμα φάνηκε να επηρεάζεται από τα μέσα του Απριλίου και μέχρι την τελική συγκομιδή τόσο από την καλλιεργητική τεχνική, όσο και από την αλληλεπίδρασή της με την προηγούμενη καλλιέργεια. Έτσι κατά την τελική μέτρηση υψηλότερες τιμές εμφάνισαν τα φυτά της μεταχείρισης NoTc. Αντιστοίχως, ο δείκτης PRI φέρεται υψηλότερος στην τεχνική NoTc, αλλά με παρόμοιες τιμές με την CTb υποδεικνύοντας αλληλεπίδρασης των δύο μελετώμενων πειραματικών παραγόντων. Τα αποτελέσματα αυτά, έρχονται σε μερική συμφωνία με τη μελέτη των Janusauskaite *et al.* (2022), κατά την οποία οι δείκτες SPAD και PRI εμφανίστηκαν υψηλότεροι σε τεμάχια που είχε εφαρμοστεί ακατεργασία.

Ο **αριθμός των φύλλων** που εκπτύσσονται από ένα φυτό είναι άρρηκτα συνυφασμένος με την ποσότητα των παραγόμενων προϊόντων από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Ridge, I., 1991). Στο παρόν πείραμα δεν εμφανίστηκαν διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων, εντούτοις η στατιστική ανάλυση αποκάλυψε μία αλληλεπίδραση των 2 πειραματικών παραγόντων στη διαμόρφωση των τιμών αυτής της αναπτυξιακής παραμέτρου. Σύμφωνα με τους Aikinis *et al.* (2010), σε καλλιέργεια που δέχθηκε βαθιά άροση, ο αριθμός των φύλλων ήταν μεγαλύτερος. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Khan *et al.* (2010), οι οποίοι πραγματοποίησαν αντίστοιχο πείραμα στη Γκάνα.

Ο **αριθμός των σπόρων ανά στάχυ** αποτελεί σημαντικό δείκτη της απόδοσης (Khan *et al.* 2007). Η προηγούμενη καλλιέργεια φαίνεται ότι ήταν ο μόνος καθοριστικός παράγοντας αυτού του μεγέθους, καθώς το κουκί επέφερε τα πιο θετικά αποτελέσματα. Αντίστοιχες επιδράσεις καταγράφηκαν και στο **βάρος 1.000 σπόρων**, όπου εμφανίστηκαν μεγαλύτερες τιμές στις μεταχειρίσεις με υπολείμματα καλλιέργειας *V. faba*. Το παραπάνω αποτέλεσμα, έρχεται σε αντίθεση με αποτελέσματα άλλων ερευνών, καθώς το βάρος 1000 σπόρων επηρεάστηκε σημαντικά από την άροση του εδάφους, όπως αναγράφουν οι Khan *et al.* (2010), σε πείραμα που εκπόνησαν στη Γκάνα. Μεταξύ των διαφορετικών πρακτικών που εφαρμόστηκαν, το όργωμα με

δισκοσβάρνα φάνηκε να φέρει το μεγαλύτερο αριθμό σπόρων, αλλά και το μέγιστο βάρος σπόρων ανά φυτό. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τα αποτελέσματα τους ταυτίζονται με εκείνα των Polthanee και Wannapat (2000), οι οποίοι αναφέρουν ότι τα αγροτεμάχια που έδωσαν μεγαλύτερο αριθμό σπόρων, ήταν εκείνα που υπέστησαν βαθιά άροση. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν σημειωθεί από τους Rashidi και Keshavrzour (2007), που αξιολόγησαν τις επιδράσεις επτά μεθόδων άροσης στην απόδοση σιτηρών, σε αργιλώδες έδαφος. Αντίθετα, ο Olaoye (2002) φαίνεται να κατέληξε στο συμπέρασμα πως ο αριθμός των σπόρων σε τεμάχια που δεν είχαν υποστεί άροση, ήταν φανερά μεγαλύτερος σε σχέση με όσα είχαν δεχθεί όργωμα, σε πείραμα που πραγματοποίησε στην αγροοικολογική ζώνη της σαβάνας της Νιγηρίας, ενώ οι Agbede *et al.* (2007) παρατηρήσαν επίσης μεγαλύτερη απόδοση στην επεξεργασία χωρίς όργωμα.

4.1 Γενικά Συμπεράσματα για τη Γεωργία Διατήρησης

Η Γεωργία Διατήρησης συνιστά μια σχετικά καινούρια προσέγγιση βιώσιμης γεωργίας, η οποία βασίζεται σε τρεις αλληλένδετες αρχές:

- i. Ελάχιστη Μηχανική Διατάραξη του εδάφους
- ii. Μόνιμη Οργανική Κάλυψη εδάφους
- iii. Διαφοροποίηση Καλλιεργειών που αναπτύσσονται σε ετήσιες καλλιέργειες

Παράλληλα τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι πολλαπλά. Η μείωση της διάβρωσης του εδάφους, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 90% και η βελτίωση της ποιότητας του, αλλά και του νερού, η διεύρυνση της βιοποικιλότητας και η προσαρμογή στις νέες συνθήκες που έχει επιφέρει η κλιματική αλλαγή αποτελούν μερικά από αυτά.

Μιλώντας για την κλιματική αλλαγή, μια οικουμενική απειλή, της οποίας ο αντίκτυπος έχει ζημιώσει ήδη σε μεγάλο βαθμό το φυσικό περιβάλλον και κάθε έμβιο ον, δε θα μπορούσαμε να μην εστιάσουμε στις επιπτώσεις της στην αγροτική παραγωγή. Η ελαχιστοποίηση των αναμενόμενων, κατά εποχή, βροχοπτώσεων, οι μακρές περίοδοι με υπερβολική βροχή και παρατεταμένη ξηρασία, σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη έχουν καταστρέψει κατά μεγάλο ποσοστό τόσο τις ίδιες τις καλλιέργειες, τους αγρότες- παραγωγούς και όσο και καταναλωτές.

Η Γεωργία Διατήρησης, λοιπόν, επιχειρεί να προσφέρει μια λύση, που σαφώς δεν είναι πανάκεια, μα αποτελεί ένα λιθαράκι για τη διάσωση της φύσης. Έρευνες των τελευταίων ετών, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η υιοθέτηση των αρχών και των τεχνικών της συμβάλλουν άμεσα στο μετριασμό των κλιματικών αλλαγών, δεσμεύοντας άνθρακα στο έδαφος και βοηθώντας στην προσαρμογή του, μέσω της εξοικονόμησης νερού, ως συνέπεια της λιγότερης εξάτμισης από το έδαφος. Πρόσθετα, η γεωργία διατήρησης μπορεί να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, με την αποθήκευση CO₂ ως οργανικό άνθρακα στο έδαφος.

Πρόκειται για μια ολιστική προσέγγιση, που προωθεί τη βιώσιμη εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής. Επομένως, απαραίτητες κρίνονται ορισμένες βασικές τεχνολογίες και καινοτόμες λύσεις για την εφαρμογή της. Ριζική αλλαγή συνιστά η μη-άροση του εδάφους. Για αυτό το λόγο, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται σπαρτικές μηχανές, ειδικώς προσαρμοσμένες για εργασία σε εδάφη με συμπαγή σποροκλίνη και εδαφοκάλυψη, ενώ για τον έλεγχο των ζιζανίων φυτοπροστατευτικά προϊόντα, αντί για όργωμα.

4.2 Συμπεράσματα της παρούσας διατριβής

- Η προηγούμενη καλλιέργεια και όχι η καλλιεργητική τεχνική επέδρασε στη διαμόρφωση του προτύπου διαφορών στο ξηρό βάρος του φυτού, το ξηρό βάρος του σταχιού
- Το ύψος του βλαστού κυμάνθηκε σε παρόμοια επίπεδα, σε όλες τις μεταχειρίσεις. Εντούτοις, η στατιστική ανάλυση υποδεικνύει ότι υπάρχει επίδραση και των δύο μεμονωμένων παραγόντων που ελέγχθηκαν αλλά και της αλληλεπίδρασής τους
- Το μήκος του στάχυ εμφανίστηκε, με ελάχιστη διαφορά, μεγαλύτερο κατά την τεχνική της ακατεργασίας και για τις δύο περιπτώσεις προηγούμενης καλλιέργειας.
- Ο δείκτης SPAD φάνηκε να επηρεάζεται από τα μέσα του Απριλίου και μέχρι την τελική συγκομιδή τόσο από την καλλιεργητική τεχνική, όσο και από την αλληλεπίδρασή της με την προηγούμενη καλλιέργεια.
- Ο δείκτης PRI φέρεται υψηλότερος στην τεχνική NoTc, αλλά με παρόμοιες τιμές με την CTb υποδεικνύοντας αλληλεπίδρασης των δύο μελετώμενων πειραματικών παραγόντων.
- Ο αριθμός των σπόρων ανά στάχυ και στο βάρος 1.000 σπόρων επηρεάστηκε σημαντικά από την προηγούμενη καλλιέργεια, καθώς το κουκί επέφερε τα πιο θετικά αποτελέσματα.

- Συνολικά, στις περιπτώσεις που η καλλιέργεια της προηγούμενης χρονιάς ήταν κουκί αρκετές αναπτυξιακές παράμετροι ευνοήθηκαν, σε αντίθεση με την καλλιεργητική τεχνική, όπου συγκεκριμένα η α-καλλιέργεια επέδρασε θετικά στο ύψος του βλαστού και το μήκος του στάχυ.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Sayaslan A., Koyuncu M., Yildirim A., Eserkaya T., Sonmezoglu-Ates O., Kandemi N. (2012). Some quality characteristics of selected durum wheat (*Triticum durum*) landraces, pages 749-750. Research article Tubitak.

Xynias I. N., Mylonas I., Korpetis E. G., Ninou E., Tsaballa A., Avdikos I. D., Mavromatis A. G., 2020. Durum Wheat Breeding in the Mediterranean Region: Current Status and Future Prospects. Agronomy Journal 2020.

Ling-ling LI., Gao-bao H., Ren-zhi Z., Belloti B., Guardi L., Kwong Y.C., 2011. Benefits of Conservation Agriculture on Soil and Water Conservation and its Progress in China.

ELIAS E.M.. Durum wheat products. CIHEAM - Options Mediterraneennes. North Dakota State University, Fargo, USA.

Kassam A., Friedrich T., Derpsch R., Kienzle J., 2015. Overview of the Worldwide Spread of Conservation Agriculture. Facts Reports.

Cueff S., Coquet Y., Aubertor J.N., Bel L., Pot V., Alleto L., (2020). Estimation of soil water retention in conservation agriculture using published and new pedotransfer functions. University of Toulouse, Toulouse, France.

González-Sánchez, E.J; Moreno-García, M., Kassam, A.; Holgado-Cabrera, A.; Triviño-Tarradas, P; Carbonell-Bojollo, R; Pisante, M.; Veroz-González, O. & Basch, G. (2017): Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. European Conservation Agriculture Federation, Brussels, Belgium. 154 pp.

Fabio Stagnari, Angelica Galieni, Stefano Specca, Giovanni Cafiero, Michele Pisante (2014) - Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment, Faculty of Bioscience and Technologies for Food, Agriculture and Environment, University of Teramo, Pages 51-63

Vijay Kumar, Mukesh Kumar, Santosh Kumar Singh and Shree Krishna Chandra (2015) - IMPACT OF CONSERVATION AGRICULTURE ON YIELD, NUTRIENT UPTAKE AND QUALITY OF WHEAT CROP IN CALCUTTA, Department of Soil Science, Rajendra Agricultural University, Pusa, Samastipur - 848 125 (Bihar), India, pages 371-376

M Rafiqul Islam*, K M Shamsul Haque, Nurunnaher Akter and M Abdul Karim (2014) - Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield, Department of Agronomy, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University Gazipur-1706, Bangladesh

Janusauskaite, D.; Kadziene, G. - Influence of Different Intensities of Tillage on Physiological Characteristics and Productivity of Crop-Rotation Plants. *Plants* 2022, 11, 3107

Haroon Zaman Khan, Muhammad Atif Shabir*, Nadeem Akbar, Asif Iqbal, Muhammad Shahid, Abdul Shakoor and Muhammad Sohail - Effect of Different Tillage Techniques on Productivity of Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Shahbaz Khan, Aqeel Shah, Muhammad Nawaz, Mohsin Khan (2017)- Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.)

S.H.M. Aikins and J.J. Afuakwa (2010) - Effect of Four Different Tillage Practices on Cowpea Performance

Ελληνική Βιβλιογραφία

Παπακώστα-Τασοπούλου Δ, 2012. Σιτηρά και Ψυχανθή. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Νεβροζίδης Ι. Ε., Ανδρεάδης Σ. Σ., 2012. Ειδική Γεωργική Εντομολογία. Εκδόσεις CCITY PUBLISH, Θεσσαλονίκη.

Simpson M. G., 2017. Συστηματική των Φυτών. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα.

Agrios G. N., 2016. Φυτοπαθολογία. Εκδόσεις Utopia, Αθήνα

Αναφορά σε website

UK Beetle Recording (<https://www.coleoptera.org.uk/home>)

AGROATLAS (<https://agroatlas.es/home/?lang=en>)

Food and Agriculture Organisation of United Nations (FAO) (<https://www.fao.org/home/en>)