



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Σύγκριση αποτυπώματος άνθρακα και ύδατος
σε βιολογική και συμβατική καλλιέργεια βάμβακος**

Πανωραία Ειρήνη Ι. Καμαριάρη

Επιβλέπων καθηγητής:
Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2024

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Σύγκριση αποτυπώματος άνθρακα και ύδατος
σε βιολογική και συμβατική καλλιέργεια βάμβακος

“Comparison of carbon and water footprint
in organic and conventional cotton cultivation”

Πανωραία Ειρήνη Ι. Καμαριάρη

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)

Κακαμπούκη Ιωάννα, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

Οικονόμου Γαρυφαλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Σύγκριση αποτυπώματος άνθρακα και ύδατος σε βιολογική και συμβατική καλλιέργεια βάμβακος

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών και στην Αγρομετεωρολογία
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας*

Περίληψη

Ο 21^{ος} αιώνας ενέχει πολλούς προβληματισμούς και ανησυχίες. Μετά τη Πράσινη Επανάσταση η ανησυχία για το περιβάλλον είναι πλέον διάχυτη σε διάφορους τομείς κι επίπεδα. Για πολλά χρόνια η επιστημονική κοινότητα προσπαθεί να αφυπνίσει συμπεριφορές όπου πλέον είναι φανερό σε επίπεδο απλού καταναλωτή η αλλαγή. Η γεωργία είναι ένας από τους σημαντικούς ζημιογόνους παράγοντες για το περιβάλλον. Η εφαρμογή από τους παραγωγούς διαφορετικών συστημάτων καλλιέργειας με απώτερο σκοπό τη μείωση της όχλησης του περιβάλλοντος είναι πολύ θετική, όπως και η προτίμηση πλέον των καταναλωτών σε προϊόντα που έχουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση του αποτυπώματος άνθρακα και ύδατος καλλιέργειας βαμβακιού στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Αρχικά μελετήθηκαν οι μέθοδοι άρδευσης των καλλιεργειών και των περιβαλλοντικών επιπτώσεών της τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε τοπικό. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε το φαινόμενο του θερμοκηπίου και πως η γεωργία επηρεάζει και σε τι βαθμό. Έπειτα, έγινε επισκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία για τις ανησυχίες που υπάρχουν σχετικά με την εξέλιξη αυτών των θεμάτων στη πάροδο του χρόνου όπως επίσης και για τους τρόπους αντιμετώπισης των επιπτώσεών τους. Τέλος, για τη σύγκριση του αποτυπώματος άνθρακα και ύδατος στα συστήματα της βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ερωτηματολογίων σε αντίστοιχους βαμβακοκαλλιεργητές, τα οποία αξιολογήθηκαν και τα δεδομένα τους χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των αποτυπωμάτων μέσω της εφαρμογής Cool Farm Tool.

Επιστημονική περιοχή: Καλλιέργεια βαμβακιού

Λέξεις κλειδιά: αποτύπωμα άνθρακα, υδατικό αποτύπωμα, βαμβάκι, βιολογική καλλιέργεια, συμβατική καλλιέργεια, Cool Farm Tool

Comparison of carbon and water footprint in organic and conventional cotton cultivation

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, Plant Breeding and Agrometeorology
Department of Crop Science
Laboratory of Agronomy*

Abstract

The 21st century involves many concerns. After the Green Revolution, environmental concern is now widespread in various sectors and levels. For many years the scientific community has been trying to awaken behaviors where the change is now evident even at the level of the simple consumer. Agriculture is one of the major damaging factors for the environment. The application of different cultivation systems, by the producers, with the ultimate aim of reducing environmental nuisance is very positive, as is the preference of consumers for products that have a smaller environmental footprint.

The purpose of the work is to compare the carbon footprint and the water footprint of cotton cultivation in organic and conventional cultivation. Initially, crop irrigation methods and their environmental effects were studied both globally and locally. Then, the greenhouse effect was developed and how agriculture affects it and to what extent. Then, an overview was made in the international literature on the concerns that exist regarding the evolution of these issues over time as well as on the ways of dealing with their effects. Finally, to compare the carbon footprint and the water footprint in the organic and conventional farming systems, the method of questionnaires was used in respective cotton farmers, who were evaluated and their data was used to calculate the footprints through the Cool Farm Tool application.

Scientific area: Cotton cultivation

Keywords: carbon footprint, water footprint, cotton, organic farming, conventional farming, Cool Farm Tool

*Αφιερωμένο στις δύο λατρεμένες μου κορούλες
καθώς και ένα μεγάλο ευχαριστώ στον σύζυγό μου
για την αμέριστη βοήθεια που μου προσέφερε.*

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	8
1.1 Καλλιέργεια βαμβακιού.....	10
1.1.1 Ιστορικά στοιχεία.....	10
1.1.2 Γενικά στοιχεία.....	14
1.1.3 Καλλιεργητικές τεχνικές	17
1.2 Πιστοποίηση	23
1.2.1 Πιστοποίηση βαμβακιού.....	23
1.2.2 Πιστοποίηση βιολογικού βαμβακιού.....	25
1.3 Άρδευση.....	31
1.3.1 Μέθοδοι άρδευσης.....	31
1.3.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	33
1.3.3 Υδατικό αποτύπωμα.....	36
1.4 Αέρια θερμοκηπίου.....	37
1.4.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	37
1.4.2 Επίδραση γεωργίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	39
1.5 Περιβάλλον και παγκόσμια ανησυχία.....	42
1.5.1 Διεθνείς έρευνες.....	42
1.5.1.1 Κλιματική αλλαγή.....	42
1.5.1.2 Παγκόσμια ανησυχία.....	45
1.5.1.3 Βαμβακοκαλλιέργεια κι επιπτώσεις.....	50
1.5.2 Τρόποι αντιμετώπισης.....	51
1.5.2.1 Πρακτικές μείωσης GHG στη γεωργία.....	53
1.5.2.2 Αναγεννητική γεωργία, γεωργία άνθρακα και γεωργία ακριβείας.....	57

1.5.2.3 Αποτύπωμα άνθρακα.....	60
1.5.2.4 Βιώσιμη άρδευση.....	62
2. Έρευνα και Μέθοδος.....	63
2.1 Περιοχή μελέτης.....	63
2.2 Μεθοδολογία.....	64
2.3 Το ερωτηματολόγιο.....	67
3. Αποτελέσματα.....	68
3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων αποτυπώματος άνθρακα.....	68
3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικού αποτυπώματος.....	78
4. Συζήτηση.....	89
4.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων αποτυπώματος άνθρακα.....	89
4.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων υδατικού αποτυπώματος.....	90
5. Συμπεράσματα.....	93
Βιβλιογραφία.....	95
Διεθνής Βιβλιογραφία.....	95
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	111
Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία.....	113
Παράρτημα.....	114

1. Εισαγωγή

Ο γεωργικός τομέας έχει γνωρίσει πολλές επαναστάσεις όσον αφορά την εξημέρωση ζώων και φυτών, τις συστηματικές τεχνικές αμειψισποράς, τη συστηματική αναπαραγωγή και την ευρεία χρήση τεχνητών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, γνωστών και ως πράσινη επανάσταση. Τις τελευταίες δεκαετίες, η φυτική παραγωγή έχει αυξηθεί ως αποτέλεσμα της επέκτασης της αρόσιμης γης, της εντατικοποίησης των καλλιεργειών και της βελτίωσης της απόδοσης των καλλιεργειών.. Από τη δεκαετία του 1960, η αύξηση της φυτικής παραγωγής οφείλεται κατά 78% στη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών, 15% προέρχεται από την επέκταση της αρόσιμης γης και το υπόλοιπο 7% από την εντατικοποίηση των καλλιεργειών. Αυτές οι τάσεις πιθανότατα θα συνεχιστούν τουλάχιστον μέχρι το 2030 και θα είναι κατά μέσο όρο 70% για τη βελτίωση της απόδοσης, 20% για την επέκταση της γης και 10% για την εντατικοποίηση των καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι οι εκπομπές μονοξειδίου του αζώτου (NO_2) από τον αγροτικό τομέα θα αυξηθούν κατά περίπου 35–60% έως το 2030, γεγονός που αποδίδεται στην αυξημένη περιεκτικότητα σε άζωτο από τη χρήση λιπασμάτων και την αυξημένη παραγωγή ζωικής κοπριάς (FAO, 2003). Επιπλέον, οι εκπομπές μεθανίου (CH_4) αυξάνονται με την αύξηση του αριθμού των ζώων και αναμένεται να αυξηθούν κατά 60% μεταξύ 1990 και 2030. Η Πράσινη Επανάσταση ήταν μια προγραμματισμένη διεθνής προσπάθεια για την εξάλειψη της πείνας μέσω της βελτίωσης της απόδοσης των καλλιεργειών. Προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως τα πλεονεκτήματα των νέων ποικιλιών, εισήχθησαν νέες γεωργικές πρακτικές, π.χ. αυξημένη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, άρδευση και εκμηχάνιση των καλλιεργειών. Η αλόγιστη χρήση αυτών των πρακτικών δημιούργησε περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως η υποβάθμιση του εδάφους, η ρύπανση των υδάτων και του αέρα.

Η κτηνοτροφική παραγωγή αντιπροσωπεύει περίπου το 40% της ακαθάριστης αξίας της παγκόσμιας γεωργικής παραγωγής και συνεχώς αυξάνεται. Είναι ο μεγαλύτερος χρήστης γεωργικής γης στον κόσμο, τόσο άμεσα με τα βοσκότοπια όσο κι έμμεσα μέσω της παραγωγής ζωοτροφών. Το 1999, 34,6 εκατομμύρια km^2 ήταν μόνιμοι βοσκότοποι, περισσότερο από το διπλάσιο της καλλιεργούμενης γης. Η βιομηχανοποιημένη κτηνοτροφική παραγωγή έχει αυξηθεί ραγδαία σε σχέση με τα πιο παραδοσιακά συστήματα κτηνοτροφίας που βασίζονται στη βόσκηση (FAO,

2003). Υπολογίζεται οι γεωργικές εκπομπές αναμένεται να αυξηθούν σε 8–8,4% έως το 2030.

Ο τομέας της γεωργίας βασίζεται άμεσα στους φυσικούς πόρους καταναλώνοντας περίπου το 70% του παγκόσμιου γλυκού νερού, ενώ καταλαμβάνει το 40% της παγκόσμιας χερσαίας έκτασης. Οι περισσότερες συμβατικές μέθοδοι που εφαρμόζονται ήδη στη γεωργική παραγωγή είναι συχνά μη βιώσιμες, οδηγώντας σε περιβαλλοντική ρύπανση και εξάντληση των φυσικών πόρων στους οποίους βασίζεται κυρίως η φυτική παραγωγή. Για παράδειγμα, στην Ασία, λόγω ακατάλληλων πρακτικών άρδευσης, υπήρξαν υψηλότερες εκπομπές μεθανίου και αλάτωση των εδαφών, ενώ, η υψηλή χρήση αζωτούχων λιπασμάτων οδήγησε σε επιβλαβείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό καθιστά τον τομέα της γεωργίας κορυφαία πηγή εκπομπών μεθανίου και οξειδίου του αζώτου (NO_x), σημαντική πηγή εκπομπών άνθρακα και βασικό υπαίτιο πίσω από την παγκόσμια αποψίλωση των δασών. Περίπου το 30% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποδίδεται στη γεωργία και την αποψίλωση των δασών (Panchasara, H. et al., 2021).

Μέχρι τη δεκαετία του 1980, η ραγδαία αύξηση της ανθρωπογενούς επιρροής στην υπερθέρμανση του πλανήτη πυροδότησε τη διεθνή πολιτική δραστηριότητα που οδήγησε στην ίδρυση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 1990) καθώς και την έναρξη πληθώρας επακόλουθων ερευνών. Η χρήση γης, η αλλαγή χρήσης της και η δασοκομία (Land Use, Land-Use Change and Forestry - LULUCF) είναι βασικοί υπαίτιοι της Κλιματικής Αλλαγής, και ταυτόχρονα υπεύθυνοι για μια σημαντική ποσότητα αερίων θερμοκηπίου (GHG) που εκλύονται, αλλά αντιπροσωπεύουν επίσης σημαντικό ρόλο και δυνατότητες στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Cerrri et al., 2009). Μόνο ο γεωργικός τομέας (δηλαδή η χρήση γης) ευθύνεται για περίπου το 14% των συνολικών παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και αναμένεται να έχει υψηλούς ρυθμούς αύξησης εκπομπών, κυρίως λόγω της αύξησης του πληθυσμού και του εισοδήματος. Η αποψίλωση των δασών ευθύνεται για επιπλέον 17%, καθορίζοντας τη συνολική συνεισφορά στο τομέα LULUCF σχεδόν στο ένα τρίτο των σημερινών συνολικών παγκόσμιων εκπομπών (IPCC, 2007).

Στον αγροτικό τομέα, το CO₂, το CH₄ και το N₂O είναι τα αέρια που θεωρούνται πρωταρχικής σημασίας. Οι μεγαλύτερη συνεισφορά στην εκπομπή CH₄ είναι η

εντερική ζύμωση (21%) και η διαχείριση κοπριάς (8%) με ελάχιστες συνεισφορές από ορυζώνες ρυζιού (*Oryza sativa* L.) και καύση γεωργικών προϊόντων, ενώ η εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων και οι καλλιεργητικές πρακτικές εκτιμάται ότι προκαλούν το 78% των συνολικών εκπομπών N₂O στις Ηνωμένες Πολιτείες (Johnson, J. et. al, 2007). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, εκτιμήθηκε ότι περίπου το 10% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οφείλεται σε CH₄ και N₂O εκ των οποίων το 49 και το 63%, αντίστοιχα, έχουν αποδοθεί στη γεωργία (Weiske and Petersen, 2006). Αυτές οι εκτιμήσεις μπορούν να βελτιωθούν καθώς το μέγεθος των εκπομπών αερίων από τον γεωργικό τομέα εξακολουθεί να έχει μεγάλα κενά γνώσης (Franzluebbers and Follett, 2005).

1.1 Καλλιέργεια βαμβακιού

1.1.1 Ιστορικά στοιχεία

Οι αρχαιότερες ενδείξεις προέρχονται από την Ινδία όπου βρέθηκαν υπολείμματα από υφάσματα και σχοινιά από βαμβάκι, που υπολογίστηκε ότι ανάγονται στο 3000π.Χ. Η καλλιέργεια του βαμβακιού ήταν άγνωστη στην αρχαία Ελλάδα. Ο Ηρόδοτος κατά το 445π.Χ αναφέρει στην ιστορία του ότι « στην Ινδία φυτρώνουν άγρια δέντρα που παράγουν μαλλί πιο ωραίο και πιο εκλεκτό από το μαλλί των προβάτων. Από τα δέντρα αυτά οι Ινδοί εξασφαλίζουν τα ρούχα τους». Ο Ηρόδοτος αποκαλεί το βαμβάκι «είρια από ξύλου» και αναφέρει ότι οι Ινδοί ήταν ντυμένοι με «είματα από ξύλων πεποιημένα», δηλαδή με βαμβακερά υφάσματα. Για πρώτη φορά αναφέρεται η καλλιέργεια του βαμβακιού στην αρχαία Ελλάδα από τον Πausανία κατά τον 2ο μ.Χ. αιώνα. Κατά την εποχή εκείνη το βαμβάκι ήταν γνωστό με το όνομα βύσσος. Το όνομα βαμβάκι αναφέρεται για πρώτη φορά στη νομοθεσία του Ιουστινιανού, φαίνεται δε να προέρχεται από τη λέξη βόμβυξ με την οποία ονόμαζαν το μετάξι, που είχε προέλευσή του την Ασία. Κατά την εποχή του Ιουστινιανού, γύρω στο 552 μ.Χ., η καλλιέργεια του βαμβακιού ήταν ευρύτατα διαδεδομένη. Μετά τον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο η βαμβακοκαλλιέργεια άρχισε να αυξάνεται στην Ελλάδα, λόγω κυρίως της αυξανόμενης ζήτησης που παρουσιάστηκε σε είδη ένδυσης εξαιτίας του αποκλεισμού της Ευρωπαϊκής αγοράς από τα μεγάλα κέντρα παραγωγής της Αμερικής. Το 1911, το βαμβάκι καλλιεργείται σε 90.500 στρέμματα, τα οποία μετά από μια εικοσαετία περίπου ανήλθαν σε 200.000 στρέμματα. (Αυγουλάς Χ.Ε, 1995). Μετά το 1931 με την ίδρυση των δύο

κρατικών ιδρυμάτων, του Ινστιτούτου και του Οργανισμού Βάμβακος, μέσα σε μια δεκαετία τετραπλασιάστηκε η καλλιεργούμενη με βαμβάκι έκταση. Το Κράτος έλαβε μέτρα για την ενίσχυση της παραγωγής. Οι καλλιεργητές είχαν αρχίσει να εφαρμόζουν επιστημονικές μεθόδους καλλιέργειας και καταπολέμησης εχθρών και ασθενειών του βαμβακιού. Κατά το διάστημα 1973-1982 αγοράστηκαν οι πρώτες δίσειρες βαμβακοσυλλεκτικές μηχανές κι έτσι δόθηκε λύση στο πρόβλημα της έλλειψης εργατικών χεριών, με αποτέλεσμα την περαιτέρω επέκταση της βαμβακοκαλλιέργειας πάνω από 1.800.000 στρέμματα το 1977. Η θεαματική όμως αύξηση της βαμβακοκαλλιέργειας συντελέστηκε με το πέρας του 1981, με την είσοδο δηλαδή της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η ένταξη της χώρας μας στην Ε.Ο.Κ αποτέλεσε σταθμό στην ιστορία του Ελληνικού βαμβακιού. Με την εφαρμογή του Κοινοτικού καθεστώτος που θεσπίστηκε ειδικά για τη βαμβακοκαλλιέργεια, η παραγωγή παρουσιάζει αλματώδη αύξηση. Η μείωση των τιμών παρέμβασης στα άλλα αγροτικά προϊόντα και η υψηλή ακαθάριστη πρόσδοδος της βαμβακοκαλλιέργειας ήταν δύο από τους καθοριστικούς παράγοντες στην εξάπλωσή της. Έτσι τα 1.263χιλ στρέμματα που κάλυπτε η καλλιέργεια βαμβακιού το 1981 αυξήθηκαν σε 2.332 χιλ. το 1991. Συμπερασματικά, διαχωρίζεται η ανοδική πορεία της βαμβακοκαλλιέργειας σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει τα έτη 1931 (έτος ίδρυσης του Ελληνικού Οργανισμού Βάμβακος) -1980, όπου η παραγωγή αυξήθηκε λόγω της αύξησης της απόδοσης και της επέκτασης της καλλιεργούμενης γης. Η δεύτερη περίοδος, από το 1981 και έπειτα, η στρεμματική εξάπλωση της καλλιέργειας ήταν ο κύριος λόγος της ανοδικής πορείας. Το προνομιακό κοινοτικό καθεστώς για το βαμβάκι και οι κοινοτικές ενισχύσεις που εξασφαλίζουν τα τελευταία έτη ένα ικανοποιητικό εισόδημα στον παραγωγό, έχουν αποτελέσει τον ουσιαστικότερο παράγοντα που ευνόησε την ανάπτυξη της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα και συνέβαλε στο να αποτελεί το βαμβάκι, παρά το υψηλό κόστος παραγωγής του, ένα από τα σημαντικότερα γεωργικά προϊόντα. Κέντρα παραγωγής της καλλιέργειας είναι η Θεσσαλία και η κεντρική Μακεδονία και ακολουθούν η Αν. Μακεδονία, η Αν. Στερεά Ελλάδα και η περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του βαμβακιού είναι μέγιστης σημασίας για την ανάπτυξή του. Είναι γνωστό ότι το βαμβάκι χαρακτηρίζεται απόπαρτεταμένη βλαστική περίοδο και

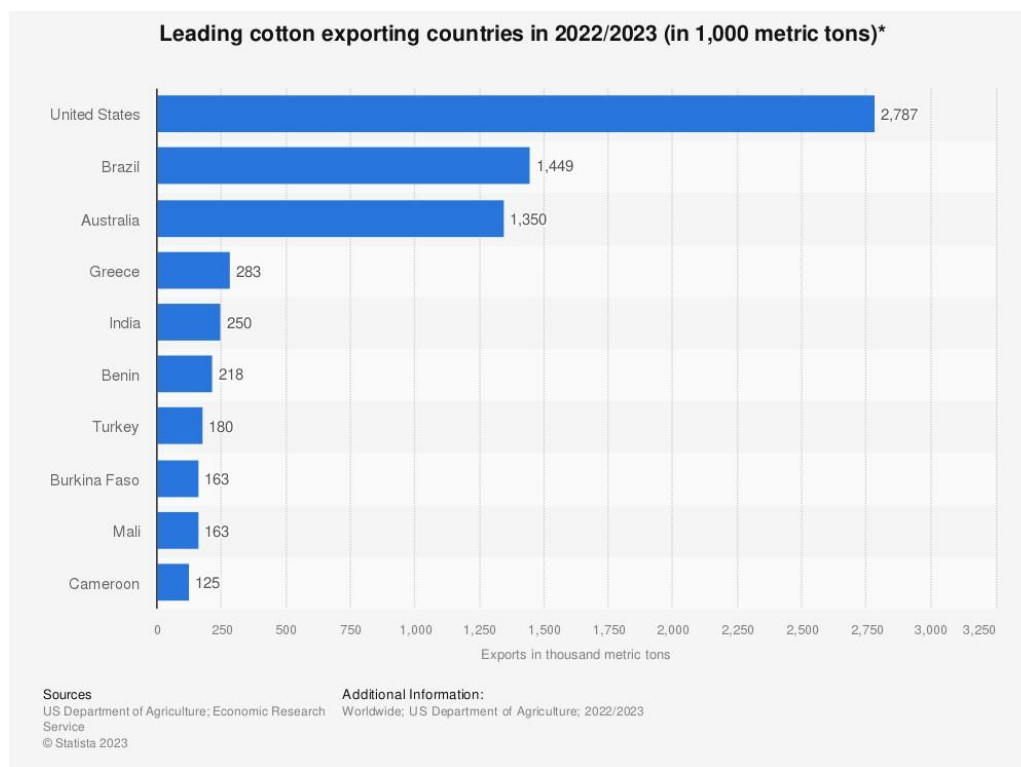
απαιτεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες ώστε να συμπληρώσει το βιολογικό του κύκλο και να δώσει υψηλή παραγωγή (κ. Μάττας-κ. Πολύμερος, 1999).

Η εξέλιξη της βαμβακοκαλλιέργειας στην Ελλάδα ήταν εντυπωσιακή. Η καλλιεργούμενη έκταση από 200.000 στρέμματα το 1930 έφτασε τα 2.000.000 στρέμματα το 1963 και ξεπέρασε τα 4.000.000 στρέμματα το 2001 (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Ακόμη πιο εντυπωσιακή υπήρξε η αύξηση της παραγωγής η οποία ήταν αποτέλεσμα τόσο της αύξησης των καλλιεργούμενων εκτάσεων όσο και της αύξησης των αποδόσεων. Η μέση στρεμματική απόδοση σύσπορου βαμβακιού στο σύνολο της χώρας ήταν 55 kg το 1931, 110 kg το 1960, 257 kg το 1980 και 309 kg το 1940. Η ραγδαία αυτή αύξηση των αποδόσεων οφείλεται στη βελτίωση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, στην εκμηχάνιση, στη χρήση αγροτικών λιπασμάτων, στην επέκταση των αρδευόμενων εκτάσεων και στη βελτίωση των καλλιεργητικών τεχνικών (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Η σημερινή στρεμματική απόδοση υπολογίζεται περί τα 280 κιλά σύσπορο βαμβάκι.

Το βαμβάκι έχει στρατηγική σημασία ως σημαντική πρώτη ύλη της κλωστοϋφαντουργίας. Προκειμένου να παραχθεί ένα ποιοτικό προϊόν, η χρήση ομοιόμορφης πρώτης ύλης είναι ζωτικής σημασίας. Ωστόσο, αυτό δεν είναι εύκολο όπως φαίνεται για τις φυσικές ίνες όπως το βαμβάκι που είναι δύσκολο να καλλιεργηθεί με την ίδια ποιότητα κι ελάχιστη διαφοροποίηση. Το βαμβάκι ως ο κύριος αναλώσιμος τύπος φυσικών ινών έχει καλλιεργηθεί σε διάφορες περιοχές του κόσμου (RTMCT, 2016). Οι κύριες χώρες παραγωγής ινών βαμβακιού στον κόσμο είναι η Ινδία, η Κίνα, οι ΗΠΑ, το Πακιστάν, το Ουζμπεκιστάν, η Βραζιλία, το Τουρκμενιστάν, η Τουρκία, η Ελλάδα και η Αυστραλία και οι οποίες αποτελούν το 80% της περιοχής καλλιέργειας βαμβακιού στον κόσμο. Οι κύριες χώρες εξαγωγής βαμβακιού είναι οι ΗΠΑ, Ινδία, Βραζιλία, Αυστραλία, Ουζμπεκιστάν και Μπουρκίνα Φάσο, ενώ κύριες χώρες εισαγωγής είναι το Μπαγκλαντές, η Κίνα, το Βιετνάμ, η Τουρκία, το Πακιστάν και η Ινδία (ICAC, 2016).

Σήμερα, το βαμβάκι παράγεται μόνο σε τρεις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε περίπου 320.000 εκτάρια. Η Ελλάδα είναι η κύρια χώρα βαμβακοκαλλιέργειας, καθώς διαθέτει το 80% των ευρωπαϊκών εκτάσεων βαμβακοκαλλιέργειας, και ακολουθεί η Ισπανία (κυρίως η περιφέρεια της Ανδαλουσίας), με μερίδιο 20%. Η Βουλγαρία παράγει σε εκτάσεις μικρότερες από 1.000 εκτάρια. Το 2018, η παραγωγή βάλβακος στην ΕΕ ήταν περίπου 300.000 τόνοι, που αντιστοιχούν στο

1% μόνο της παγκόσμιας παραγωγής βάμβακος (Ε.Ε., 2018). Σύμφωνα με τα στοιχεία του επίσημου διαδικτυακού τόπου statistica που κυκλοφόρησαν για τη περίοδο 2022/2023, οι Ηνωμένες Πολιτείες ήταν ο κορυφαίος εξαγωγέας παγκοσμίως ενώ η Ελλάδα είναι στη τέταρτη θέση (Διάγραμμα 1.1).



Διάγραμμα 1.1 Κύριες χώρες εξαγωγής βαμβακιού 2022-2023 (Πηγή:Statistica).

Σε παγκόσμια κλίμακα, η Ελλάδα είναι απλώς ένας δευτερεύων παραγωγός βαμβακιού. Με συνολική έκταση 350.000 εκτάρια η καλλιέργεια στην Ελλάδα είναι ωστόσο σημαντική και ανέρχεται στο 80% της παραγωγής βαμβακιού στην Ε.Ε. Η συνολική παραγωγή βαμβακόσπορου στην Ελλάδα ισούται με περίπου 750.000 τόνοι εκ των οποίων οι 320.000 τόνοι καλλιεργούνται στην περιοχή της Θεσσαλίας. Οι συμβατικές αποδόσεις κατά μέσο όρο είναι 3100 kg /ha, οι βιολογικές αποδόσεις περίπου 1700 kg/ha. Η έκταση που καλλιεργείται επί του παρόντος με βιολογικό βαμβάκι είναι πολύ μικρή (Goussios D.,2015).

1.1.2 Γενικά στοιχεία

Το βαμβάκι είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών και καλλιεργείται από τους προϊστορικούς χρόνους. Είναι ετήσιο φυτό (εκτός από μερικές χώρες στη Ν. Αμερική που το καλλιεργούν ως πολυετές για 6-7 χρόνια) (Χριστίδης, 1965). Τα δυο παλαιότερα καλλιεργούμενα είδη είναι *G. herbaceum* και *G. arboretum* φαίνεται ότι εξελίχθηκαν στην κοιλάδα του Ινδού ποταμού. Από τα καλλιεργούμενα είδη *G. hirsutum* και *G. barbadense*, το πρώτο προέρχεται από την κεντρική Αμερική και το δεύτερο από τη νότια. Από τα τέσσερα είδη βαμβακιού το *G. hirsutum* έχει τη μεγαλύτερη εξάπλωση, καταλαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτάσεων που διατίθενται για τη βαμβακοκαλλιέργεια και έχει τη μεγαλύτερη οικονομική σημασία. Το *G. barbadense* έχει εξαιρετική ποιότητας ίνας, αλλά απαιτεί μεγάλη βλαστική περίοδο και γι' αυτό καλλιεργείται σε λίγες σχετικά περιοχές στον κόσμο. Οι ποικιλίες βαμβακιού που καλλιεργούνται στις ΗΠΑ και στην Ελλάδα ανήκουν στο είδος *G. hirsutum* (Φασούλα και Φωτιάδη, 1984).

Το βαμβάκι είναι η πιο αγνή πηγή κυτταρίνης (περιεκτικότητα σχεδόν 90%) και η πιο σημαντική φυσική ίνα. Το μοριακό βάρος της κυτταρίνης είναι επίσης υψηλότερο μεταξύ όλων των φυτικών ινών και χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικά κρυσταλλική (Gordon S., Hsieh YL., 2007). Οι ίνες του βαμβακιού αναπτύσσονται γύρω από τους σπόρους του φυτού βαμβακιού. Οι ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως στην κλωστούφαντουργία, όπου αποτελούν την αφετηρία της αλυσίδας παραγωγής. Η κλωσιμότητα και η αξία χρήσης των ινών στηρίζονται στα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά που είναι: 1) το μήκος και η ομοιομορφία μήκους, 2) η λεπτότητα, 3) η ωριμότητα και 4) η αντοχή και η επιμήκυνση κατά τη θραύση. Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται επίσης: το χρώμα, οι ξένες ύλες, η περιεκτικότητα σε κόμπους (neps), η ποσότητα και η ποιότητα των μη κυτταρινούχων συστατικών και άλλα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την κλωσιμότητα (Κεχαγιά, 2000; Παπακώστα- Τασοπούλου, 2013). Ωστόσο, μετά την αφαίρεση των εν λόγω ινών (εκκόκκιση) τα καθαρά σπέρματα αξιοποιούνται με τη χρησιμοποίησή τους περισσότερο στη σποροελαιουργία (περιέχουν 15 - 18 % λάδι) και λιγότερο στη διατροφή ζώων (Σπάης, 1997). Οι βαμβακόσποροι αποτελούν δευτερεύον προϊόν της βαμβακοκαλλιέργειας, είναι σημαντική πηγή ελαίου και χρησιμοποιούνται για ανθρώπινη κατανάλωση (Wakelyn et al., 2006) ως έλαιο, για την παρασκευή μαργαρίνης, μαγιονέζας κ.ά και για τη βιομηχανία ως λιπαντικό, για την παρασκευή σαπουνιών, χρωμάτων, βερνικιών κ.ά. Από την επεξεργασία του σπόρου

λαμβάνονται τέσσερα κύρια προϊόντα: το λάδι, το βαμβακάλευρο, οι φλοιοί και οι κοντές ίνες (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Επιπλέον ένα μέρος του σπόρου που προκύπτει από την διαδικασία της εκκόκκισης επιστρέφει στην παραγωγική διαδικασία για να χρησιμοποιηθεί στη σπορά. Ο βαμβακόσπορος λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη (35%) και έλαιο (30%) χρησιμοποιείται στις γαλακτοβιομηχανίες ως συμπλήρωμα διατροφής για τα μηρυκαστικά ζώα (Mustafa et al., 2015). Στην Ελλάδα η χορήγηση σκέτων σπερμάτων βαμβακιού σε πρόβατα και αίγες δεν είναι άγνωστη συνήθεια για τους αιγο-προβατοτρόφους (Σπάης, 1997). Όλες αυτές οι ιδιότητες δίνουν στην ίνα του βαμβακιού μια υψηλή αξία και τον χαρακτηρισμό της ως «Λευκός Χρυσός». Έχει αποδειχθεί ότι αρκετές αγρονομικές πρακτικές μπορεί να επηρεάσουν τις ποιοτικές παραμέτρους της ίνας (Bilalis D. et al., 2015).

Το βαμβάκι στην Ελλάδα σπέρνεται Μάρτιο με Απρίλιο, ο κύκλος ζωής του είναι συνήθως 170 έως 210 ημέρες, ανάλογα με την ποικιλία και τις καιρικές συνθήκες. Η συγκομιδή συνήθως γίνεται Οκτώβριο με Νοέμβριο (USDA, 2018). Καλλιεργείται στις εύφορες πεδιάδες της Βόρειας και Κεντρικής Ελλάδας. Με υψηλές εισροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και επίπεδα άρδευσης $> 700 \text{ l/m}^2$, το συμβατικό βαμβάκι συμβάλλει σημαντικά στην περιβαλλοντική υποβάθμιση και τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων. Η συμβατική παραγωγή βαμβακιού αντιμετωπίζει επίσης οικονομικά προβλήματα, με τη περιοχή παραγωγής να μειώνεται ενώ σημαντικός αριθμός εκκοκκιστηρίων να έχει κλείσει. Ευνοϊκές προϋποθέσεις όπως οι κατάλληλες κλιματικές συνθήκες, η καλά ανεπτυγμένη υποδομή και η απουσία γενετικά τροποποιημένου βαμβακιού (GMO), καθιστούν τη χώρα κατάλληλη για την παραγωγή βιολογικού βαμβακιού (Goussios D., 2015). Ένα από τα κύρια ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα της Ελλάδας έγκειται στην εθνική απαγόρευση του GMO βαμβακιού. Στην πραγματικότητα, όλοι οι εισαγόμενοι σπόροι ελέγχονται για γενετικά τροποποιημένα προϊόντα από τις αρχές πριν κυκλοφορήσουν στην αγορά. Καθώς η ζήτηση για βιολογικά χωρίς GMO είναι σημαντική και οι χώρες παραγωγής όπως η Ινδία ή η Αφρική δεν μπορούν να εγγυηθούν επαρκώς την απουσία GMO, η απαγόρευση των GMO στην Ελλάδα αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα (Goussios D., 2015).

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν το κατά πόσο το βαμβάκι μπορεί να ευδοκιμήσει σε μια περιοχή είναι το μήκος της βλαστικής περιόδου, η θερμοκρασία κατά τους θερινούς μήνες, η ηλιοφάνεια, η κατανομή της

βροχόπτωσης ή η δυνατότητα άρδευσης και οι καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια ωρίμανσης και συγκομιδής. Όλοι αυτοί οι παράγοντες εξαρτώνται από το κλίμα. Το βαμβάκι χρειάζεται υψηλές θερμοκρασίες σε όλη τη διάρκεια ανάπτυξής του. Ιδανικές συνθήκες καλλιέργειας είναι η δροσερή άνοιξη με ελαφρές βροχοπτώσεις, το θερμό και μέτριο υγρό καλοκαίρι και το ξηρό, δροσερό και παρατεταμένο φθινόπωρο (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Σύμφωνα με τους Raza και Ahmad (2015) η αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγούσε στις ακόλουθες θετικές επιπτώσεις για την καλλιέργεια:

1. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1° C κατά την περίοδο σποράς αυξάνει την παραγωγή κατά 1,65 % για βιολογικές καλλιέργειες και 6,57 % για τις συμβατικές καλλιέργειες.
2. Η αύξηση της θερμοκρασία κατά 1° C κατά την περίοδο της βλάστησης και ανθοφορίας αυξάνει την παραγωγή κατά 24,14% και 8% αντίστοιχα.
3. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά την ωρίμανση και συλλογή θα μπορούσε να βοηθήσει στη συλλογή καλύτερης ποιότητας βαμβακιού.

Όμως αρκετοί ερευνητές έχουν συνδέσει τη κλιματική αλλαγή με την μείωση των αποδόσεων και της ποιότητας της ίνας του βαμβακιού (Voloudakis, 2015, Kukal, 2018, Rasoulzadeh, 2019). Επιπλέον, η αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αναμένεται να είναι ευεργετική για τα ζιζάνια, να οδηγήσει σε απώλειες καλλιεργειών λόγω της αύξησης τους και μείωση της διατροφικής αξίας αρκετών καλλιεργειών.

Η βαμβακοκαλλιέργεια είναι πλήρως εκμηχανισμένη στην Αμερική, την Ευρώπη και την Αυστραλία, ενώ στην Ασία, σε ένα ποσοστό, έχει προχωρήσει η εκμηχάνιση, σε μεγάλο ποσοστό όμως οι καλλιεργητικές εργασίες, συμπεριλαμβανομένης και της συγκομιδής, γίνονται χειρωνακτικά. Στην Αφρική και γενικά στις αναπτυσσόμενες χώρες, στο συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό των καλλιεργούμενων εκτάσεων, οι καλλιεργητικές φροντίδες στο σύνολό τους γίνονται χειρωνακτικά, συμπεριλαμβανομένης και της συγκομιδής. Το τελευταίο, που συμβάλλει αποφασιστικά στο υψηλότερο κόστος παραγωγής του βαμβακιού, αντισταθμίζεται εν μέρει από την υψηλότερη ποιότητα του προϊόντος, αφού το βαμβάκι που συγκομίζεται με το χέρι είναι πολύ πιο καθαρό (μικρότερο ποσοστό ξένων υλών). Η μηχανική συγκομιδή του βαμβακιού ξεκίνησε εδώ και 100 περίπου

χρόνια από τη στιγμή που εφευρέθηκε η πρώτη μηχανή συγκομιδής βαμβακιού και έχει αντικαταστήσει σχεδόν εξ ολοκλήρου τη χειρωνακτική συγκομιδή (Supak and Snipes, 2001).

1.1.3 Καλλιεργητικές τεχνικές

Ως αποτέλεσμα, της Πράσινης Επανάστασης, οι καλλιεργητικές πρακτικές συνήθως περιλαμβάνουν υψηλή χρήση χημικών λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, νερού άρδευσης και ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας γης, γεγονός που οδηγεί σε υψηλή παραγωγικότητα της γης. Η ποσότητα των γεωργικών εισροών που χρησιμοποιούνται στα συστήματα καλλιέργειας βαμβακιού εξαρτάται από τον στόχο παραγωγής του γεωργού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες (π.χ. ποιότητα εδάφους, κίνδυνος παρασίτων) και τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες για τον αγρότη (Ullah et al., 2014).

Στη συμβατική γεωργία, το βαμβάκι είναι μια από τις καλλιέργειες όπου εφαρμόζεται μεγάλη ποσότητα χημικών φυτοφαρμάκων για τον έλεγχο της συχνότητας εμφάνισης εντόμων. Η ίδια η καλλιέργεια βαμβακιού καταναλώνει περίπου το 50 % της χρήσης φυτοφαρμάκων στη διαχείριση εντόμων γεωργικών καλλιεργειών (Mageshwaran et al., 2019). Σε μια σύγκριση των δυο συστημάτων παραγωγής, βιολογικό και συμβατικό, σε δυο καλλιέργειες, καλαμποκιού και τομάτας, όσον αφορά στις εισροές φυτοφαρμάκων, υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Και στις δύο καλλιέργειες, η εισροή ενέργειας από φυτοφάρμακα ήταν υψηλότερη στη συμβατική παραγωγή σε σύγκριση με το βιολογικό σύστημα (Bilalis D., et al., 2013).

Οι τρέχουσες πρακτικές παραγωγής στο συμβατικό και στο οργανικό βαμβάκι είναι παρόμοιες σε ορισμένες περιπτώσεις ενώ διαφέρουν πολύ σε ορισμένες άλλες. Είναι βέβαιο ότι η βιολογική παραγωγή βαμβακιού δεν καταναλώνει τις περισσότερες συνθετικά χημικές ουσίες (λιπάσματα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, ρυθμιστές ανάπτυξης και αποφυλλωτικά) που προτείνονται μόνο για τη συμβατική παραγωγή βαμβακιού. Τόσο η βιολογική όσο και η συμβατική παραγωγή βαμβακιού ακολουθούνται από αμειψισπορά. Η αμειψισπορά μειώνει το πρόβλημα των ζιζανίων που μπορεί να προκληθεί σε συνθήκες βιολογικής παραγωγής. Η συλλογή με το χέρι δεν διαφέρει μεταξύ της βιολογικής και της συμβατικής συγκομιδής

βαμβακιού (Εικ. 1.1). Εάν μπορεί να αφαιρεθεί η ίνα από το καρύδι αντί για ολόκληρο το καρύδι και οι άλλοι ρύποι από τους εργάτες και το χωράφι, η χειρωνακτική συλλογή μπορεί να συνεισφέρει σε καθαρότερο βαμβάκι. Τα πράσινα φύλλα πρέπει να αφαιρούνται πριν από τη συγκομιδή, καθώς η πτώση των χαμηλότερων φύλλων επιβραδύνει τη συγκομιδή και επίσης οδηγεί σε αύξηση του κόστους εκκοκκισμού. Ως εκ τούτου, συνιστάται να μην αναβάλλεται αλλά η συλλογή να γίνεται το συντομότερο δυνατό μετά το άνοιγμα των καρυδιών (Günaydin G. K. et al., 2019).



Εικόνα 1.1 Βιολογική ίνα βάμβακος και η συλλογή με το χέρι (Gunaydin G.K. et al., 2019).

Διαχείριση γονιμότητας εδάφους:

Τα ελαφριά εδάφη έχουν συνήθως χαμηλότερη ικανότητα συγκράτησης νερού και τα θρεπτικά συστατικά εκπλένονται πιο εύκολα σε σχέση με ένα βαρύ έδαφος. Η εφαρμογή κομπόστ είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αύξηση της συγκράτησης νερού και της παροχής θρεπτικών ουσιών. Η συγκαλλιέργεια με ανθεκτικές στην ξηρασία καλλιέργειες όπως το σόργο, ο κάρθαμος, το σουσάμι ή ο ρίκινος ή ρετινολαδιά μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο αποτυχίας της καλλιέργειας λόγω ξηρασίας. Σε βαθιά ή βαριά εδάφη, είναι δυνατή η εντατική παραγωγή με την επαρκή προσθήκη οργανικής κοπριάς, εντατική αμειψισπορά και χλωρή λίπανση. Το βαμβάκι προτιμά γόνιμο έδαφος με καλή ικανότητα συγκράτησης νερού και επαρκή παροχή θρεπτικών ουσιών. Η οργανική ύλη παίζει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση του πορώδους του εδάφους και στην καλή διείσδυση του νερού. Αποφεύγεται επίσης ο σχηματισμός συσσωματωμάτων στο έδαφος λόγω της συνεχούς

εφαρμογής χημικών λιπασμάτων που εφαρμόζονται στη συμβατική καλλιέργεια (Mageshwaran et al., 2019).

Η οργανική ύλη στο έδαφος αυξάνει τη βιολογική δραστηριότητα προάγοντας τη δραστηριότητα των γαιοσκωλήκων και των μικροβίων, τα οποία εργάζονται συνεχώς για τη βελτίωση της γονιμότητας του. Στρατηγικές, όπως η διαχείριση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, η συγκαλλιέργεια, η εφαρμογή κομπόστ, η χλωρή λίπανση και η αμειψισπορά βελτιώνουν την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία στο έδαφος. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας, όπως το στέλεχος του βαμβακιού μπορεί να μετατραπεί σε οργανικό λίπασμα για χρήση την επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Οι αγρότες μπορούν να καλλιεργήσουν φασόλια ή ρεβίθια ως συγκαλλιέργεια για συγκομιδή, και καλλιέργεια για χλωρή λίπανση, όπως το *Crotalaria juncea* ή το μπιζέλι, που θα κοπούν και θα ενσωματωθούν ξανά στο έδαφος πριν από την ανθοφορία. Για την αμειψισπορά θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν καλλιέργειες ψυχανθών (σόγια, ρεβίθια, αραχίδα), η καλλιέργεια λαχανικών [τσίλι, μπάμιες κ.λπ.], το ζαχαροκάλαμο και το σιτάρι. Η συμπερίληψη της καλλιέργειας ψυχανθών στην αμειψισπορά είναι σημαντική για τη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους και για τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στην επόμενη καλλιέργεια βαμβακιού (Mageshwaran et al., 2019).

Θρέψη της καλλιέργειας:

Η καλλιέργεια βαμβακιού απαιτεί τα δύο τρίτα των θρεπτικών συστατικών κατά τους δύο πρώτους μήνες της ανάπτυξής της. Το στέλεχος του βαμβακιού μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος με κομποστοποίηση χρησιμοποιώντας *Trichoderma sp.* ή οποιονδήποτε άλλο μικροοργανισμό που αποικοδομεί τη λιγνίνη. Το κτηνοτροφικό μπιζέλι ως χλωρή λίπανση μπορεί να ενσωματωθεί μεταξύ των σειρών βαμβακιού 40 ημέρες μετά τη σπορά της καλλιέργειας βαμβακιού. Η Εικόνα 1.2 απεικονίζει την συγκαλλιέργεια του μπιζελιού σε καλλιέργεια βιολογικού βαμβακιού (*G. hirsutum*) (Mageshwaran et al., 2019).

Ο Οργανισμός Βάμβακος, σε μια εξαετή πειραματική έρευνα καλλιέργειας βιολογικού και συμβατικού βαμβακιού διαπίστωσε πολύ θετικά αποτελέσματα υπέρ της βιολογικής καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, η βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με τη χρησιμοποίηση ψυχανθούς (κουκιών ή βίκου) για χλωρή λίπανση, υπερέιχε της

συμβατικής καλλιέργειας σε απόδοση κατά 52,5 κιλά/στρέμμα ή 14,5% και σε ακαθάριστο κέρδος κατά 31,2 €/στρέμμα ή 24,3% περίπου. Ο βίκος ως χειμερινή καλλιέργεια (cover crop) είτε ενσωματώνεται για χλωρή λίπανση, είτε κόβεται και πωλείται για απόκτηση επιπλέον εισοδήματος (Mygdakos et al., 1998).



Εικόνα 1.1 Συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού με βιολογικό βαμβάκι Mageshwaran et al., 2019).

Το άζωτο στο έδαφος μπορεί να συμπληρωθεί με υπολείμματα από προηγούμενη καλλιέργεια, μέσω δέσμευσης αζώτου από ψυχανθή, κομπόστ, βερμικομπόστ, FYM, βιο-λίπασμα και υγρή κοπριά. Οι πηγές όπως υπολείμματα από προηγούμενη καλλιέργεια, κομπόστ, FYM, φωσφορικά άλατα, τέφρα ξύλου, βιο-λίπασμα θα μπορούσαν να συμπληρώσουν τις ανάγκες σε φωσφόρο. Το υπόλειμμα από προηγούμενη καλλιέργεια, FYM, χλωριούχο κάλιο, τέφρα ξύλου θα μπορούσαν να συμπληρώσουν τις ανάγκες σε κάλιο στην καλλιέργεια βαμβακιού. Τα βιολιπάσματα όπως το *Rhizobium*, το *Azotobacter*, το *Azospirillum*, τα φώσφορο- διαλυτοποιητικά βακτήρια (PSB- Phosphate solubilizing bacteria) και η *Mycorrhiza* (VAM) μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη βιολογική γεωργία (Mageshwaran et al., 2019).

Οι ανάγκες σε θρεπτικά στοιχεία N, P και K διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του βαμβακιού. Τα συνθετικά λιπάσματα χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών του φυτού. Αντί της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων, μπορεί να εφαρμοστεί η οργανική και η πράσινη λίπανση για την παροχή της απαιτούμενης παροχής θρεπτικών συστατικών. Λόγω της χαμηλής κινητικότητάς τους, ο Φόσφωρος (P) και το Κάλιο (K) μπορούν να παραμείνουν στο

έδαφος οπότε μπορεί να επιτευχθεί, η απαραίτητη ποσότητα ενώ η διαθεσιμότητα του Αζώτου (N) στο επίπεδο της ανόργανης λίπανσης μπορεί να μην επιτευχθεί λόγω της υψηλής κινητικότητάς του. (Wakenly et al., 2007).

Διαχείριση παρασίτων και ασθενειών:

Το βαμβάκι μπορεί να προσβληθεί από μια μεγάλη ποικιλία εντόμων, όπως το πράσινο και το ρόδινο σκουλήκι κ.α. Τα χημικά εντομοκτόνα απαγορεύονται στην παραγωγή βιολογικού βαμβακιού. Ωστόσο, μπορεί να εφαρμοστούν «φυσικές» χημικές ουσίες όπως το θειάφι. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τα δύο πρώτα χρόνια της καλλιέργειας μπορεί να είναι δύσκολα για τη μετάβαση από την εφαρμογή συνθετικών εντομοκτόνων. Ο τρίτος χρόνος είναι πιο ευνοϊκός για τη διατήρηση της φυσικής ισορροπίας (Wakenly et al., 2007).

Το φυτό του βαμβακιού που είναι ευάλωτο στα έντομα μπορεί να εκτεθεί σε σοβαρές προσβολές κατά την εφαρμογή της βιολογικής καλλιέργειας. Ο βιολογικός έλεγχος μπορεί να αποτρέψει την πίεση των εντόμων χωρίς τη χρήση εντομοκτόνων. Το φυτό μπορεί να αντιμετωπίσει τις πρώιμες απώλειες, ωστόσο μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα το φυτό δεν μπορεί να αναπληρώσει την απώλεια. Δεδομένου ότι η βαμβακοκαλλιέργεια έχει καθορισμένο χρόνο για την περίοδο συγκομιδής, θα πρέπει να ληφθούν όλες οι προφυλάξεις για την αποτροπή προσβολών του φυτού από έντομα για να εξοικονομηθεί ο μέγιστος αριθμός λουλουδιών και χτενιών στην αρχή (Wakenly et al., 2007).

Η καλύτερη στρατηγική για τη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών στη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού είναι η διατήρηση ποικίλης ισορροπίας στο οικοσύστημα των αγρών μέσω της αύξησης του πληθυσμού των φυσικών εχθρών. Οι άλλες στρατηγικές για την υποστήριξη της υγείας των φυτών είναι: διαφοροποιημένο σύστημα καλλιέργειας, συγκαλλιέργεια, ισορροπημένη θρέψη, κατάλληλη διαχείριση του νερού και χρήση συστήματος βιοελέγχου. Η μη ισορροπημένη εφαρμογή λιπάσματος μπορεί να ενισχύσει τη συχνότητα εμφάνισης μυζητικών παρασίτων (αφίδες, αλευρώδεις, θρίπες, τζιτζικάκια κ.λπ.) (Mageshwaran et al., 2019).

Η αμειψισπορά με ηλίανθο, μπάμιες, ρετσίνολαδιά αποτρέπει την προσβολή από λεπιδόπτερα (πράσινο, ρόδινο, αγκαθωτό σκουλήκι). Η συγκαλλιέργεια με το

μπιζέλι βοηθά στην αύξηση της παρουσίας της πασχαλίτσας και άλλων φυσικών εχθρών για τον έλεγχο των μυζητικών εντόμων. Οι φυσικοί εχθροί που προωθούνται για τη διαχείριση των εντόμων του βαμβακιού είναι της οικογένειας των Reduviidae, των Carabidae, των Chrysopidae, Formicidae, Araneae, Trichogrammatidae (π.χ. *Trichogramma*), Tachinidae και Mantidae. Οι παγίδες φωτός και οι παγίδες φερομόνης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μαζική παγίδευση εντόμων που μπορεί να μειώσει δραστικά τον πληθυσμό των παρασίτων. Για παράδειγμα, η κίτρινη κολλώδης παγίδα χρησιμοποιείται για την παγίδευση του αλευρώδη. Τα εκχύλισμα όπως το εκχύλισμα neem, το pyrethrum, το εκχύλισμα σκόρδου-κρεμμυδιού-τσίλι, το εκχύλισμα φύλλων λαντάνας, σπόρων κόλιανδρου, βουτυρόγαλου κ.λπ. θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τη διαχείριση παρασίτων και ασθενειών σε βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού (Mageshwaran et al., 2019).

Η σήψη των ριζών και το φουζάριο είναι οι πιο συχνές εδαφολογικές μυκητολογικές ασθένειες στο βαμβάκι που μπορούν να ελεγχθούν αποτελεσματικά με τη χρήση βιοπαρασιτοκτόνου, *Trichoderma viridie* και *Pseudomonas fluorescens* στη βιολογική καλλιέργεια. Η μέθοδος εφαρμογής του βιοπαρασιτοκτόνου είναι παρόμοια με το βιολίπασμα. Ο κορεσμός του εδάφους σε νερό είναι η κύρια αιτία για το παθογόνο που μεταδίδεται από το έδαφος και επομένως η διατήρηση του αγρού σε συνθήκες καλής αποστράγγισης είναι εξαιρετικά σημαντική για τη διαχείριση ασθενειών (Mageshwaran et al., 2019).

Διαχείριση νερού:

Η άρδευση κατά την κρίσιμη περίοδο ανάπτυξης είναι απαραίτητη για τη σωστή απόδοση. Η υπερβολική άρδευση μπορεί να οδηγήσει σε κατακράτηση νερού. Το βαμβάκι είναι πολύ ευαίσθητο στον κορεσμό του εδάφους με νερό, ο οποίος προκαλεί αυξημένη απόρριψη των καρύδιων και επηρεάζει την απόδοση. Το πρόβλημα του υδατικού κορεσμού εμφανίζεται περισσότερο σε βαρύ έδαφος λόγω κακής αποστράγγισης του νερού. Η βελτίωση της δομής του εδάφους είναι απαραίτητη σε αυτό το είδος εδάφους. Στη συμβατική γεωργία, η συνεχής εφαρμογή λιπάσματος δημιουργεί συμπαγές έδαφος κι επηρεάζει τη διείσδυση του νερού. Η προσθήκη οργανικής ύλης στη βιολογική γεωργία βελτιώνει τη δομή του εδάφους, αυξάνει τη διείσδυση του νερού και παρέχει αερισμό στη ρίζα. Στο ξηρικό βαμβάκι,

δίνεται έμφαση στη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους. Η εφαρμογή κομπόστ και κοπριάς ενισχύει την ικανότητα συγκράτησης νερού, η οποία είναι ζωτικής σημασίας στη βιολογική γεωργία για τη διατήρηση της υγρασίας του εδάφους. Η προσθήκη ξερών υπολειμμάτων στο έδαφος βελτιώνει τη συγκράτηση της υγρασίας και καταστέλλει τα ζιζάνια. Το Bio-mulch είναι αποικοδομήσιμο και προσθέτει οργανική ύλη στο έδαφος (Mageshwaran et al., 2019).

Το βιολογικό βαμβάκι έχει επικριθεί για τις χαμηλές αποδόσεις και τη υψηλή κατανάλωση νερού. Βέβαια πολλές φορές τα δεδομένα που υπάρχουν απέχουν από τη πραγματικότητα. Για παράδειγμα, οι χαμηλότερες αποδόσεις μπορεί να σχετίζονται περισσότερο με την κοινωνικοοικονομική κατάσταση των αγροτών ή με περιοχές όπου όλες οι αποδόσεις είναι χαμηλές λόγω έλλειψης νερού, κλιματικών συνθηκών και κλιματικής αλλαγής ή γενικής περιβαλλοντικής υποβάθμισης. Όσον αφορά στο νερό, το μεγαλύτερο μέρος του βιολογικού βαμβακιού παράγεται δίχως άρδευση σε περιοχές με αρκετές βροχοπτώσεις (Ferrigno et al., 2008).

Γενικά, πρέπει να σημειωθεί ότι το βιολογικό βαμβάκι παράγεται συνήθως από μικροκαλλιεργητές σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα στην Αφρική και την Ινδία και μέρη της Λατινικής Αμερικής, ακόμη και σε πιο ανεπτυγμένες οικονομίες όπως οι ΗΠΑ και η Τουρκία, οι παραγωγοί βιολογικών προϊόντων είναι σχετικά μικρότεροι όσον αφορά στο μέγεθος της εκμετάλλευσής τους από των υπολοίπων καλλιεργειών (Ferrigno et al., 2008).

1.2 Πιστοποίηση

1.2.1 Πιστοποίηση βαμβακιού

Τον τελευταίο καιρό υπάρχει η τάση να για αγορά ρούχων από φυσικές ίνες που παράγονται με φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες των πρώτων υλών από τις οποίες προέρχονται. Λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής αυτού του είδους ρούχων, προς το παρόν χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες παραλλαγές ανάμειξης των ινών του βαμβακιού με νήματα και χημικές ίνες, λαμβάνοντας προϊόντα τύπου "βαμβακιού" υψηλής ποιότητας, ανθεκτικότητας, με ωραία εμφάνιση και αποδεκτό κόστος παραγωγής. Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις τάσεις που εκδηλώνονται από τους καταναλωτές, εντατικοποιήθηκε το εμπόριο του βαμβακιού σε παγκόσμιο επίπεδο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Συγχρόνως, η

συμβατική παραγωγή βαμβακιού συνδέθηκε με σημαντικές κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της υπερκατανάλωσης νερού, ακατάλληλης ή υπερβολικής χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, χαμηλών εισοδημάτων μικρών γεωργών και εξάντλησης του εδάφους (Σιώκη, 2019). Για το λόγο αυτό άρχισαν να εφαρμόζονται προγράμματα ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών τα οποία αποτέλεσαν την «ευφυή επιλογή για την διαχείριση των παρασιτογόνων που οδηγούν σε ευνοϊκές οικολογικές, κοινωνιολογικές και περιβαλλοντικές συνέπειες» (Rabb, 1972). Στόχος των προγραμμάτων αυτών είναι να διασφαλίσουν τον αποτελεσματικό έλεγχο των παρασίτων και να διατηρήσουν ένα φυσικό βιολογικό έλεγχο, για μεγαλύτερη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων. Στις ελληνικές συνθήκες, έρευνες έδειξαν ότι το πρόγραμμα ολοκληρωμένης διαχείρισης στο βαμβάκι υστερεί σε συνολική απόδοση σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια (Kavalaris et al., 1998 και Paramichail et al., 1998). Όσον αφορά την βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού η τριετής έρευνα των Bilalis και λοιποί (2015) έδειξε ότι με τη βιολογική καλλιέργεια μπορεί να εξασφαλίσει υψηλής ποιότητας βαμβάκι. Ένας ανεξάρτητος οργανισμός η «Πρωτοβουλία για Καλύτερο Βαμβάκι» (Better Cotton Initiative - BCI) έχει ως έργο της, την βελτίωση της παγκόσμιας καλλιέργειας του βαμβακιού τόσο για τους ανθρώπους που το καλλιεργούν όσο για το περιβάλλον. Αυτή η πρωτοβουλία επέτρεψε στους καλλιεργητές να μειώσουν το κόστος παραγωγής, να αυξήσουν το περιθώριο κέρδους τους και να βελτιώσουν τις συνθήκες εργασίας τους καθώς και την ποιότητα ζωής των οικογενειών τους (Riisgaard et al., 2017). Τα πιο αξιόπιστα πρότυπα, σύμφωνα με τους σημαντικότερους μη κυβερνητικούς οργανισμούς (PAN UK, Solidaridad και WWF), που αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια σε επίπεδο παραγωγής είναι:

- Το βιολογικό βαμβάκι (Organic Cotton)
- Το Fairtrade Foundation
- Το βαμβάκι από την Αφρική (Cotton made in Africa, CmiA)
- Το καλύτερο βαμβάκι (BCI).

Αυτά τα πρότυπα παρέχουν κατευθυντήριες γραμμές στους αγρότες σε πιο βιώσιμες πρακτικές καλλιέργειας, προκειμένου να εξασφαλίσουν στους αγοραστές

ότι το προϊόν που αγοράζουν ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις (Σιώκη, 2019).

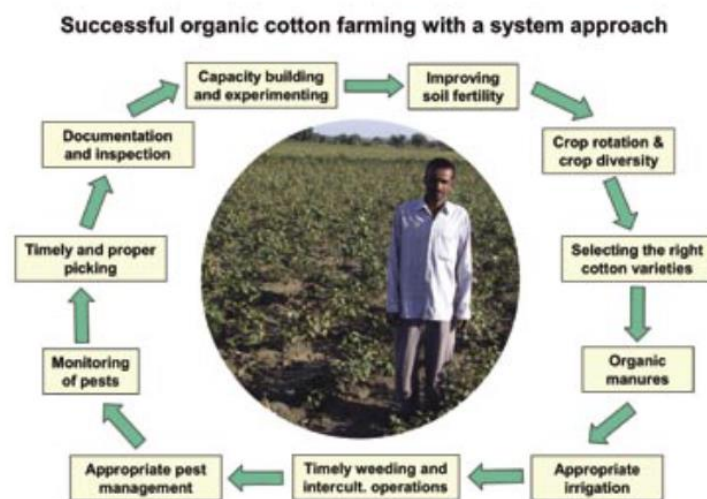
1.2.2 Πιστοποίηση βιολογικού βαμβακιού

Η βιολογική γεωργία είναι ένα σύστημα διαχείρισης της παραγωγής που ενισχύει τη βιοποικιλότητα καθώς και τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Αυτή η παραγωγή βασίζεται στις εφαρμογές διατήρησης και ενίσχυσης της οικολογικής αρμονίας. Οι ίνες «Οργανικού Βαμβακιού» μπορούν να οριστούν ως «πιο βιώσιμες» από τις ίνες του συμβατικού βαμβακιού και είναι ένα περιβαλλοντικά προτιμότερο προϊόν. Οι υποστηρικτές του βιολογικού βαμβακιού υποστηρίζουν την ιδέα ότι «το συμβατικό βαμβάκι δεν είναι μια περιβαλλοντικά υπεύθυνη καλλιέργεια». Δεδομένου ότι η συμβατική παραγωγή βαμβακιού έχει ένα μειονέκτημα από την κατάχρηση ή την κακή χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων για την καλλιέργεια, που έχουν με τη σειρά τους δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, οι ίνες βαμβακιού που καλλιεργούνται συμβατικά και κατ' επέκταση τα υφάσματα και τα ενδύματα έχουν υπολείμματα χημικών ουσιών που μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο και κάποια άλλα προβλήματα που σχετίζονται με την υγεία (Günaydin G. K. et al., 2019).

Το βιολογικό βαμβάκι, για να είναι μια βιώσιμη μέθοδος παραγωγής ινών, πρέπει να είναι κάτι περισσότερο από «φιλικό προς το περιβάλλον» πρέπει να προσφέρει ευκαιρίες να είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό σύστημα παραγωγής ινών, δηλ. αποτελεσματικό σύστημα για την παραγωγή κι άλλων καλλιεργειών και με άλλες πρόσθετες δυνατότητες τόσο στους παραγωγούς όσο και στον ευρύτερο κόσμο, όπως «καθαρισμό» της ατμόσφαιρας και του νερού και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, για παράδειγμα (Ferrigno et al., 2008).

Η μετατροπή ενός αγροκτήματος σε κατάλληλο για βιολογική παραγωγή δεν πραγματοποιείται απλώς και μόνο με αντικατάσταση των χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων με βιολογικά. Το βιολογικό βαμβάκι πρέπει να καλλιεργείται σε ένα ποικιλόμορφο και ισορροπημένο σύστημα καλλιέργειας που περιλαμβάνει επίσης τις άλλες καλλιέργειες. Αντί για αντιμετώπιση προβλημάτων, οι παραγωγοί βιολογικών προϊόντων θα πρέπει να προσπαθήσουν να αποτρέψουν τη δημιουργία προβλημάτων και να αποφύγουν όσο το δυνατόν περισσότερο τα υποκατάστατα

των συμβατικών εισροών. Αυτό απαιτεί ενδελεχή κατανόηση της διαχείρισης θρεπτικών ουσιών και παρασίτων και την ικανότητα συνεχούς παρατήρησης και εκμάθησης. Για να επιτευχθούν ικανοποιητικές αποδόσεις και εισόδημα στη βιολογική βαμβακοκαλλιέργεια, είναι απαραίτητο να υιοθετηθούν ορισμένα ολοκληρωμένα μέτρα σε μια συστημική προσέγγιση, διασφαλίζοντας ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ εδάφους, φυτών, περιβάλλοντος και ανθρώπων είναι καλά ισορροπημένη. Τα «συστατικά για την επιτυχία» πρέπει να εφαρμοστούν όλα μαζί (Εικ. 1.3) (Frank et al., 2005).



Εικόνα 1.3 Επιτυχημένη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με ένα σύστημα προσέγγισης (Frank et al., 2005).

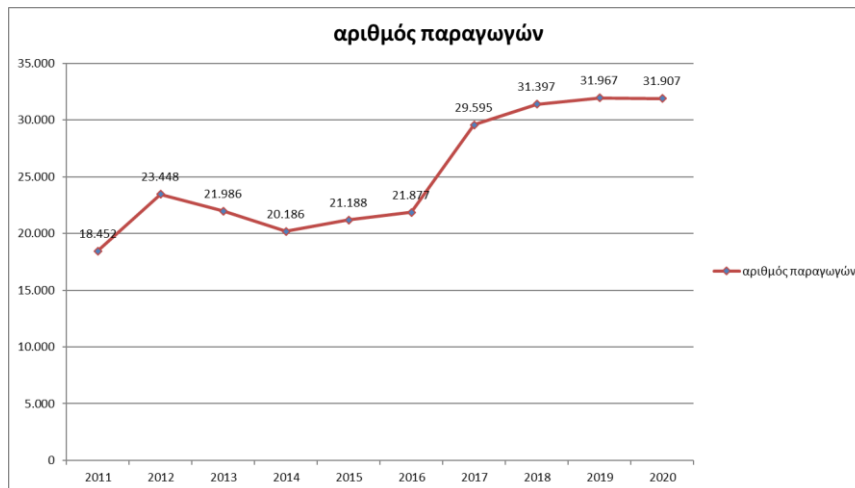
Διάφοροι οργανισμοί παγκοσμίως (παρατίθενται παρακάτω) πιστοποιούν τα αγροτικά προϊόντα ως βιολογικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ορίζουν και διευκολύνουν τη χρήση του βιολογικού βαμβακιού μέσω της διατήρησης προτύπων βιώσιμης γεωργίας (Textile Exchange 2016c).

- Indian Standard for Organic Textiles (ISOT), Ινδία
- Πρότυπο Εθνικού Βιολογικού Προγράμματος (NOP) από το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών (USDA)
- Το Παγκόσμιο Πρότυπο Βιολογικών Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων (GOTS)
- Πρότυπο οργανικού περιεχομένου (OCS 100)
- Πρότυπο οργανικού περιεχομένου (με συνδυασμό OCS)

- Soil Association Certification, Ηνωμένο Βασίλειο
- Chetna Organic, Ινδία
- Fair Trade, Αμερική
- Better Cotton Initiative (BCI)
- ECOCERT, Γαλλία
- Ιαπωνικό γεωργικό πρότυπο (JAS).

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια παραγωγής βιολογικού βαμβακιού ξεκίνησε στην Τουρκία στα τέλη της δεκαετίας του 1980 υπό την αιγίδα ενός έργου που δημιουργήθηκε από έναν ευρωπαϊκό συνεταιρισμό πέντε εισαγωγέων βιολογικών τροφίμων που ονομάζεται Good Food Foundation (Myers et al., 1999).

Η βιολογική γεωργία στην Ελλάδα ξεκίνησε την εποχή που δεν υπήρχαν κανονισμοί, εθνικοί ή ευρωπαϊκοί. Η πρώτη βιολογική παραγωγή στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1982 στην Αιγιαλεία όταν μια μικρή ομάδα ντόπιων αγροτών ξεκίνησε την παραγωγή βιολογικών κορινθιακών σταφυλιών με σκοπό την εξαγωγή τους στην Ολλανδία. Αν και οι πιθανότητες ήταν εναντίον τους και σίγουρα δεν ήταν εύκολο στην αρχή, οι προσπάθειες αυτής της μικρής ομάδας αγροτών αποδείχθηκαν επιτυχημένες. Η δραστηριότητα στη βιολογική γεωργία της Ε.Α.Σ. Αιγιαλείας (Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών) εξακολουθεί να υφίσταται, με πάνω από 500 παραγωγούς να ασχολούνται με την καλλιέργεια σταφυλιών, ελιών και εσπεριδοειδών. Η πρώτη βιολογική παραγωγή ελιάς ξεκίνησε στη Μάνη στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία για τη βιολογική γεωργία για την περίοδο από το 1982 έως το 1992. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, υπήρχαν περίπου 150 παραγωγοί που καλλιεργούσαν συνολική έκταση 200 εκταρίων. Ο κανονισμός 2092/91 της ΕΕ επέφερε μια σημαντική αλλαγή. Πολλοί αγρότες μετέτρεψαν επίσημα τις φάρμες τους σε βιολογική γεωργία. Μια δεύτερη επέκταση έλαβε χώρα μετά την εισαγωγή των επιδοτούμενων εκταρίων το 1996 με την έγκριση του κανονισμού ΕΕ 2078/92. Η βιολογική γεωργία έχει επεκταθεί ραγδαία από την επίσημη ίδρυσή της, με ετήσιους ρυθμούς ανάπτυξης μεταξύ 50% και 120%. Το 1999, τόσο το μερίδιο της βιολογικά χρησιμοποιούμενης έκτασης όσο και ο αριθμός των βιοκαλλιεργητών ανήλθαν στο 0,5% του συνόλου της χώρας (Agrotrain Project, 2010) (Διάγραμμα 1.2).



Διάγραμμα 1.2 Εξέλιξη των βιοκαλλιεργητών στην Ελλάδα (ΥΠΑΑΤ, 2011-2020).

Η ζήτηση των καταναλωτών για βιολογικά προϊόντα είναι συγκεντρωμένη στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη. Αυτές οι δύο περιοχές αποτελούν το 97% της παγκόσμιας αγοράς βιολογικών προϊόντων. Η ευρωπαϊκή αγορά αντιπροσωπεύει το 54% των παγκόσμιων εσόδων από την πώληση βιολογικών προϊόντων. Σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες, τα βιολογικά προϊόντα αντιπροσωπεύουν πάνω από το 4% των πωλήσεων τροφίμων (Amarjit, 2009).

Επίσης, ενδιαφέρον για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα από οργανικό βαμβάκι υπάρχει στις ΗΠΑ, στην Ιαπωνία και στην Αυστραλία. Ορισμένες μεγάλες εταιρείες ασχολούνται με τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα από βιολογικό βαμβάκι προκειμένου να βελτιώσουν την εταιρική τους εικόνα όσον αφορά την περιβαλλοντική και κοινωνική ευθύνη. Οι κύριοι λόγοι για τους καταναλωτές να αγοράζουν υφάσματα από οργανικό βαμβάκι είναι (Frank et al., 2005):

- Μείωση του κίνδυνου ερεθισμού του δέρματος και αλλεργιών.
- Προστασία του περιβάλλοντος από τοξικές χημικές ουσίες.
- Υποστήριξη της βιώσιμης γεωργικής παραγωγής στη χώρα όπου καλλιεργείται το βαμβάκι.
- Διασφάλιση ότι οι αγρότες στις αναπτυσσόμενες χώρες λαμβάνουν δίκαιη τιμή.

Ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός 848/2018 καθορίζει τις αρχές της βιολογικής παραγωγής και θεσπίζει τους κανόνες σχετικά με τη βιολογική παραγωγή. Η βιολογική παραγωγή επιδιώκει τους ακόλουθους γενικούς στόχους:

- α) να συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος και του κλίματος,
- β) να διατηρήσει τη μακροχρόνια γονιμότητα των εδαφών,
- γ) να συμβάλει σε υψηλό επίπεδο βιοποικιλότητας,
- δ) να συμβάλει σημαντικά σε ένα μη τοξικό περιβάλλον,
- ε) να συμβάλει σε υψηλού επιπέδου πρότυπα σχετικά με τις συνθήκες διαβίωσης των ζώων και, ειδικότερα, να ικανοποιεί τις ιδιαίτερες ανάγκες συμπεριφοράς των διαφόρων ειδών ζώων,
- στ) να προωθήσει τους βραχείς διαύλους διανομής και την τοπική παραγωγή στις διάφορες περιοχές της Ένωσης,
- ζ) να ενθαρρύνει τη διατήρηση των σπάνιων και αυτόχθονων φυλών που απειλούνται με εξαφάνιση,
- η) να συμβάλει στην ανάπτυξη της προμήθειας φυτικού γενετικού υλικού προσαρμοσμένου στις ειδικές ανάγκες και επιδιώξεις της βιολογικής γεωργίας,
- θ) να συμβάλει στη διατήρηση υψηλού επιπέδου βιοποικιλότητας, ιδίως με τη χρήση ποικίλου φυτικού γενετικού υλικού, όπως βιολογικού ετερογενούς υλικού και βιολογικών ποικιλιών τα οποία είναι κατάλληλα για τη βιολογική παραγωγή,
- ι) να προωθήσει την ανάπτυξη των δραστηριοτήτων βιολογικής ανά παραγωγής φυτών με στόχο τη συμβολή στην ανάπτυξη ευνοϊκών οικονομικών προοπτικών για τον βιολογικό τομέα.

Επίσης, η βιολογική παραγωγή αποτελεί σύστημα αειφόρου διαχείρισης το οποίο βασίζεται στις ακόλουθες γενικές αρχές:

- α) το σεβασμό προς τα συστήματα και τους κύκλους της φύσης και διατήρηση και βελτίωση της κατάστασης του εδάφους, του νερού και του αέρα, της υγείας των φυτών και των ζώων, και της ισορροπίας μεταξύ αυτών,
- β) τη διατήρηση στοιχείων του φυσικού τοπίου όπως χώρων φυσικής κληρονομιάς,

γ) την υπεύθυνη χρήση των ενεργειακών και των φυσικών πόρων, όπως το νερό, το έδαφος, οι οργανικές ύλες και ο ατμοσφαιρικός αέρας,

δ) την παραγωγή ευρείας ποικιλίας τροφίμων υψηλής ποιότητας και άλλων γεωργικών προϊόντων και προϊόντων υδατοκαλλιέργειας που να ανταποκρίνονται στην καταναλωτική ζήτηση για προϊόντα παραγόμενα με διεργασίες που δεν βλάπτουν το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, την υγεία των φυτών και των ζώων και τις συνθήκες διαβίωσής τους,

ε) την εξασφάλιση της ακεραιότητας της βιολογικής παραγωγής σε όλα τα στάδια της παραγωγής, παρασκευής και διανομής των τροφίμων και των ζωοτροφών,

στ) τον κατάλληλο σχεδιασμό και διαχείριση των βιολογικών διεργασιών βάσει οικολογικών συστημάτων και χρησιμοποιώντας φυσικούς πόρους στο εσωτερικό του συστήματος διαχείρισης, χρησιμοποιώντας με μεθόδους που:

i) χρησιμοποιούν ζώντες οργανισμούς και μηχανικές μεθόδους παραγωγής·

ii) Παράγουν προϊόντα φυτικής και ζωικής προέλευσης σύμφωνα με την αρχή της αειφόρου εκμετάλλευσης των υδάτινων πόρων,

iii) αποκλείουν τη χρήση ΓΤΟ (Γεννητικά Τροποποιημένων Οργανισμών) και προϊόντων που παράγονται από και με ΓΤΟ , εξαιρουμένων των κτηνιατρικών φαρμακευτικών προϊόντων,

iv) βασίζονται σε εκτίμηση του κινδύνου και στη χρήση μέτρων προφύλαξης και προληπτικών μέτρων, εφόσον απαιτείται,

ζ) χρησιμοποιούν σε περιορισμένο βαθμό εξωτερικές εισροές· όταν οι εξωτερικές εισροές είναι απαραίτητες, ή ελλείπει των κατάλληλων πρακτικών και μεθόδων διαχείρισης. Οι εξωτερικές εισροές περιορίζονται σε:

i) εισροές από τη βιολογική παραγωγή: όσον αφορά το φυτικό αναπαραγωγικό υλικό προτεραιότητα δίδεται σε επιλεγμένες ποικιλίες λόγω της ικανότητάς τους να ικανοποιούν τις ειδικές ανάγκες και στοχεύσεις της βιολογικής γεωργίας,

ii) φυσικές ουσίες ή ουσίες που παράγονται με φυσικό τρόπο,

iii) ανόργανα λιπάσματα χαμηλής διαλυτότητας.

1.3 Άρδευση

1.3.1 Μέθοδοι άρδευσης

Το βαμβάκι μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικό μόνο σε περιορισμένο αριθμό περιοχών και συνήθως η βέλτιστη απόδοση δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς άρδευση (Cetin et al, 2002). Οι Pinnamaneni και λοιποί (2021) και οι Sui και λοιποί (2017) αναφέρουν ότι η άρδευση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την επίτευξη τόσο υψηλής απόδοσης φυτικών ινών όσο και ποιότητας σπόρων κι ότι η άρδευση αύξησε την απόδοση του βαμβακιού και βελτίωσε το μήκος των ινών. Για την παραγωγή βαμβακιού χρησιμοποιούνται ευρέως διαφορετικοί μέθοδοι άρδευσης, με πιο συνηθισμένες:

- Εφαρμογή άρδευσης ακριβείας χαμηλής ενέργειας (LEPA),
- εφαρμογή ψεκασμού σε χαμηλό ύψος (LESA),
- εφαρμογή ψεκασμού μεσαίου ύψους (MESA),
- μετακινούμενη στάγδην άρδευση (MDI),
- επιφανειακή άρδευση (SI),
- υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση (SDI), και
- άρδευση με αυλάκια (FI).

Οι μέθοδοι άρδευσης έχουν διαφορετικά αποτελέσματα κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Οι επιτόπιες μελέτες είναι κρίσιμες για τον εντοπισμό της τεχνολογίας που μπορεί να προσφέρει βέλτιστη απόδοση και ποιότητα βαμβακιού και, ταυτόχρονα, να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα χρήσης του νερού (Koudahe et al., 2021). Η υποεπιφανειακή άρδευση με σταγόνες έχει αποδειχθεί ότι είναι ευεργετική όσον αφορά την αυξημένη απόδοση, τη βελτιωμένη ποιότητα των καλλιεργειών και το μειωμένο παραγωγικό κόστος (π.χ. για τον έλεγχο των ζιζανίων ή την εφαρμογή νερού) (Ayars et al., 2015), αλλά υπάρχουν ορισμένοι τεχνικοί και οικονομικοί περιορισμοί που σχετίζονται με τη μετατροπή, τον αυτοματισμό και τη συντήρηση αυτού του συστήματος. Πράγματι, η χρήση διαφορετικών συστημάτων άρδευσης έχει ως αποτέλεσμα διακριτά πρότυπα χρήσης του νερού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα μεσογειακά συστήματα, όπου η άρδευση πρέπει να βελτιστοποιηθεί, λόγω των περιορισμένων υδάτινων πόρων κατά τις καλοκαιρινές

περιόδους ανάπτυξης των καλλιεργειών. Το πιο αποτελεσματικό σύστημα άρδευσης από την άποψη της χρήσης νερού είναι η υποεπιφανειακή στάγδην άρδευση, ακολουθούμενη από τη κανονική/επιφανειακή στάγδην άρδευση και μετά ο καταιονισμός – τεχνητή βροχή. Αντίθετα, η άρδευση με αυλάκια έχει ως αποτέλεσμα τα υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης νερού, συμπίπτοντας έτσι με την τεχνολογία μετριάσμου N_2O (Sanz-Cobena et al., 2016).

Η Υδρολίπανση, η άρδευση σε συνδυασμό με την εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος διαλυμένου στο νερό άρδευσης (δηλαδή, λίπανση) είναι ιδανικά κατάλληλη για τον έλεγχο της εφαρμογής του λιπάσματος, του χρόνου και του ρυθμού, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα της χρήσης του αζώτου. Αυτή η στρατηγική λίπανσης είναι πολύ σημαντική στο πλαίσιο αυξανόμενων περιόδων ξηρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής στα μεσογειακά αγρο-οικοσυστήματα (Abalos et al., 2014b). Έχουν αναφερθεί σε έρευνες μειώσεις στις άμεσες εκπομπές οξειδίων του αζώτου (N_2O) μεταξύ 30 και 50% σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πρακτικές λίπανσης και άρδευσης σε μεσογειακές καλλιέργειες με λίπανση, κυρίως λόγω της επίδρασης στους ρυθμούς νιτροποίησης (Sanz-Cobena et al., 2016). Δεδομένου ότι πρόκειται για μια σχετικά νέα μεθοδολογία, θα μπορούσαν να υπάρχουν αρχικά οικονομικά εμπόδια που σχετίζονται με τη μετατροπή από τη μέθοδο με αυλάκι ή καταιονισμό. Μπορεί επίσης να υπάρχουν τεχνικά και οικονομικά εμπόδια που σχετίζονται με τη συντήρηση, ένα πρόβλημα που μπορεί να ξεπεράσει εν μέρει η αυτοματοποίηση, διευκολύνοντας τις δραστηριότητες άρδευσης και λίπανσης (Thompson et al., 2000). Αντίθετα, η υδρολίπανση μπορεί να χρησιμεύσει στη μείωση του κόστους λόγω εξοικονόμησης εισροών (π.χ. νερό, λιπάσματα) και αύξησης της ποιότητας και της παραγωγικότητας των καλλιεργειών.

Στην Ελλάδα, η άρδευση με τεχνητή βροχή (καταιονισμός) είναι πολύ διαδεδομένη για το βαμβάκι. Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε αγρούς που δεν έχουν ισοπεδωθεί ή έχουν κλίση. Επίσης, είναι εύκολη η ρύθμιση της ποσότητας του νερού και η αξιοποίηση της σχετικώς μικρής παροχής των γεωτρήσεων. Τα βασικά μειονεκτήματά της είναι: 1) το αυξημένο κόστος προμήθειας αλλά και λειτουργίας του συγκροτήματος, 2) η ομοιομορφία του ποτίσματος επηρεάζεται από την πνοή ανέμου, 3) οι απώλειες νερού από εξάτμιση είναι μεγαλύτερες και 4) με την διαβροχή των φυτών συμβάλλει στην εκδήλωση ορισμένων ασθενειών. Παραλλαγή της τεχνητής βροχής είναι τα αυτοκινούμενα συστήματα τεχνητής βροχής (ράμπια) που έχουν περιορισμένο κόστος εφαρμογής της άρδευσης αλλά αυξημένο κόστος

προμήθειας του συγκροτήματος (Μαρέτης Κ., 1981). Επίσης, η στάγδην άρδευση κερδίζει συνεχώς όλο και περισσότερο έδαφος στην εφαρμογή της σε βάρος της τεχνητής βροχής. Τα βασικά πλεονεκτήματα της στάγδην άρδευσης συνοψίζονται σε υψηλότερες αποδόσεις, αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του νερού και μεγαλύτερη διεισδυτικότητα. Για την εξασφάλιση αυτών των ουσιαστικών πλεονεκτημάτων, είναι σημαντικό το σύστημα στάγδην άρδευσης να είναι σχεδιασμένο σωστά και να λειτουργεί σωστά (Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., 2000).

1.3.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

«Ένα από τα μεγάλα ζητήματα που ανακύπτουν συνοψίζεται καλύτερα στην ερώτηση: Είναι βιώσιμη η άρδευση; Η απάντηση είναι ξεκάθαρα ναι, αλλά με αντιστάθμιση, και η αντιστάθμιση είναι: Εάν είστε διατεθειμένοι να πληρώσετε το τίμημα. Γνωρίζουμε αρκετά για τον τρόπο διαχείρισης της αρδευόμενης γης ώστε να μπορούμε να τη διατηρήσουμε παραγωγική επ' αόριστον. Αλλά αστεειυόμαστε αν λέμε ότι μπορούμε να το κάνουμε αυτό χωρίς κάποια περιβαλλοντική επίπτωση. Και το αν είμαστε διατεθειμένοι να πληρώσουμε αυτό το τίμημα είναι μια πολιτική απόφαση, όχι μια απόφαση μηχανικής.» (J. van Schilfgaarde, Clemings, 1996)

Η έννοια της βιωσιμότητας έχει αναπτυχθεί σε πολλά θέματα τα τελευταία χρόνια. Ορισμένοι ερευνητές ορίζουν την έννοια ως τη διασφάλιση ότι οι μελλοντικές γενιές θα έχουν την ευκαιρία να παράγουν τα αγαθά και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων τους. Η άρδευση μπορεί να θεωρηθεί βιώσιμη όταν οι αναπόφευκτες επιπτώσεις στις γεωργικές εκτάσεις, τους υδάτινους πόρους αλλά και αλλού βρίσκονται εντός των ορίων που επιτρέπουν στην κοινωνία να καλύπτει στις απαιτήσεις της σε τρόφιμα, φυτικές ίνες και περιβαλλοντική ποιότητα (Wichelns et al., 2006).

Η άρδευση περιλαμβάνει εγγενείς φυσικές και χημικές διεργασίες που μπορούν να προκαλέσουν τη συσσώρευση αλάτων στα εδάφη. Η έκπλυση και η αποστράγγιση που απαιτούνται για τη διατήρηση της παραγωγικότητας μεταφέρουν άλατα και άλλα συστατικά από το έδαφος σε ποτάμια και λίμνες. Η ποσότητα του νερού που αφαιρείται λόγω έκπλυσης και αποστράγγισης, καθώς και οι επιπτώσεις της αποστράγγισης σε επίπεδο εκμετάλλευσης και εκτός αγροκτήματος, μπορούν

να τροποποιηθούν με επενδύσεις σε υποδομές άρδευσης και αποστράγγισης και από πολιτικές που παρακινούν τους αγρότες να βελτιώσουν τις πρακτικές διαχείρισης του νερού. Οι κυβερνητικές επενδυτικές στρατηγικές και πολιτικές θα αντικατοπτρίζουν τις προτιμήσεις του κοινού σχετικά με τις αναπόφευκτες επιπτώσεις της άρδευσης στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, η έννοια της βιωσιμότητας της άρδευσης θα ποικίλλει μεταξύ των περιοχών και με την πάροδο του χρόνου με διαφορές στις προτιμήσεις του κοινού (Wichelns et al., 2006). Η παγκόσμια παραγωγή δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις μελλοντικές απαιτήσεις για τρόφιμα και φυτικές ίνες, με αποδεκτό περιβαλλοντικό κόστος, χωρίς άρδευση. Υπάρχουν περιοχές όπου η άρδευση θα διακοπεί, αλλά συνολικά, η άρδευση πρέπει να διατηρηθεί (Wichelns et al., 2006).

Πολλά προγράμματα άρδευσης αντιμετωπίζουν ένα αβέβαιο μέλλον λόγω της συσσώρευσης αλάτων στα εδάφη και του αυξανόμενου ανταγωνισμού για περιορισμένα αποθέματα νερού. Επιπλέον, οι αλλαγές στις κοινωνικές απόψεις σχετικά με τη γεωργία, την άρδευση και τα οικοσυστήματα έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερα ποσοστά νερού για άρδευση σε πολλές περιοχές. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις σε νερό στις πόλεις και οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της άρδευσης και της αποστράγγισης παρακινούν τη δημόσια διοίκηση να ανακατανείμει τα αποθέματα νερού από γεωργικές σε δημοτικές χρήσεις. Σε ορισμένες περιοχές αυτές οι αποφάσεις μπορεί να αντικατοπτρίζουν μια κοινωνική άποψη ότι το άμεσο και έμμεσο κόστος της αειφόρου άρδευσης δεν είναι πλέον προσιτό (Wichelns et al., 2006). Στις περισσότερες περιοχές του κόσμου, οι αγρότες δεν απαιτείται ή δεν έχουν κίνητρο να εξετάσουν τις επιπτώσεις των αποφάσεών τους εκτός αγροκτήματος. Ελλείψει περιορισμών, οι αγρότες θα αντλήσουν το νερό που απαιτείται από τα επιφανειακά συστήματα ή τους υδροφόρους ορίζοντες για να επιτύχουν τους στόχους τους χωρίς να λάβουν υπόψη το παρόν ή το μελλοντικό κόστος που επιβάλλεται σε άλλους. Απαιτούνται κατάλληλοι θεσμοί και πολιτικές για την ενθάρρυνση της υιοθέτησης νέων και υφιστάμενων τεχνολογιών. Δεδομένης αυτής της προοπτικής, ένα καλό σημείο εκκίνησης για την παρακίνηση των αγροτών να εφαρμόσουν πρακτικές που συνάδουν με τη βιώσιμη άρδευση είναι να διασφαλιστεί ότι οι αγρότες συμμερίζονται τους στόχους της κοινωνίας. Οι τιμές και οι κατανομές του νερού άρδευσης θα πρέπει να αντικατοπτρίζουν την αξία του νερού σε εναλλακτικές χρήσεις και τις επιπτώσεις της άρδευσης και της

αποστράγγισης εκτός αγροκτήματος. Οι τιμές του νερού μπορούν να παρακινήσουν την αποτελεσματική του χρήση (Llamas et al., 2005a, 2005b και Shah, 2005).

Η σχέση παραγωγής μιας καλλιέργειας και ποσότητας νερού άρδευσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως κλιματικές συνθήκες, το έδαφος και η εφαρμοζόμενες τεχνικές καλλιέργειας. Επειδή συνήθως η υπεράρδευση δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην καλλιέργεια, οι αγρότες έχουν την τάση για να «αισθάνονται ασφαλείς» να αυξάνουν την ποσότητα νερού άρδευσης πάνω από τις πραγματικές ανάγκες, ειδικά όταν η τιμή του νερού άρδευσης είναι πολύ χαμηλή (Χαρτζουλάκης κ. ά. , 2009).

Γενικά, πιστεύεται ότι σε σύγκριση με τη μη αρδευόμενη γεωργία, η άρδευση μπορεί να οδηγήσει σε εξαπλάσια αύξηση των αποδόσεων των σιτηρών και περίπου τετραπλάσια αύξηση στα ριζώδη λαχανικά. Καθώς το εύφορο έδαφος γίνεται πιο σπάνιο, η άρδευση δίνει τη δυνατότητα στους παραγωγούς να λάβουν υψηλότερες αποδόσεις. Η κατασκευή φραγμάτων και δεξαμενών ήταν το κύριο μέσο για την εξασφάλιση νερού άρδευσης. Τα άμεσα οφέλη της άρδευσης είναι η εντατικοποίηση της χρήσης γης και η αυξημένη προσφορά τροφίμων. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές ενδείξεις ότι μετά την άρδευση, μεγάλες εκτάσεις έχουν καταστεί μερικές φορές ακατάλληλες για τη γεωργία. Εκτός από τα τεράστια οφέλη, τα έργα άρδευσης έχουν δημιουργήσει δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, τη κατάσταση του εδάφους και των υδάτων, την ποιότητα των υδάτων και σε ορισμένες περιπτώσεις στις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες των ανθρώπων. Στις ιδανικές περιπτώσεις καλής ποιότητας νερού, καλά αποστραγγιζόμενων εδαφών, σωστά σχεδιασμένου συστήματος άρδευσης, βέλτιστης διαχείρισης εδάφους και νερού, η άρδευση τροφοδοτεί τα φυτά με επαρκή ποσότητα νερού, αλλάζει ευνοϊκά τις διαδικασίες του εδάφους κι αυξάνει όχι μόνο την πραγματική παραγωγικότητα της γης αλλά και τη γονιμότητα του εδάφους. Από την άλλη πλευρά, σε περιπτώσεις κακής ποιότητας νερού, κακής αποστράγγισης εδάφους και κακής διαχείρισης, η άρδευση όχι μόνο βλάπτει άμεσα τα φυτά, περιορίζει την πρόσληψη και την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων, αλλά καταστρέφει επίσης τη δομή του εδάφους και προκαλεί δυσμενείς διεργασίες στο έδαφος, όπως αλάτωση, αλκαλοποίηση και κορεσμό, κάτι που μειώνει σημαντικά τη γονιμότητα του εδάφους. Σύμφωνα με το FAO και την UNESCO, πάνω από το 50% όλων των αρδευόμενων εκτάσεων στο κόσμο έχουν υποστεί ζημιές από αυτές τις διαδικασίες και χρόνο με το χρόνο πολλά εκατομμύρια αρδευόμενα εκτάρια πρέπει να εγκαταλείπονται. Μια

από τις επιζήμιες συνέπειες της άρδευσης είναι η ρύπανση των υπόγειων υδάτων από την έκπλυση ρυπών από το υπέδαφος και την επιφάνεια του εδάφους. Οι πιο συνηθισμένοι ρύποι είναι οι αζωτούχες ενώσεις, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε αρδευόμενες εκτάσεις. Αυτοί οι ρύποι εμφανίζονται στην επιφανειακή απορροή τα αρδευόμενα χωράφια και ρυπαίνουν τα κανάλια αποστράγγισης, τα ρέματα, τα ποτάμια και τις λίμνες. Αυτές οι επιπτώσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τη χρήση μέτρων ελέγχου και με την υιοθέτηση πρακτικών διαχείρισης της ποιότητας του νερού και του περιβάλλοντος. Μπορούν να υιοθετηθούν καλύτερες πρακτικές εφαρμογής λιπασμάτων και χρήση εναλλακτικού συστήματος άρδευσης για την επίτευξη μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας στη χρήση του νερού, όπως άρδευση με καταιονισμό ή στάγδην άρδευση (Rameshwar, 1986).

Η Ελλάδα θεωρείται πλούσια χώρα σε νερό, με το μέσο ύψος των ετήσιων βροχοπτώσεων να φτάνει στα 700 mm, δηλαδή 115 δισ. m³. Από αυτά χάνεται το 50% λόγω εξατμισοδιαπνοής και το 30% λόγω επιφανειακής απορροής, καταλήγουν στη θάλασσα. Η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις δημιουργούν φαινόμενα λειψυδρίας σε ορισμένες περιοχές. Στην Ελλάδα η γεωργία είναι ο μεγάλος καταναλωτής νερού μέσω της άρδευσης (78%), η ύδρευση ακολουθεί μετά (15,8%) και τέλος η βιομηχανία (5,7%) (Χαρτζουλάκης κ. ά. , 2009).

Στη συμβατική μέθοδο βαμβακοκαλλιέργειας πραγματοποιείται σε πολλές περιπτώσεις αδιάκριτη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Αυτό προκαλεί υπερβολική ρύπανση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων.

1.3.3 Υδατικό αποτύπωμα

Το υδατικό αποτύπωμα αναλύει την κατανάλωση νερού σε διάφορα στάδια της καλλιέργειας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του. Το Gray water footprint (GWF) μετρά τον όγκο του γλυκού νερού που απαιτείται για να αφομοιώσει όλη τη ρύπανση που δημιουργείται από τη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και να το κάνει κατάλληλο για περαιτέρω χρήση. Με άλλα λόγια, το GWF αντικατοπτρίζει τη συμβολή του αγρότη στην υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (Franke/Mathews, 2011).

Η περιβαλλοντική επίπτωση μπορεί να αξιολογηθεί ανά εκτάριο γης ή ανά κιλό παραγόμενου γεωργικού προϊόντος ανάλογα με τους στόχους της αξιολόγησης (Picasso et al., 2014). Η άρδευση συνήθως αυξάνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών, αλλά επίσης μπορεί να απαιτεί μεγαλύτερη χρήση εισροών (φυτοφάρμακα και λιπάσματα). Επομένως, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά μονάδα επιφάνειας μπορεί να αυξηθούν με την άρδευση. Ωστόσο, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της άρδευσης ανά μονάδα στη φυτική παραγωγή εξαρτώνται από την αύξηση της καλλιεργητικής απόδοσης σε σχέση με την αύξηση της χρήσης εισροών. Εάν η άρδευση αυξάνει τις αποδόσεις των καλλιεργειών σχετικά περισσότερο από την αύξηση της χρήσης των εισροών, τότε οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά μονάδα καλλιέργειας είναι μειωμένες (Xiao-Tang et al., 2009). Ωστόσο, εάν η αύξηση των εισροών είναι σχετικά μεγαλύτερη από την αύξηση των αποδόσεων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των καλλιεργειών μπορεί να αυξηθούν (Clark and Tilman, 2017). Το αποτύπωμα νερού είναι ένας πολυδιάστατος δείκτης που επιτρέπει τον χαρακτηρισμό του όγκου του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας, λαμβάνοντας υπόψη τον όγκο του γλυκού νερού που καταναλώνεται και αυτού που έχει μολυνθεί κατά τη διαδικασία. Εκφράζεται σε litre kg⁻¹, και μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις τύπους:

1. Blue water (μπλε υδατικό αποτύπωμα), είναι η κατανάλωση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων που έχουν αντληθεί,
2. Green water (πράσινο υδατικό αποτύπωμα), είναι ο όγκος του βρόχινου νερού που καταναλώνεται από τη βλάστηση και δεν γίνεται απορροή
3. Grey water (γκρι υδατικό αποτύπωμα), είναι ο όγκος γλυκού νερού που απαιτείται για την απορρόφηση ενός φορτίου ρύπων (Hoekstra et al., 2011).

Το βαμβάκι καταναλώνει περίπου το 2,6% του νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως (Charagain et al., 2005).

1.4 Αέρια Θερμοκηπίου

1.4.1 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» χρησιμοποιήθηκε αρχικά τον 18^ο αιώνα. Εκείνη την περίοδο, χρησιμοποιούνταν για να περιγράψει τις φυσικές λειτουργίες που συνέβαιναν στην ατμόσφαιρα από τα συστατικά της και δεν είχε οποιαδήποτε

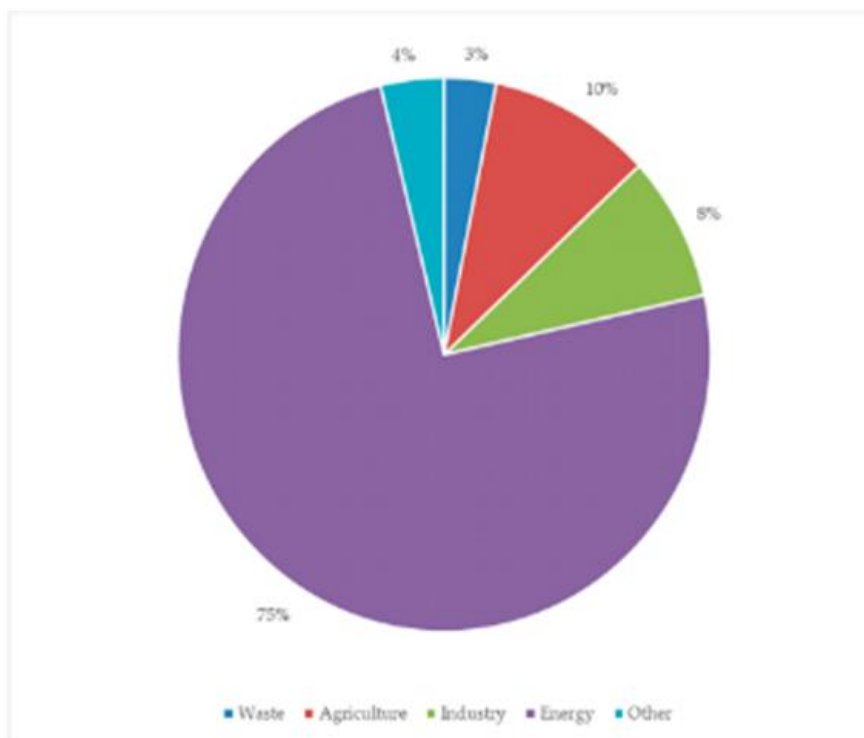
αρνητική έννοια. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 ο όρος συνδυάστηκε με την ανησυχία σχετικά με την αλλαγή του κλίματος. Στις τελευταίες δεκαετίες, το φαινόμενο του θερμοκηπίου συνδέεται με τις πιθανές επιδράσεις ενός «ενισχυμένου» φαινομένου του θερμοκηπίου. Υπενθυμίζεται ότι χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ζωή στη Γη, όπως τη γνωρίζουμε, δεν θα ήταν δυνατή (Κατσαφάδος κ.ά., 2015).

Η αρχή λειτουργίας του θερμοκηπίου ισχύει και στη γήινη ατμόσφαιρα. Μεγάλο μέρος της ηλιακής ενέργειας φθάνει στη Γη ως ορατή ακτινοβολία. Από το ορατό φως που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα περίπου το 30% ανακλάται πίσω στο διάστημα από τα νέφη, το χιόνι και την ξηρά που καλύπτεται από πάγους, τις θαλάσσιες επιφάνειες και τα ατμοσφαιρικά αερολύματα. Το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας. Η ενέργεια που απορροφάται από την επιφάνεια της Γης τελικά επανεκπέμπεται, αλλά όχι σαν ορατό φως (μόνο πολύ θερμά αντικείμενα, όπως ο Ήλιος, μπορούν να εκπέμπουν σε ορατό φως). Αντί αυτού, εκπέμπεται ως μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, δηλαδή υπέρυθη ακτινοβολία, η οποία καλείται επίσης και θερμική ακτινοβολία. Συγκεκριμένα αέρια της ατμόσφαιρας, γνωστά ως «ίχνη αερίων», επειδή έχουν μόνο μικρή συμμετοχή στη σύσταση της ατμόσφαιρας, μπορούν να απορροφούν την εξερχόμενη υπέρυθη ακτινοβολία, παγιδεύοντας τη θερμική ενέργεια στο σύστημα επιφάνειας-ατμόσφαιρας (Κατσαφάδος κ.ά., 2015).

Το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει ονομαστεί «φαινόμενο του θερμοκηπίου», καθώς τα ίχνη των αερίων παγιδεύουν την θερμότητα με παρόμοιο τρόπο, όπως ένα διαφανές κάλυμμα θερμοκηπίου. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης θα ήταν πολύ πιο χαμηλή από τη θερμοκρασία ψύχους. Αύξηση, όμως, στα ίχνη των αερίων στην ατμόσφαιρα θα μπορούσε να επιφέρει αύξηση στην απορροφούμενη θερμική ακτινοβολία και θα οδηγούσε σε αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας (Κατσαφάδος κ.ά., 2015).

Το 2018, οι συνολικές εκπομπές GHG της ΕΕ ανήλθαν σε 4,4 δισεκατομμύρια τόνους. Κατά τα έτη 1990–2018, το μερίδιο των επιμέρους πηγών εκπομπών GHG στην ΕΕ φαίνεται στην Διάγραμμα 1.3. Στην περίπτωση της γεωργίας, το μερίδιο κυμάνθηκε 1–14%, το οποίο είναι συγκρίσιμο με τον κλάδο της βιομηχανίας (Tubiello et al., 2013, Smith et al., 2007), Mohammed et al., 2020). Σε απόλυτες

τιμές, η γεωργία εξέπεμψε κατά μέσο όρο 436 εκατομμύρια τόνους αερίων θερμοκηπίου ετησίως. Στο πλαίσιο της διαδικασίας μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, πρέπει να σημειωθεί ότι, από το 1990, οι εκπομπές στη γεωργία έχουν μειωθεί κατά 23%. Αυτό οφειλόταν σε διάφορους παράγοντες. Πρώτα απ' όλα, μειώθηκε το ζωικό κεφάλαιο και περιορίστηκε η κατανάλωση αζωτούχων ενώσεων (Perez Dominguez et al., 2016).

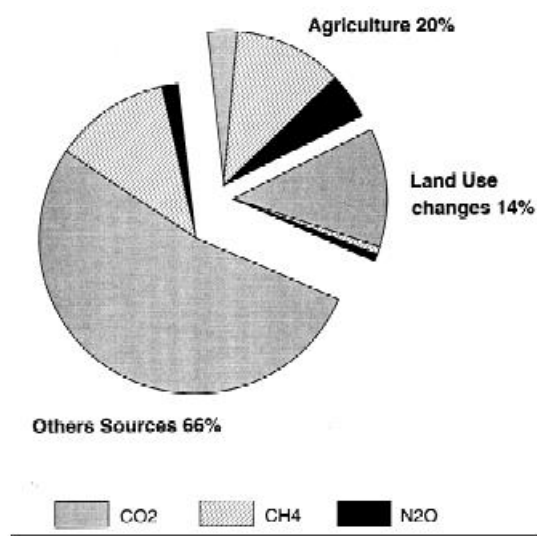


Διάγραμμα 1.3 Δομή των εκπομπών GHG στην ΕΕ το 2018 ανά τομέα (Πηγή: Eurostat 2021).

1.4.2 Επίδραση γεωργίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίου του αζώτου από τη γεωργία μαζί αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα πέμπτο της ετήσιας αύξησης της ακτινοβολίας της κλιματικής αλλαγής (Διάγραμμα 1.4). Όταν περιλαμβάνονται αλλαγές στη χρήση γης όπως η καύση βιομάζας και υποβάθμιση του εδάφους, η συνολική ακτινοβολία ανέρχεται στο ένα τρίτο των ανθρωπογενών επιπτώσεων. Η μεγάλη επίδραση των αλλαγών στις χρήσεις γης οφείλεται στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Αντίθετα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου είναι οι κύριοι παράγοντες που προκύπτουν από τις γεωργικές εφαρμογές, καθώς ο γεωργικός

τομέας παράγει περίπου το 50 και 70%, αντίστοιχα, των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών αυτών των αερίων (Cole et al., 1997).



Διάγραμμα 1.4 Αναλογίες της ετήσιας αύξησης της παγκόσμιας ακτινοβολίας που αποδίδεται στη γεωργία και τις αλλαγές στη χρήση γης που σχετίζονται με τη γεωργία (Cole et al., 1997).

Η γεωργία από μόνη της αποτελεί σημαντικό αρνητικό παράγοντα για τις κλιματικές αλλαγές. Υπολογίζεται ότι το 25% του βασικού αερίου του θερμοκηπίου, το διοξείδιο του άνθρακα, έχει γεωργική προέλευση, κυρίως από την αποψίλωση των δασών και το κάψιμο της βιομάζας. Το μεγαλύτερο μέρος του μεθανίου στην ατμόσφαιρα προέρχεται από τα μηρυκαστικά ζώα, τις δασικές πυρκαγιές, τις ρυζοκαλλιέργειες και τα απόβλητα, ενώ η συμβατική καλλιέργεια και λίπανση είναι υπεύθυνες για το 70% των οξειδίων του αζώτου. Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, 2007) οι τρεις βασικές αιτίες της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου, που παρατηρείται τα τελευταία 250 χρόνια είναι τα συμβατικά καύσιμα, οι χρήσεις γης, και η γεωργία.

Η Πράσινη Επανάσταση προκάλεσε ανησυχίες σχετικά με τις επιπτώσεις των γεωργικών εισροών όπως τα λιπάσματα στο περιβάλλον. Τα αζωτούχα (N) λιπάσματα είναι απαραίτητα για τη βελτίωση και τη διατήρηση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Πάνω από το 50% των καλλιεργούμενων εκτάσεων παγκοσμίως λιπαίνονται τακτικά. Επιπλέον, αυξητική είναι και η τάση να λιπαίνονται και τα βοσκοτόπια. Λόγω της χαμηλής απορρόφησης του αζώτου από τις καλλιέργειες, το κλάσμα του αζώτου που δεν χρησιμοποιείται χάνεται στον υδροφόρο ορίζοντα μέσω της έκπλυσης ή στην ατμόσφαιρα ως εκπομπή αερίων. Το μέγεθος αυτών των απωλειών εξαρτάται από την εποχή και τις κλιματικές συνθήκες. Όταν η

βροχόπτωση είναι υψηλή, η απώλεια μέσω της έκπλυσης είναι υψηλή. Η εξαέρωση των αζωτούχων λιπασμάτων όπως N_2 , N_2O , NO και NH_3 είναι συνήθης. Τα οξείδια του αζώτου σχηματίζονται στα εδάφη λόγω των αζωτούχων λιπασμάτων και επίσης παράγονται κατά την αποσύνθεση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών, μια διαδικασία που εξαρτάται από το ποσοστό της απελευθέρωσης του αζώτου και της διαθεσιμότητας του άνθρακα στο έδαφος (Smil V., 1997).

Η εντερική ζύμωση παράγει το μεθάνιο (CH_4) ως υποπροϊόν της πέψης των ζωοτροφών από τα ζώα, τα μηρυκαστικά είναι η μεγαλύτερη πηγή, όταν οι υδατάνθρακες διασπώνται σε μικρότερα μόρια απορροφώνται ευκολότερα από τον οργανισμό. Η ποσότητα του μεθανίου που απελευθερώνεται από ένα ζώο εξαρτάται από το είδος, την ηλικία, το βάρος, την ποιότητα και τη ποσότητα της ζωοτροφής. Σημαντικές ποσότητες μεθανίου εκπέμπονται επίσης από τη κοπριά όταν γίνεται αναερόβια ζύμωση. Η τρίτη κύρια γεωργική πηγή μεθανίου είναι οι ορυζώνες, οι οποίοι εκπέμπουν μεθάνιο όταν πλημμυρίζουν ως αποτέλεσμα της ζύμωσης της αποσυντιθέμενης οργανικής ύλης (Lasseey, 2007).

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τα γεωργικά εδάφη είναι κυρίως λόγω αλλαγής χρήσης γης, π.χ. όταν γίνεται αποψίλωση των δασών για αγροτική χρήση. Η κατεργασία του εδάφους και η καλλιέργεια ετήσιων καλλιεργειών συχνά επιταχύνει τη μετατροπή του άνθρακα του εδάφους σε διοξείδιο του άνθρακα από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Εφόσον, τα εδάφη καλλιεργούνται εδώ και μερικές δεκαετίες, η απώλεια του άνθρακα στο έδαφος συνήθως επιβραδύνεται ή παύει τελείως και το επίπεδο του άνθρακα στο έδαφος σταθεροποιείται, αλλά σε χαμηλότερο ποσοστό (Hutchinson et al., 2007). Το διοξείδιο του άνθρακα προκύπτει επίσης από τη χρήση ορυκτών καυσίμων για τις γεωργικές εργασίες (Dyer and Desjardins, 2003).

Σε γενικές γραμμές, η δέσμευση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SOC) στη βάση χειρσαίας έκτασης φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση αυξημένου ποσοστού εφαρμογής κοπριάς (Sommerfeldt et al., 1988, Gupta et al., 1992). Ωστόσο, η υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά θα μπορούσε να θέσει περιβαλλοντικές απειλές για την ποιότητα του νερού. Το επικρατών κλίμα είναι μια άλλη σημαντική μεταβλητή που φαίνεται να επηρεάζει την πιθανή διατήρηση του εφαρμοζόμενου C στο έδαφος με βάση τις μελέτες που αναφέρονται παραπάνω. Η κοπριά των ζώων και οι καλλιέργειες σε βιολογικά γεωργικά συστήματα μπορούν

να συμβάλουν στη δέσμευση SOC. Αυτές οι πρακτικές διαχείρισης έχουν επιπτώσεις στην παραγωγή ή μείωση του CO₂, N₂O και CH₄. Λίγα συγκεκριμένα δεδομένα σχετικά με τη συμβολή της βιολογικής γεωργίας στη δέσμευση SOC ή στην εκπομπή GHG είναι διαθέσιμα. Τα βιολογικά συστήματα δεν είναι απαραίτητα χαμηλών εισροών, επειδή συχνά χρησιμοποιούν εντατικό όργανο για τον έλεγχο των ζιζανίων και χρησιμοποιούν εγκεκριμένες οργανικές εισροές ενώ πιθανότατα εμφανίζουν διαφορετική αμειψισπορά σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα (Johnson, J. et. al, 2007).

Η παραγωγή βαμβακιού συμβάλλει περίπου στο 0,3 έως 1% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG). Η αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂ και της θερμοκρασίας ευνοεί την ανάπτυξη των φυτών και επιμηκύνει την καλλιεργητική περίοδο, αλλά οδηγεί επίσης σε μείωση της διαθεσιμότητας νερού για άρδευση και αύξηση των παρασίτων (Seyfang/Haxeltine 2012).

1.5 Περιβάλλον και παγκόσμια ανησυχία

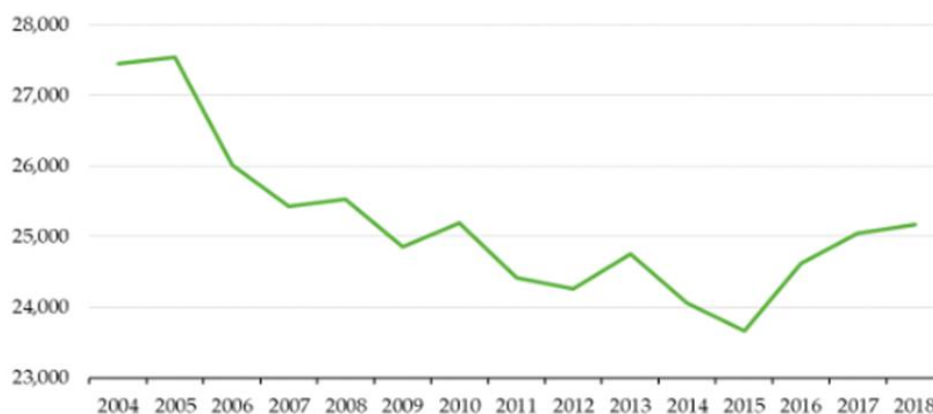
1.5.1 Διεθνείς έρευνες

1.5.1.1 Κλιματική αλλαγή

Η κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων και η υπερβολική αύξηση των μεταφορών. Ο τομέας αυτός ευθύνεται για το 75% των εκπομπών της ΕΕ. Αξίζει να σημειωθεί η εξέλιξη των απόψεων για τη διαθεσιμότητα και χρήση ορυκτών καυσίμων. Πριν από πενήντα χρόνια, πίστευαν ότι η μείωση της διαθεσιμότητας ορυκτών καυσίμων θα ανάγκαζε τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Υπάρχει μια σαφής τάση στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που σχετίζεται με την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Έτσι, η διαθεσιμότητα ορυκτών καυσίμων είναι μικρότερο πρόβλημα από το προβλεπόμενο, ενώ το ζήτημα των αρνητικών τους επιπτώσεων στο περιβάλλον έχει αποδειχθεί πιο σοβαρό (Solow, 1974, Nordhaus, 1973).

Τα ζητήματα της κατανάλωσης ενέργειας στη γεωργία σχετίζονται άμεσα με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ορισμένες από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν δείχνουν ότι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της γεωργίας και η ευρύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο

καλύτερος τρόπος για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Li, et al, 2016, Dyer et al., 2003). Η κατανάλωση ενέργειας στη γεωργία της ΕΕ έχει ανοδική τάση από το 2015, γεγονός που αποτελεί σαφή αλλαγή στην κατεύθυνση που παρατηρήθηκε πριν από το 2015 (Διάγραμμα 1.5).



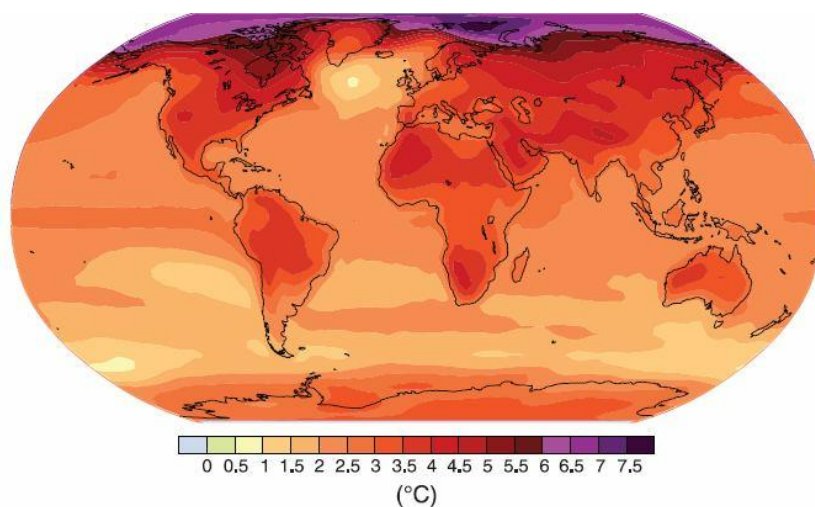
Διάγραμμα 1.5 Κατανάλωση ενέργειας από τη γεωργία στην ΕΕ σε χιλιάδες τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Πηγή: Eurostat, 2021).

Countries	Energy Consumption by Agriculture in 2018	Change 2018/2004 (%)	Total Energy Consumption in 2018	Change 2018/2004 (%)	Share of Energy Consumption by Agriculture in Final Energy Consumption in 2018	Change 2018/2004 (pp.)
EU-28 *	25,166	-5.4	860,754	-5.4	3.2	0.0
Belgium	792	-3.0	33,111	-5.2	2.4	0.1
Bulgaria	185	-33.0	9750	6.5	1.9	-1.1
Czechia	619	11.2	24,180	-3.7	2.6	0.3
Denmark	596	-13.8	14,070	-3.9	4.2	-0.5
Estonia	124	18.4	2889	3.7	4.3	0.5
Ireland	223	-28.8	11,219	0.2	2.0	-0.8
Greece	264	-76.3	15,169	-23.0	1.7	-3.9
Spain	2458	-26.6	82,020	-9.4	3.0	-0.7
France	4089	-3.2	139,829	-7.7	2.9	0.1
Croatia	211	-0.7	6682	-3.6	3.2	0.1
Italy	2798	-5.5	114,422	-10.7	2.4	0.1
Cyprus	42	332.7	1581	3.8	2.7	2.0
Latvia	181	44.8	4025	4.3	4.5	1.3
Lithuania	108	2.3	5446	24.8	2.0	-0.4
Luxembourg	24	8.6	3737	-5.6	0.6	0.1
Hungary	641	9.3	17,865	4.8	3.6	0.1
Malta	5	-	515	50.5	0.9	0.9
Netherlands	3647	-3.3	44,933	-9.4	8.1	0.5
Austria	529	-3.5	26,036	3.7	2.0	-0.2
Poland	3918	-8.9	69,983	23.3	5.6	-2.0
Portugal	382	-28.6	16,201	-11.0	2.4	-0.6
Romania	566	144.0	23,445	-1.3	2.4	1.4
Slovenia	73	-1.3	4940	0.1	1.5	0.0
Slovakia	133	-18.0	9912	0.3	1.3	-0.3
Finland	688	-6.7	25,074	0.6	2.7	-0.2
Sweden	613	-19.7	31,777	-1.7	1.9	-0.4
United Kingdom	1257	46.2	121,944	-12.2	1.0	0.4

Πίνακας 1.1 Μερίδια κατανάλωσης ενέργειας από τη γεωργία στην τελική κατανάλωση ενέργειας (ΑΙΕΥ, 2021).

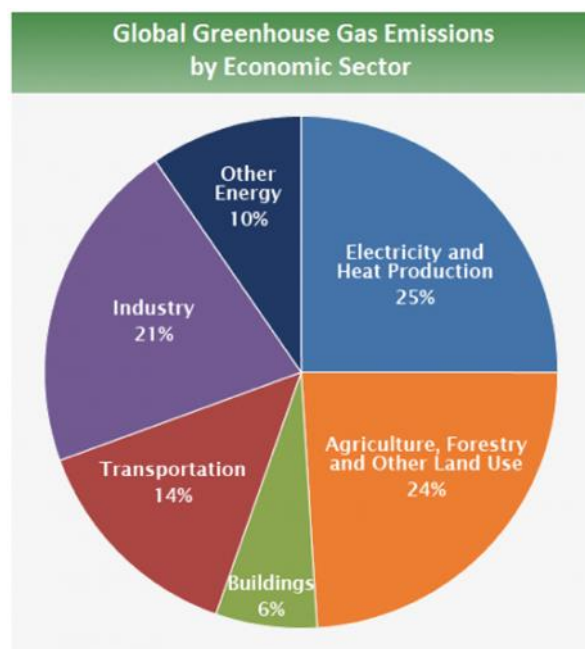
Το 2018, η ποσότητα της κατανάλωσης ενέργειας στη γεωργία στις χώρες της ΕΕ αντιπροσώπευε το 3,2% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ (Πίνακας 1.1). Τα έτη 2004–2018, το μερίδιο της γεωργίας στη συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας δεν άλλαξε κατά μέσο όρο στην ΕΕ (μειώθηκε στο μεγαλύτερο βαθμό στην Ελλάδα, κατά 3,9%. Το μεγαλύτερο μερίδιο της γεωργίας στη συνολική κατανάλωση ενέργειας μεταξύ όλων των χωρών της ΕΕ είναι της Ολλανδίας (8,1%) και της Πολωνίας (5,6%) (ΑΙΕΥ, 2021).

Τα τελευταία 100 χρόνια (1906 – 2005) καταγράφεται αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 0,74°C, ενώ η τάση αύξησης της θερμοκρασίας τα τελευταία 50 χρόνια που ήταν 0,13°C ανά δεκαετία, έχει διπλασιαστεί σε σχέση με την τάση που επικρατούσε τα τελευταία 100 χρόνια. Παράλληλα, έχει καταγραφεί σημαντική μείωση των εκτάσεων που καλύπτονταν από χιόνι και παγόβουνα, που αποτελεί σημαντική αιτία για την άνοδο του επιπέδου της θάλασσας (IPCC, 2007). Η μέση θερμοκρασία παγκοσμίως αναμένεται να αυξάνεται κατά 0,2 °C ανά δεκαετία, για τις επόμενες δυο δεκαετίες, ενώ στα τέλη του 21^{ου} αιώνα η μέση θερμοκρασία παγκοσμίως θα είναι πιο υψηλή από τη σημερινή κατά 2 – 5 °C (Εικ. 1.4). Στο τέλος του 21ου αιώνα εκτιμάται ακόμα ότι το επίπεδο της θάλασσας θα είναι υψηλότερο κατά 18 – 59 εκατοστά, η θάλασσα θα έχει αυξημένη οξύτητα εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, θα υπάρχουν ελάχιστα μόνιμα στρώματα πάγου και περιοχές με κάλυψη χιονιού, ενώ αναμένεται αυξημένη ένταση και συχνότητα εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως τυφώνες και ανεμοστρόβιλοι (IPCC, 2007).



Εικόνα 1.4 Προβλεπόμενες αλλαγές στη θερμοκρασία στα τέλη του 21ου αιώνα (IPCC, 2007).

Οι συνεχώς μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες έχουν γίνει ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολούν τον παγκόσμιο αγροτικό τομέα. Οι ανθρωπίνες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διοξείδιο του άνθρακα, υποξείδιο του αζώτου, μεθάνιο κ.ά., έχουν αυξήσει την παγκόσμια θερμοκρασία κατά 1,2°C από το 1920 έως το 2020 ως προβιομηχανικό επίπεδο (Chandra et al., 2018) . Παγκόσμια δεδομένα από το 2010 (Διάγραμμα 1.6) δείχνουν ότι τα συστήματα παραγωγής τροφίμων συμβάλλουν περίπου στο 19-29% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η γεωργική παραγωγή, συμπεριλαμβανομένων των έμμεσων εκπομπών που σχετίζονται με την αλλαγή της κάλυψης του εδάφους, συμβάλλει στο 80,86% των συνολικών εκπομπών του συστήματος παραγωγής τροφίμων, ένα από τα υψηλότερα αποτυπώματα άνθρακα σε όλους τους τομείς παράλληλα με τη δασοκομία. Η παραγωγή των καλλιεργειών απελευθερώνει αέρια του θερμοκηπίου όπως το υποξείδιο του αζώτου μέσω της χρήσης λιπασμάτων και ευθύνεται για περίπου το 23% των παγκόσμιων εκπομπών (IPCC, 2014).



Διάγραμμα 1.6. Εκπομπές σε παγκόσμια κλίμακα με οικονομικό παράγοντα (IPCC, 2014).

1.5.1.2 Παγκόσμια ανησυχία

Η παγκόσμια ζήτηση για φιλικά προς το περιβάλλον τρόφιμα και παραγωγή φυτικών ινών αυξάνεται. Για την παραγωγή φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων

σε ένα ευρύτερο φάσμα (Keating et al. 2010). Ιδιαίτερη ανησυχία προκαλεί ο αντίκτυπος στην επισιτιστική ασφάλεια εάν οι στόχοι για τον μετριασμό του κλίματος κάλυπταν και τον γεωργικό τομέα σε ευάλωτες περιοχές του κόσμου (FAO, 2009). Οι απαιτήσεις μετριασμού θα επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα τροφίμων μέσω: (i) αλλαγής της γης από καλλιέργεια τροφίμων σε ενεργειακές καλλιέργειες, (ii) περιορισμένης διαθεσιμότητας γης για γεωργική επέκταση λόγω της ανάγκης αποφυγής μετατροπής τοπίων υψηλών εκπομπών άνθρακα, (iii) στροφής προς είδη με μικρότερης έντασης εκπομπών αερίων, για παράδειγμα εκτροφή μηρυκαστικών και (iv) υιοθέτησης πρακτικών διαχείρισης των αερίων που μπορεί είτε άμεσα (δηλαδή μειωμένη εφαρμογή λιπασμάτων, μειωμένη πυκνότητα ζώων) είτε έμμεσα (δηλαδή αυξημένο κόστος παραγωγής) να επηρεάζουν τις τιμές των προϊόντων και την παραγωγή τροφίμων (Smith et al 2013, Havlik et al 2014, Hertel 2015, Searchinger et al 2015, Kreidenweis et al 2016, Popp et al 2017).

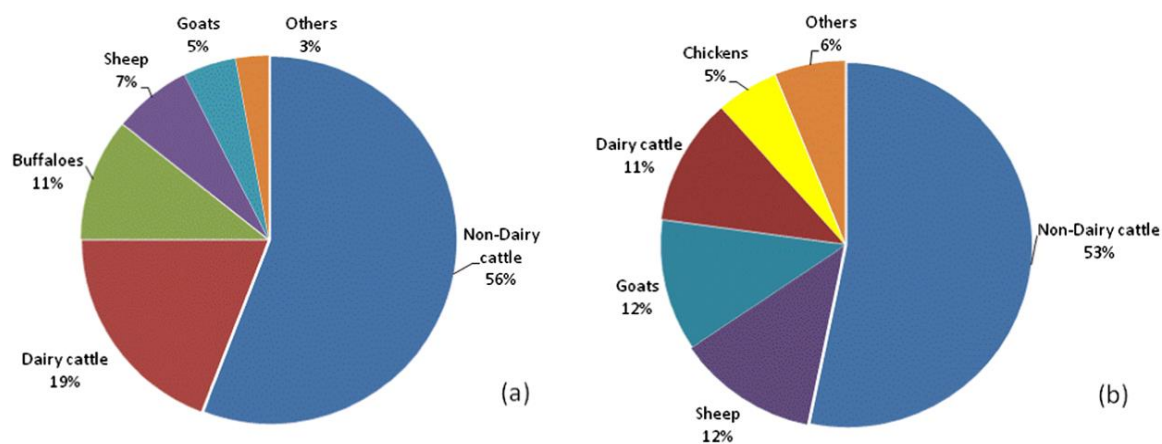
Το 2015, η Συμφωνία του Παρισιού είχε ως στόχο να περιορίσει την αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από 2 βαθμούς Κελσίου σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα έως το 2100. Η Συμφωνία του Παρισιού δεν ανέφερε σχεδόν καθόλου τον αγροτικό τομέα, παρόλο που συνεισφέρει περίπου στο 10-14% των παγκόσμιων εκπομπών GHG, όμως η διεθνής επιστημονική κοινότητα αρχίζει σταδιακά να κατανοεί ότι αυτός ο τομέας είναι απαραίτητος για την επίτευξη του στόχου που προαναφέρθηκε (Jantke et al., 2020 και Tubiello et al., 2013). Οι πρωτογενείς εκπομπές GHG από τους γεωργικούς τομείς αποτελούνται από (α) μεθάνιο από εντερική ζύμωση, (β) διοξείδιο του άνθρακα από την αποσύνθεση του οργανικού άνθρακα του εδάφους και (γ) οξείδιο του αζώτου από κοπριά και συνθετικά λιπάσματα (Panchasara, H. et al., 2021).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου και οξειδίου του αζώτου που προέρχονται από τη γεωργία είναι περίπου το ένα πέμπτο της ετήσιας αύξησης της ακτινοβολίας και το ένα τρίτο όταν έχει γίνει αλλαγή χρήσης γης (IPCC, 1996a). Ο αγροτικός κλάδος συνεισφέρει περίπου 45 έως 50% και 20 έως 70% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου και οξειδίων του αζώτου αντίστοιχα (Cole, 1996 και Mosier et al., 1998a). Η αλλαγή χρήσης γης, οι καλλιέργειες και τα καλλιεργητικά συστήματα έχουν διάφορες επιδράσεις στα καιρικά φαινόμενα (Raddatz, 2007) και ο αντίκτυπος των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στο κλίμα είναι καλά τεκμηριωμένος (IPCC, 1996a).

Κατά την περίοδο 2000–2010, ο μεγαλύτερος συντελεστής στις εκπομπές της γεωργίας ήταν η εντερική ζύμωση, υπεύθυνη για σχεδόν το 40% των συνολικών εκπομπών, ακολουθούμενη αντίστοιχα από τις εκπομπές από κοπριά που αφήνεται στα βοσκοτόπια, τη χρήση συνθετικών λιπασμάτων, την καύση βιομάζας, την καλλιέργεια ρυζιού και συστήματα διαχείρισης κοπριάς. Οι εκπομπές N₂O από οργανικά εδάφη, τα υπολείμματα των καλλιεργειών και η κοπριά που εφαρμόζεται στα εδάφη αντιπροσώπευαν μαζί μόνο το 10% του συνόλου. Οι εκπομπές που σχετίζονται με την άμεση ανθρώπινη κατανάλωση καλλιεργειών τροφίμων συμβάλλουν μόνο στο 20% του συνόλου. Στο Πίνακα 1.2 όπως και στα Διαγράμματα 1.7 δίνεται μια λεπτομερή περιγραφή των κύριων κατηγοριών εκπομπών για τη γεωργία (Tubiello et al., 2013).

Agriculture category	1961	1990	2000	2005	2010
Enteric fermentation	1 375	1 875	1 863	1 947	2 018
Manure left on pasture	386	578	682	731	764
Synthetic fertilizer	67	434	521	582	683
Rice cultivation	366	466	490	493	499
Manure management	284	319	348	348	353
Crop residues	66	124	129	142	151
Manure applied to soils	59	88	103	111	116
Total	2 604	3 883	4 136	4 354	4 586
Net deforestation		4 315	4 296	3 397	3 374
Combined total		8 198	8 432	7 751	7 960
Fossil fuel and cement	9 460	22 554	24 750	29 649	33 509

Πίνακας 1.2 Δεδομένα εκπομπών FAOSTAT AFOLU (tCO₂ eq yr⁻¹). Τα δεδομένα για τις εκπομπές ορυκτών καυσίμων και τσιμέντου (CDIAC 2012) παρέχονται για σύγκριση.



Διαγράμματα 1.7 Ανάλυση των παγκόσμιων εκπομπών ανά είδος ζώου, με μέσο όρο κατά την περίοδο 2000–2010, για (α) εντερική ζύμωση· και (β) κοπριά που αφήνεται στο βοσκότοπο.

Η γεωργία είναι ένας σημαντικός παράγοντας εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με τους Golasa και λοιποί (2021), οι εκμεταλλεύσεις ευθύνονται για το 16-27% περίπου όλων των ανθρωπογενών εκπομπών. Οι εκπομπές στη γεωργία λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο της παραγωγής, από την παραγωγή των σπόρων μέχρι τη συγκομιδή και την αποθήκευση των τελικών προϊόντων (Lal, 2004). Για τις περισσότερες περιοχές του κόσμου, η κλιματική αλλαγή είναι ένα αυξανόμενο πρόβλημα για την εξασφάλιση επαρκούς επιπέδου παραγωγής τροφίμων για έναν συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό λόγω της μείωσης των αποδόσεων αλλά και της αύξησης των τιμών των τροφίμων (Brisson et al., 2010, Lobell, et al., 2011, IPCC, 2014, Godfray et al, 2010). Αυτό αποδεικνύεται από την αξία των αποθεμάτων των δημητριακών (τα οποία είναι το κύριο προϊόν διατροφής), που καθορίζει το επίπεδο επισιτιστικής ασφάλειας, το οποίο μειώθηκε από 74 ημέρες το 2002 σε 54 ημέρες το 2011 (Brown, 2012). Η ποσότητα των διαθέσιμων τροφίμων ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των χωρών και οι ελλείψεις τους είναι ιδιαίτερα ορατές στις φτωχότερες χώρες του κόσμου (FAO, 2019). Όσον αφορά την ενεργειακή αξία των τροφίμων, 870 εκατομμύρια άνθρωποι πεινούν παγκοσμίως. Η χειρότερη κατάσταση είναι στην υποσαχάρια περιοχή, όπου σχεδόν το 30% του πληθυσμού δεν έχει την αναγκαία πρόσβαση σε σίτηση και στη Νότια Ασία, όπου αυτή η κατάσταση επηρεάζει 300 εκατομμύρια ανθρώπους (FAO, 2012). Αυτή η κατάσταση επιδεινώθηκε από την πανδημία COVID-19 (FAO, 2020). Η μείωση της αγροτικής παραγωγής προκαλείται άμεσα από το γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή προκαλεί:

- αλλαγή των καιρικών προτύπων, μείωση των βροχοπτώσεων σε πολλές περιοχές του κόσμου. Όπου οι βροχοπτώσεις είναι σταθερές, η φύση τις αλλάζει από μακροχρόνιες βροχοπτώσεις σε μεγάλες περιόδους ξηρασίας που διακόπτονται από καταιγίδες,
- πολύ συχνότερη εμφάνιση ακραίων φαινομένων, δυσμενών για τη γεωργία: καταιγίδες, χαλάζι, παγετοί,
- η εμφάνιση νέων ειδών εντομολογικών εχθρών και φυτοπαθολογικών ασθενειών που δεν έχουν συναντηθεί μέχρι τώρα και δεν έχουν φυσικούς εχθρούς (EEA, 2017),
- περιόδους εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών, επικίνδυνων για τις καλλιέργειες και την κτηνοτροφία. Μειώνεται επίσης η παραγωγικότητα της

ανθρώπινης εργασίας, καθιστώντας την αδύνατη σε ορισμένες χρονικές στιγμές.

Η άρδευση έχει προταθεί ως στρατηγική εντατικοποίησης για τις μη αρδευόμενες καλλιέργειες με σημαντικές αυξήσεις στην απόδοση. Η παγκόσμια αγροτική παραγωγή έχει αυξηθεί μεταξύ 2,5 και 3 φορές τα τελευταία 50 χρόνια, ενώ η καλλιεργούμενη έκταση έχει αυξηθεί μόνο κατά 12%. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 40% της αύξησης της παραγωγής τροφίμων προήλθε από αρδευόμενες περιοχές (FAO, 2011). Ωστόσο, η μη ορθολογική χρήση της άρδευσης σε εντατικά γεωργικά συστήματα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του νερού λόγω φυτοφαρμάκων και άλλων επικίνδυνων ουσιών (Brown and Harris, 2005). Η μη σωστή χρήση του νερού στη γεωργική παραγωγή έχει οδηγήσει σε εξάντληση των υδροφόρων οριζόντων και τημείωση των ροών των ποταμών σε ορισμένες περιοχές (FAO, 2011). Τα μοντέλα προβλέπουν αύξηση 20% του ευτροφισμού των επιφανειακών υδάτων και των παράκτιων περιοχών παγκοσμίως έως το 2050 (WWDR, 2015). Επιπλέον, η οξίνιση, η οικοτοξικότητα και κατά συνέπεια η μείωση της βιοποικιλότητας έχει τεκμηριωθεί στην αρδευόμενη γεωργία (Jolliet et al., 2014, Vidal et al., 2008).

Η Κίνα είναι ένας από τους μεγαλύτερους σημερινούς παραγωγούς ανθρωπογενών αερίων θερμοκηπίου (GHG) παγκοσμίως και εκπέμπει περίπου το 20% των παγκόσμιων αερίων του θερμοκηπίου (Leggett et al., 2008). Οι γεωργικές εκπομπές έχουν υπολογιστεί να είναι περίπου 11% των εθνικών εκπομπών της Κίνας, εκ των οποίων οι εκπομπές από την καλλιέργεια ρυζιού και τις γεωργικές χρήσεις γης αντιπροσωπεύουν το 46%, και οι εκπομπές από την εντερική ζύμωση και τη διαχείριση κοπριάς αντιστοιχούν στο 54% (Εθνική Επιτροπή Συντονισμού για την Κλιματική Αλλαγή (NCCCC), 2012). Η Κίνα έχει λάβει μια σειρά μέτρων για την προώθηση της προσαρμογής της γεωργίας στη κλιματική αλλαγή. Η κινεζική κυβέρνηση πέτυχε επίσης καλύτερα αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου με τη διαμόρφωση σχετικών νόμων και κανονισμών, την προώθηση γεωργικών τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών, την ενίσχυση της χρήσης νερού και τη διαχείριση λίπανσης για τη γεωργία, την αναβάθμιση των γεωργικών μηχανημάτων, την ενίσχυση της εντατικής γεωργικής παραγωγής και την δημιουργία μονάδων βιοαερίου (NCCCC), 2012).

1.5.1.3 Βαμβακοκαλλιέργεια κι επιπτώσεις

Η καλλιέργεια βαμβακιού απαιτεί συνήθως υψηλή χρήση αγροχημικών, άρδευσης και γεωργικών μηχανημάτων, γεγονός που οδηγεί σε υψηλό δυναμικό περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η υπερβολική χρήση λιπασμάτων συμβάλλει στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στη ρύπανση των υδάτων (IPCC 2006). Η απορροή ή η έκπλυση νιτρικών αλάτων από γεωργικές εκτάσεις είναι σημαντική και μολύνει τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα σε πολλά μέρη, κάτι που μερικές φορές υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας για την ανθρώπινη υγεία (Azizullah et al., 2011). Οι πόροι του γλυκού νερού μολύνονται συνεχώς λόγω της υπερβολικής και κακής χρήσης φυτοφαρμάκων στην βαμβακοπαραγωγική περιοχή (Tariq et al., 2007). Η χρήση της μη ανανεώσιμης ενέργειας έχει επίσης αυξηθεί λόγω της τεχνολογικής προόδου. Το μέγεθος αυτών των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της χρήσης ενέργειας σε διαφορετικές μορφές ποικίλλει ανάλογα με τις πρακτικές διαχείρισης της εκμετάλλευσης, τις ιδιότητες του εδάφους και τις συνθήκες του αγροοικοσυστήματος (Choudhury and Kennedy 2005).

Ο Καναδάς, μαζί με το Water Footprint Network (2013), διεξήγαγαν μια μελέτη σε 480 καλλιεργήσιμες εκτάσεις βαμβακιού στην Ινδία. Η μελέτη συνέκρινε το GWF του οργανικού και του συμβατικού βαμβακιού και διαπίστωσε ότι το τελευταίο δημιουργεί έως και 200 φορές περισσότερη ρύπανση από το οργανικό βαμβάκι. Ως εκ τούτου, η μελέτη κατέληξε προτείνοντας εναλλακτικές μεθόδους καλλιέργειας και υποστήριξης της παραγωγής βιολογικού βαμβακιού για μια καθαρότερη και πιο υγιή κοινωνία. Το 2014, μια έκθεση του Textile Exchange ανέφερε ότι η βιολογική γεωργία εξοικονόμησε 226,7 δισεκατομμύρια λίτρα νερού, 300,2 εκατομμύρια kW ενέργειας και 96,2 εκατομμύρια κιλά εκπομπών CO₂ (Textile Exchange 2016b).

Οι αρνητικές επιπτώσεις της συμβατικής βαμβακοκαλλιέργειας στο περιβάλλον και την υγεία είναι προφανείς. Μερικοί άνθρωποι μπορεί να πουν: «Γιατί να με ενδιαφέρουν τα χημικά στην καλλιέργεια βαμβακιού; Δεν τρώμε βαμβάκι». Αλλά αν εξεταστεί το γεγονός ότι περίπου το 60% της συγκομιδής του βάρους του βαμβακιού είναι σπόροι βαμβακιού που επεξεργάζονται για βρώσιμο λάδι και ζωοτροφές, συμπεραίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής βαμβακιού εισέρχεται στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα. Είναι επίσης γνωστό ότι τα φυτοφάρμακα που ψεκάζονται στο βαμβάκι δεν επηρεάζουν μόνο το παράσιτο στόχο. Τα ωφέλιμα έντομα και άλλα ζώα θανατώνονται επίσης, έτσι ώστε τα παράσιτα που παλαιότερα

ήταν ήσσονος σημασίας τώρα έχουν γίνει μείζον πρόβλημα, για παράδειγμα αλευρώδεις και αφίδες (Frank et al., 2005).

Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC) του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) ταξινόμησε το glyphosate - μια χημική ουσία που βρίσκεται σε ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται για διαγονιδιακές καλλιέργειες βαμβακιού - ως «πιθανώς καρκινογόνο» το 2015 (IARC, 2015). Ερευνητές από όλο τον κόσμο έχουν βρει ίχνη γλυφosatής σε όλα σχεδόν τα προϊόντα όπως μπατονέτες, σερβιέτες, πάνες, γάζα και άλλα. Οι επιστήμονες λένε ότι το glyphosate μπορεί να προάγει τον καρκίνο σε συγκεντρώσεις της τάξης μέρη ανά τρισεκατομμύριο. Μπορεί να απορροφηθεί εύκολα από τα κοιλικά τοιχώματα και να εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος και μπορεί να προκαλέσει καρκίνο, στειρότητα και θάνατο στις γυναίκες. Επιστήμονες από την κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου ανακάλυψαν επίσης ότι τα γονίδια αντοχής στα αντιβιοτικά στο βαμβάκι μπορούν να κάνουν τη γονόρροια μη θεραπεύσιμη (Qaim et al., 2005). Τα δευτερογενή παραπροϊόντα του εκκοκκισμού βαμβακιού περιλαμβάνουν βαμβακόσπορο που χρησιμοποιείται για λάδι, ζωοτροφές, καλλυντικά και λιπάσματα, και λίντερς, που είναι πολύ κοντές ίνες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ρεγιόν, οξικού άλατος, σελοφάν, βερνικιού νυχιών και μεθυλοκυτταρίνης (Chen et al., 2006). Το βαμβακέλαιο εξάγεται για ανθρώπινη κατανάλωση, ενώ το υπόλειμμα, η βαμβακόπιτα, ως ζωοτροφή. Ως εκ τούτου, οι καρκινογόνες χημικές ουσίες μπορούν να εισέλθουν στο ανθρώπινο αίμα μέσω της τροφικής αλυσίδας καθώς και μέσω της άμεσης χρήσης των προϊόντων βαμβακιού (Allsop et al., 2015).

Οι σημερινοί περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την παραγωγή βαμβακιού αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για τη βιώσιμη παραγωγή βαμβακιού. Ελλείψει κινήτρων ή κανονισμών, οι αγρότες τείνουν να μεγιστοποιούν το βραχυπρόθεσμο προσωπικό τους όφελος χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τις μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές συνέπειες (Picazo-Tadeo et al. 2011).

1.5.2 Τρόποι αντιμετώπισης

Υπάρχει μεγάλος βαθμός αβεβαιότητας στις εκτιμήσεις για την πιθανή ικανότητα μετριασμού. Η κύρια πηγή αβεβαιότητας είναι η έλλειψη βασικών δεδομένων για τη χρήση γης και τις ροές αερίων θερμοκηπίου. Το απρόβλεπτο των συνθηκών που

ελέγχονται από τις οικονομικές και πολιτικές δυνάμεις, συμπεριλαμβανομένου του βαθμού στον οποίο θα εφαρμοστούν διάφορες στρατηγικές μετριασμού, προσθέτει επίσης σημαντική αβεβαιότητα. Οι αγρότες δεν θα υιοθετήσουν εθελοντικά τεχνικές μετριασμού των αερίων του θερμοκηπίου εκτός εάν βελτιώσουν την κερδοφορία. Η εφαρμογή των προτεινόμενων επιλογών μετριασμού για τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου και του υποξειδίου του αζώτου είναι πιθανό να αυξήσει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και των ζώων ή τουλάχιστον να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της χρήσης των εισροών χωρίς μείωση της παραγωγικότητας (Cole et al., 1997).

Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης στις αναπτυσσόμενες χώρες που υπόκεινται σε μετριασμό περιλαμβάνουν τη χρηματοδότηση για το κλίμα, την ανάπτυξη χαμηλών εκπομπών, την εξαίρεση χωρών κάτω από ένα δεδομένο όριο εκπομπών από απαιτήσεις μετριασμού (Chakravarty et al 2009, Wollenberg et al 2016) και επιλογές μετριασμού «win-win», π.χ. δέσμευση άνθρακα του εδάφους (SOC) ή βιώσιμη εντατικοποίηση (Smith et al 2008, Tilman et al 2011, Valin et al 2013) που και μειώνουν τις γεωργικές εκπομπές αλλά και αυξάνουν την παραγωγή τροφίμων. Η δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος μέσω βελτιωμένης διαχείρισης καλλιεργειών και λιβαδιών προσφέρει τη δυνατότητα δέσμευσης σημαντικών ποσοτήτων άνθρακα, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την ποιότητα και την παραγωγικότητα του εδάφους και στη συνέχεια την επισιτιστική ασφάλεια (Lal 2010, Smith et al 2013, Paustian et al 2016). Για παράδειγμα, η γαλλική κυβέρνηση πρότεινε στην πρωτοβουλία «4 ανά 1000, εδάφη για την επισιτιστική ασφάλεια και το κλίμα» (www.4p1000.org) για να αντισταθμίσει τις παγκόσμιες ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα των εδαφών ετησίως κατά 0,4% μέσω βελτιωμένων γεωργικών και δασικών πρακτικών. Ωστόσο, παρά τη δυνατότητα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, η δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος δεν εξετάζεται στα παγκόσμια σενάρια σταθεροποίησης του κλίματος (Fuss et al 2016, Smith 2016). Η Συμφωνία του Παρισιού κάνει λόγο για περιορισμό της υπερθέρμανσης του πλανήτη πολύ κάτω από τους 2°C, πιθανώς σε 1,5°C.

Σύμφωνα με τους Friel και λοιποί (2009) υπάρχουν τέσσερις στρατηγικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των τροφίμων και της γεωργίας, με έμφαση στον τομέα της κτηνοτροφίας με κυρίαρχη τη συμβολή των διαδικασιών της κτηνοτροφικής παραγωγής στις γεωργικές εκπομπές: βελτιωμένη

απόδοση της κτηνοτροφίας, αυξημένη δέσμευση άνθρακα μέσω της διαχείρισης της χρήσης γης, ορθή διαχείριση κοπριάς και μειωμένη εξάρτηση από τις εισροές ορυκτών καυσίμων.

1.5.2.1 Πρακτικές μείωσης GHG στη γεωργία

Οι υψηλές εκπομπές αερίων από τη γεωργία γίνονται αντικείμενο πολιτικής και κοινωνικής συζήτησης. Αυτό σχετίζεται με ένα ευρύτερο ζήτημα, όπως η επίτευξη έως το 2050 κλιματικής ουδετερότητας από τις μηδενικές εκπομπές της ΕΕ (CCEP, 2018). Η βιοποικιλότητα είναι ένα σημαντικό εργαλείο καθώς αυτή μπορεί να είναι η πηγή των νέων πρακτικών εξυγίανσης όπως η ανάπτυξη νέων ποικιλιών που προσαρμόζονται καλύτερα στις τοπικές συνθήκες. Η γενετική μπορεί να παρέχει χαρακτηριστικά που θα επιτρέψουν στις καλλιέργειες να ανταπεξέλθουν στην κλιματική αλλαγή, στις εντομολογικές προσβολές και φυτοπαθολογικές ασθένειες, καθώς και να αυξήσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών ώστε να μπορεί να γίνεται η σίτιση του συνεχώς αναπτυσσόμενου ανθρώπινου πληθυσμού (FAO, 2001 και FAO-IPGRI, 2003). Η σύγχρονη γεωργία εξαρτάται από εξωτερικές βιομηχανικές πηγές ενέργειας. Τα ορυκτά καύσιμα και η ηλεκτρική ενέργεια έχουν γίνει αναπόσπαστο στοιχείο της σύγχρονης γεωργικής παραγωγής. Χρησιμοποιούνται απευθείας για την τροφοδοσία μηχανών και έμμεσα για την κατασκευή τους, την εξόρυξη ορυκτών λιπασμάτων ή τη σύνθεση ενώσεων αζώτου. Κυρίαρχο ρόλο από την άποψη αυτή διαδραματίζουν οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ορυκτά καύσιμα), οι οποίες συμβάλλουν στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και, κατά συνέπεια, στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, καθίσταται προφανής η προσπάθεια βελτίωσης της αποδοτικότητας της χρήσης ενέργειας και η αλλαγή των πηγών της (Smil, 2017).

Υπάρχουν αρκετές δυνατότητες για αύξηση της απόδοσης και της παραγωγής καλλιεργειών με ταυτόχρονη μείωση των αερίων θερμοκηπίου: 1) Η αγροδασοκομία, είναι ο συνδυασμός ύπαρξης δέντρων και καλλιεργειών, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της παραγωγής μέσω μικρότερης εξατμισοδιαπνοής, ένα επιπλέον όφελος είναι η δυνατότητα ύπαρξης διαθέσιμων καυσόξυλων. 2) Τα ψυχανθή που περιλαμβάνονται στις αμειψισπορές σε συνδυασμό με μια καλύτερη διαχείριση του νερού μπορεί να συμβάλλουν στη βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών. 3) Η υδρολίπανση, που συνδυάζει άρδευση και λίπανση μαζί, βοηθά

στη καλύτερη διασπορά του αζώτου καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, το οποίο διαφορετικά θα χάνεται μέσω έκπλυσης ή εξάτμισης. Αυτό θα μπορούσε να έχει σαν αποτέλεσμα την ουσιαστική μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου. 4) Ο έλεγχος του νερού στους ορυζώνες είναι μια τεχνική που βοηθά στη μείωση των εκπομπών μεθανίου. Αποδείχθηκε στην Κίνα ότι με την αποστράγγιση του χωραφιού κατά διαστήματα ή, ακόμη καλύτερα, κατά το δεύτερο μισό της καλλιεργητικής περιόδου, οι εκπομπές μεθανίου μειώθηκαν ουσιαστικά και αυξήθηκε η παραγωγή (FAO, 1994). 5) Σε ορισμένες περιοχές, γεωργικά προϊόντα μπορεί να μην επιλέγονται ή ακόμη και να καλλιεργηθούν ως πρώτη ύλη για παραγωγή καυσίμου. Τα βιοκαύσιμα συμβάλουν στη μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα και διευκολύνουν την ανακύκλωση του διοξειδίου του άνθρακα (Verge et al., 2007).

Ο οργανικός άνθρακας του εδάφους σε μόνιμα καλλιεργημένα χωράφια μπορεί να αυξηθεί μέσω μιας σειράς πρακτικών διαχείρισης, συμπεριλαμβανομένων μεγαλύτερων επιστροφών οργανικών υλικών στο έδαφος, μειωμένων περιόδων αγρανάπαυσης, χρήσης πολυετών και χειμερινών καλλιεργειών, ανακύκλωση οργανικών αποβλήτων, μειωμένη άροση, έλεγχο διάβρωσης, και αγροδασοπονία. Η εξάλειψη ή η μείωση της θερινής αγρανάπαυσης μέσω της καλύτερης διαχείρισης του νερού θα μπορούσε να αυξήσει σημαντικά τις ημίξηρες καλλιέργειες και να μειώσει τη διάβρωση του εδάφους (Janzen, 1987 και Campbell et al., 1990). Η συχνότερη χρήση πολυετών κτηνοτροφικών καλλιεργειών μπορεί να αυξήσει σημαντικά τα επίπεδα C του εδάφους, λόγω της υψηλής παραγωγής C από το ριζικό σύστημα, της έλλειψης πρόκλησης διαταραχής του εδάφους και της προστασίας από τη διάβρωση.

Σημαντική γεωργική πρακτική για τον μετριασμό του CO₂ έγκειται στην αύξηση της ποσότητας και της ποικιλίας της φυτικής βιομάζας που χρησιμοποιείται απευθείας για την παραγωγή ενέργειας, ως υποκατάστατο της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Αυτή η αύξηση θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί με την αντικατάσταση των καλλιεργειών βιοκαυσίμων από άλλες καλλιέργειες, με την καλλιέργεια τους σε εκτάσεις που βρίσκονται σε γεωργικά προγράμματα αγρανάπαυσης ή με την ανάμειξη φυτών βιοκαυσίμων με φυτά βρώσιμων καλλιεργειών ή κτηνοτροφικών φυτών σε ένα σύστημα αγροδασοκομίας. Υπάρχουν επίσης σημαντικές ευκαιρίες για τη χρήση υπολειμμάτων καλλιεργειών και προϊόντων για την παραγωγή ενέργειας για την αντικατάσταση των ορυκτών

καυσίμων (Sampson et al., 1993). Οι περισσότερες από τις επιλογές που αφορούν τη χρήση γης και τη δέσμευση του C στο έδαφος είναι περιορισμένης διάρκειας, καθώς η βλάστηση και τα εδάφη (κάτω από ένα δεδομένο σύνολο περιβαλλοντικών και διαχειριστικών συνθηκών) έχουν μια πεπερασμένη ικανότητα να δεσμεύουν τον C.

Προκειμένου να μειωθούν οι εκπομπές μεθανίου από την κοπριά, τίθονται υπό συζήτηση οι τεχνικές διαχείρισής της. Προτιμήθηκε ο χειρισμός της κοπριάς ως υγρή ως πιο οικονομικός τρόπος καθώς απαιτούσε λιγότερο χρόνο και ανθρώπινο δυναμικό. Ωστόσο, είναι μεγαλύτερη πηγή μεθανίου από τη κοπρσοσωρό και είναι λιγότερο οικονομικό να μεταφερθεί στο χωράφι λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς σε νερό. Εναλλακτικές λύσεις όπως η αναερόβια ζύμωση για παραγωγή βιοαερίου και ηλεκτρικής ενέργειας ή χρησιμοποιώντας διαδικασίες διαχωρισμού στερεών και υγρών επιτρέπουν την εξαγωγή προϊόντων ξηρής κοπριάς που χρησιμοποιείται ως οργανικό λίπασμα και επαναχρησιμοποιήσιμου νερού (McRae et al., 2000).

Σε αρκετές περιοχές, η γεωργική γη προσφέρει τη δυνατότητα δέσμευσης διοξειδίου του άνθρακα ως οργανική ύλη στο έδαφος. Είναι χρήσιμο για τη βελτίωση πολλών εδαφών που έχει εξαντληθεί η αρχική τους περιεκτικότητα σε οργανική ύλη από τις καλλιέργειες (Paustian et al., 1997; Six et al., 2004; Marland et al., 2003; Cohen and Miller, 1996; Palm et al., 2004). Πρακτικές όπως μη άροση ή προσθήκη οργανικών υπολειμμάτων εφαρμόζονται ήδη με θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα του εδάφους. Οι πρακτικές zero tillage/minimum tillage βελτιώνουν τη διείσδυση νερού και τη διατήρηση οργανικών ουσιών μειώνοντας τη κατανάλωση ενέργειας κατά τη προετοιμασία της γης. Η μη άροση μπορεί να οριστεί ως ένα σύστημα παραγωγής καλλιεργειών όπου το έδαφος παραμένει αδιατάρακτο από τη συγκομιδή έως τη φύτευση, εκτός από την εφαρμογή λιπάσματος. Προκαλεί λιγότερη διαταραχή του εδάφους, με αποτέλεσμα συχνά να γίνεται σημαντική συσσώρευση άνθρακα στο έδαφος (Sá et al., 2001 και Schuman et al., 2002) και επακόλουθη μείωση των εκπομπών αερίων, ειδικά CO₂, στην ατμόσφαιρα (Lal, 1998 και Paustian et al., 2000) σε σύγκριση με τη συμβατική άροση. Η δέσμευση C λόγω NT ή μειωμένης άροσης εξαρτάται από το βάθος της δειγματοληψίας του εδάφους, τη διαχείριση των καλλιεργειών και τη διάρκεια του συνεχούς συστήματος άροσης χαμηλής έντασης (Six et al., 2004). Υπάρχουν πολλά οφέλη στη μείωση της άροσης πέρα από τη δέσμευση C. Η διαχείριση χωρίς άροση είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τον έλεγχο της διάβρωσης (Gebhardt et al., 1985). Εκτός από τον έλεγχο της

διάβρωσης, το NT (Phillips et al., 1980) και η μειωμένη άροση (π.χ. όργανο γραμμών φύτευσης) εξοικονομούν επίσης ενέργεια μειώνοντας τις ανάγκες σε ορυκτά καύσιμα (Archer et al., 2002). Οι West και Marland (2002) παρατήρησαν ότι η ενισχυμένη δέσμευση C λόγω μειωμένης άροσης ήταν πεπερασμένη, αλλά τα μειωμένα οφέλη από τα ορυκτά καύσιμα συνεχίστηκαν όσο ασκούσαν μειωμένη άροση. Υπάρχει πολλή διαμάχη σχετικά με το εάν η μη άροση δεσμεύει πραγματικά πολύ άνθρακα στο έδαφος, ειδικά όταν λαμβάνεται υπόψη ολόκληρο το προφίλ του εδάφους (Smith et al., 1998 και Six et al., 2002). Η ποσότητα των υπολειμμάτων που ενσωματώνονται, οι διαφορές στις πρακτικές που εφαρμόζονται και ίσως ο τύπος του κλίματος είναι παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Σύμφωνα με τους Smith και λοιποί (1998) μόνο ορισμένες σταθερές ποσότητες άνθρακα στο έδαφος μπορούν να ληφθούν, μέχρι ένα νέο όριο ισορροπίας, το οποίο είναι αναστρέψιμο εάν η διαχείριση επιστρέψει στη συμβατική άροση.

Η δέσμευση του αζωτούχου λιπάσματος είναι συχνά μικρότερη από 50% για λόγους που σχετίζονται με τη μορφή του λιπάσματος, το ρυθμό αποδέσμευσης του αζώτου, την εποχή εφαρμογής και τις κλιματικές συνθήκες. Είναι πράγματι πολύ δύσκολο να συνδυαστεί η αποδέσμευση του αζώτου με την πρόσληψη του φυτού, και δεν είναι ούτε οικονομικό ούτε πρακτικό να χωριστεί το λίπασμα σε πολλές δόσεις κατά την καλλιεργητική περίοδο. Λιγότερα προβλήματα συναντώνται με τις οργανικές πηγές αζώτου, όπως ξηρή κοπριά. Ένα επιπλέον όφελος της οργανικής πηγής είναι η θετική της επίδραση στην ποιότητα του εδάφους, στη γονιμότητα και στην ικανότητά του εδάφους να διατηρεί τα θρεπτικά συστατικά διαθέσιμα. Επίσης, η κατεργασία του εδάφους, με την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων καλλιέργειας, έχει αρνητικές επιπτώσεις στην περιεκτικότητά του σε οργανική ουσία λόγω της αυξημένης αποσύνθεσής τους όταν εκτίθεται στην ατμόσφαιρα (Verge et al., 2007).

Ο έλεγχος των εντόμων και των παθογόνων μπορεί να συμβάλει στην αύξηση παραγωγής τροφίμων μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου καθώς και τις απώλειες που προκύπτουν από τις μετασυλλεκτικές ασθένειες. Τα σχέδια διαχείρισης των καλλιεργειών μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτά τα θέματα, π.χ. χρησιμοποιώντας διαφορετικά συστήματα αμειψισποράς ή φυσικές ουσίες που αναστέλλουν την εξέλιξη των ασθενειών. Επίσης, επαρκής μετασυλλεκτικός έλεγχος κατά την αποθήκευση μπορεί να φέρει σημαντική αύξηση της «σχετικής» απόδοσης (Verge et al., 2007).

1.5.2.2 Αναγεννητική γεωργία, γεωργία άνθρακα και γεωργία ακριβείας

Η πρακτική της αναγεννητικής γεωργίας είναι μια ολοκληρωμένη πρακτική διαχείρισης που χρησιμοποιεί τη δύναμη της φωτοσύνθεσης στα φυτά για να δεσμεύσει τον κύκλο του άνθρακα, να χτίσει την υγεία του εδάφους, την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών και την πυκνότητα των θρεπτικών ουσιών (Toensmeier, E., 2016). Μεταξύ πολλών άλλων πλεονεκτημάτων, αυτή η πρακτική βοηθά στην αναστροφή της κλιματικής αλλαγής αναδομώντας την οργανική ύλη του εδάφους και αποκαθιστώντας την υποβαθμισμένη βιοποικιλότητα του εδάφους με αποτέλεσμα τόσο τη μείωση του άνθρακα όσο και τη βελτίωση του κύκλου του νερού. Ορισμένες άλλες πρακτικές στην κατηγορία της γεωργίας άνθρακα περιλαμβάνουν την καλλιέργεια κάλυψης που είναι η καλλιέργεια ειδών για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους αντί της συγκομιδής, η αμειψισπορά και η κομποστοποίηση. Από την άλλη πλευρά, η γεωργία ακριβείας είναι μια έννοια που χρησιμοποιεί τεχνολογία για τη βελτίωση της γεωργικής παραγωγής ενώ ταυτόχρονα μειώνει σημαντικά τις εισροές (Lal, R., 2004). Αυτή η προσέγγιση της γεωργίας εφαρμόζει μέτρα που είναι οικονομικά και οικολογικά σημαντικά για την επίτευξη βελτιωμένης παραγωγής. Μπορεί να βοηθήσει στην αναμόρφωση των γεωργικών πρακτικών με μεθόδους όπως η θερμοκρασία αποθήκευσης, το μέτρο του χρησιμοποιούμενου κομπόστ, το μέτρο του υπόγειου νερού, η ποσότητα των σπόρων που φυτεύτηκαν, η κατάσταση της καλλιέργειας και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται (Lal, R., 2004).

Έχοντας υπόψη τα προβλήματα που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή και τις συμβατικές πρακτικές γεωργικής διαχείρισης, προτάθηκε από το FAO (2010) το «Climate-Smart Agricultural (CSA)». Το CSA αφορά σε βιώσιμες και καινοτόμες τεχνολογίες και πρακτικές που συμβάλλουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας και του αγροτικού εισοδήματος ενώ βελτιώνουν την επάρκεια σε νερό και θρεπτικά στοιχεία, την ανθεκτικότητα στις κλιματικές πιέσεις αλλά και βοηθούν στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) στο ελάχιστο επίπεδο. Το μεγαλύτερο μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας για το CSA, τόσο στις αναπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες, αναφέρουν ότι οι αγρότες μπορούν να αυξήσουν την απόδοση των καλλιεργειών και το αγροτικό εισόδημα υπό κλιματικές πιέσεις με την εφαρμογή μέτρων όπως αλλαγές στο σχέδιο καλλιέργειας, βέλτιστη περίοδο

σποράς και τεχνολογίες άρδευσης υψηλής απόδοσης. Ομοίως, η εφαρμογή του CSA αυξάνει σημαντικά την απόδοση, την επάρκεια των πόρων, το καθαρό αγροτικό εισόδημα και μειώνει τη χρήση των περιορισμένων εισροών αλλά και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και τη χρήση νερού (Imran et al., 2019).

Επίσης, η μελέτη των Imran και λοιποί (2019) έδειξε ότι οι αγρότες που έχουν υιοθετήσει τις τεχνικές CSA, είναι περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένοι σε σύγκριση με όσους δεν υιοθετούν την CSA όσον αφορά στην παραγωγή βαμβακιού. Οι αναλυτικές πληροφορίες και περιγραφές για τις πρακτικές και τεχνολογίες της CSA που χρησιμοποιούνται από βαμβακοκαλλιεργητές παρατίθενται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3 Πρακτικές και τεχνολογίες της CSA που χρησιμοποιούνται από βαμβακοκαλλιεργητές (Imran et al., 2019).

Ονομασία τεχνολογιών και πρακτικών CSA	Προσαρμογή / Δυνατότητα μείωσης / πολλαπλά οφέλη
Water-smart	Οι πρακτικές και οι τεχνολογίες CSA που βελτιώνουν την αποδοτικότητα της χρήσης πόρων (τεχνική, οικονομική και αποδοτική χρήση νερού)
Ανάπτυξη καλλιεργειών σε αναχώματα	Αυτή η μέθοδος έχει πιο αποτελεσματικό έλεγχο της άρδευσης και της αποστράγγισης καθώς και της διαχείρισης των όμβριων υδάτων κατά τη διάρκεια των μουσώνων. Επιπλέον, βελτιώνει την επάρκεια των θρεπτικών συστατικών.
Ομοιόμορφη κατανομή νερού	Αυτή η τεχνολογία εξασφαλίζει εξοικονόμηση νερού, ομοιόμορφη ανάπτυξη των καλλιεργειών, αύξηση της απόδοσης και μείωση του νερού λόγω της ομοιόμορφης κατανομής του νερού στο χωράφι. Βελτιώνει επίσης την αποτελεσματικότητα χρήσης θρεπτικών συστατικών
Συνδυαστική χρήση νερού	Αυτή η μέθοδος εφαρμογής νερού βελτιώνει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών και είναι πιο αποτελεσματική στις περιοχές όπου τα υπόγεια ύδατα έχουν οριακή ποιότητα.
Διαχείριση απορροής	Αυτή η πρακτική αφαιρεί το υπερβολικό νερό της βροχής και το νερό πλημμύρας μέσω της δομής ελέγχου του νερού
Ονομασία τεχνολογιών και πρακτικών CSA	Προσαρμογή / Δυνατότητα μείωσης / πολλαπλά οφέλη

Energy-smart	Οι πρακτικές και οι τεχνολογίες που μειώνουν το κόστος παραγωγής και βελτιώνουν την αποδοτικότητα χρήσης πόρων και ενέργειας
Ελάχιστη άρση	Αυτή η πρακτική μειώνει το κόστος προετοιμασίας της γης, και μειώνει τη χρήση ενέργειας. Βελτιώνει επίσης τη διείσδυση του νερού και κατακράτηση οργανικής ύλης στο έδαφος
Carbon-smart	Οι πρακτικές και τεχνολογίες που μειώνουν τις εκπομπές GHG και βελτιώνουν την αποδοτικότητα χρήσης πόρων
Ολοκληρωμένη Διαχείριση	Αυτή η μέθοδος βελτιώνει την αποδοτικότητα χρήσης πόρων, την ποιότητα του προϊόντος και μειώνει τη χρήση χημικών
Knowledge-smart	Χρήση συνδυασμού επιστήμης και τοπικής γνώσης
Εναλλαγή καλλιεργειών	Αυτή η πρακτική βελτιώνει τη γονιμότητα του εδάφους, την αποδοτικότητα χρήσης πόρων και την απόδοση των καλλιεργειών
Βελτιωμένες ποικιλίες	Οι βελτιωμένες ποικιλίες είναι ανθεκτικές στο στρες, σε πλημμύρες ή ζέστη/κρύο, με μικρότερους ή μεγαλύτερους καλλιεργητικούς κύκλους

Η πρόοδος των έξυπνων τεχνολογιών επέτρεψε το όραμα της γεωργίας ακριβείας. Ο στόχος της είναι να βελτιώσει την παραγωγικότητα αυξάνοντας τις αποδόσεις και την κερδοφορία των καλλιεργειών και να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα όπως οι εκπομπές GHG με τη χρήση διαφορετικών τεχνικών όπως η αποτελεσματική άρδευση, η στοχευμένη και ακριβής χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων για καλλιέργειες κ.λπ. (Islam et al., 2020). Το Climate Smart Agriculture είναι μια πολλά υποσχόμενη καινοτομία στη γεωργία που ενσωματώνει τις παραδοσιακές γεωργικές πρακτικές με την τεχνολογία με στόχο την αύξηση της αγροτικής παραγωγικότητας λαμβάνοντας υπόψη τους κλιματικούς περιορισμούς με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών GHG. Μερικές από αυτές τις πρακτικές είναι (Panchasara, H. et al., 2021):

- Η συμπυκνωμένη διατροφή για τα ζώα που στοχεύει στη μείωση των απωλειών θρεπτικών συστατικών μειώνοντας έτσι τις ανάγκες σε τροφή.
- Η συμβουλευτική για το Crop Agro με βάση τον καιρό, όπου η τεχνολογία χρησιμοποιείται για την πρόγνωση του καιρού, συλλέγει σχετικές πληροφορίες για την κλιματική κατάσταση και συμβουλεύει τους αγρότες σχετικά.

- Το Climate Smart Housing για τα ζώα χρησιμοποιεί τεχνολογίες για να βοηθήσει τους αγρότες να λάβουν έγκαιρες και συγκεκριμένες αποφάσεις για την προστασία των ζώων από υπερβολική ζέστη ή κρύο στρες.
- Η Crop Insurance προσφέρει ασφάλιση για συγκεκριμένες καλλιέργειες στους αγρότες προκειμένου να αντισταθμίσει τις απώλειες που οφείλονται στις ζημιές που προκαλούνται από τις καιρικές διακυμάνσεις ή τις φυσικές καταστροφές.
- Ολοκληρωμένη Διαχείριση Θρεπτικών Συστατικών, η οποία βελτιστοποιεί την παροχή θρεπτικών ουσιών στο έδαφος ανάλογα με το χώρο, την εποχή και τον τύπο των καλλιεργειών.
- Χρωματογραφήματα φύλλων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ανεπάρκειας αζώτου σε καλλιέργειες, όπως το σιτάρι και το καλαμπόκι, ποσοτικοποιώντας την απαιτούμενη ποσότητα αζώτου με βάση την πρασινάδα των καλλιεργειών. Χρησιμοποιούνται επίσης για εφαρμογές τμηματικής δόσης σε ορυζώνες.
- Χλωρή λίπανση και συγκαλλιέργεια με ψυχανθή. Και οι δύο αυτές πρακτικές χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και της παροχής αζώτου. Η πρώτη χρησιμοποιεί καλλιέργεια ψυχανθών σε συστήματα καλλιέργειας, ενώ η πρώτη χρησιμοποιεί το ίδιο με άλλες κύριες καλλιέργειες σε εναλλακτικές σειρές του αγρού.

1.5.2.3 Αποτύπωμα άνθρακα

Σύμφωνα με τους Steeblick και Moise (2011), η παραγωγή, η επεξεργασία, η μεταφορά και η αποθήκευση των γεωργικών προϊόντων, όπως οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες, έχουν ως αποτέλεσμα την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Τέτοια αέρια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) που εκπέμπεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σε διάφορα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος όπως για παράδειγμα η εφαρμογή αγροχημικών προϊόντων, η καλλιέργεια του εδάφους, η σπορά, η συγκομιδή, κ.α. Περιλαμβάνουν, επίσης, το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) που απελευθερώνεται από το έδαφος ως αποτέλεσμα της εφαρμογής αζωτούχων λιπασμάτων κ.α.

Το «ανθρακικό αποτύπωμα» είναι ένας ποσοτικός δείκτης ο οποίος αντιπροσωπεύει τις ποσότητες των αερίων του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή. Η διάρκεια 100 ετών έχει

οριστεί ως ο χρονικός ορίζοντας αξιολόγησης του φαινομένου του θερμοκηπίου (IPPC, 2009).

Τα στοιχεία συνδυάζονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι συνολικές εκπομπές που απορρέουν από κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά. Για παράδειγμα η ποσότητα του πετρελαίου που χρησιμοποιείται στη γεωργική εκμετάλλευση πολλαπλασιάζεται με την πρότυπη τιμή εκπομπών για ντίζελ κινητήρες. Τα σύνολα για κάθε παράμετρο προστίθενται μαζί δίνοντας το συνολικό αποτέλεσμα των εκπομπών. Με αυτό τον τρόπο βρίσκεται αποτελεσματικά το σύνολο των εκπομπών από τη χρήση πετρελαίου στην γεωργική εκμετάλλευση. Η πλειοψηφία των υπολογισμών αναφέρουν τα αποτελέσματα ως «ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα» ή CO₂eq. Αυτό γίνεται για να επιτραπεί η επίδραση των αερίων που πρέπει να συγκριθούν άμεσα. Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂eq), το μεθάνιο (CH₄) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) έχουν διαφορετικό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP). Για παράδειγμα 1 kg N₂O έχει την ικανότητα να εκπέμπει 310 φορές το ποσό του σε θερμότητα σε σύγκριση με 1 kg CO₂. Ώς εκ τούτου η εκπομπή ενός κιλού N₂O ισούται με 310 κιλά CO₂eq. Αντιστοίχως το μεθάνιο έχει 21 φορές το GWP του CO₂, 1 kg είναι ίσο με 21 κιλά CO₂eq (Department of Energy and Climate Change)

1.5.2.4 Βιώσιμη άρδευση

Η βιώσιμη άρδευση είναι απαραίτητη και εφικτή. Δεν θα είναι δυνατό να ικανοποιηθούν οι παγκόσμιες απαιτήσεις σε τρόφιμα και φυτικές ίνες χωρίς συνεχείς βελτιώσεις στη γεωργική παραγωγικότητα, και αυτές οι βελτιώσεις θα επιτευχθούν κυρίως σε αρδευόμενες εκτάσεις. Σε ορισμένες περιοχές γίνεται επίμονη άντληση των υπόγειων υδάτων που οδηγεί στην εξάντληση των αποθεμάτων τους. Η άρδευση μπορεί επίσης να διακοπεί σε περιοχές όπου η κοινωνία επιλέγει να μην αποδεχθεί τις επιπτώσεις της γεωργίας εκτός αγροκτήματος ή την περιβαλλοντική βλάβη που προκαλείται από την απόρριψη υδάτων αποστράγγισης σε ποτάμια και άλλα υδάτινα σώματα (Wichelns et al., 2006).

Η λειψυδρία είναι μια αυξανόμενη ανησυχία σε πολλές περιοχές του κόσμου. Μια συνιστώμενη πρακτική για τη φυτική παραγωγή σε άνυδρες και ημίξηρες συνθήκες είναι η χρήση στάγδην άρδευσης, καθώς μειώνει την ποσότητα του νερού

που καταναλώνεται. Αυτό προάγει την αποδοτικότητα της χρήσης του νερού και καθιστά τη χρήση του νερού στη γεωργία πιο οικολογικά βιώσιμη. Η στάγδην άρδευση αυξάνει την απόδοση του βαμβακιού, αλλά έχει σημαντικό αντίκτυπο στο μικτό περιθώριο κέρδους μόνο για τους αγρότες με λιγότερους περιορισμούς διαθεσιμότητας νερού. Επιπλέον, η χρήση της στάγδην άρδευσης συμβάλλει στην άμβλυση των αρνητικών επιπτώσεων της ανισορροπίας λίπανσης, η οποία εκτός από την αλάτωση του εδάφους είναι βασικός καθοριστικός παράγοντας της (αρνητικής) απόδοσης των παραγωγών (Khor et al., 2017).

Το βαμβάκι είναι ευαίσθητο στο περιορισμένο νερό, ειδικά κατά το στάδιο της ανθοφορίας, και ο προγραμματισμός άρδευσης πρέπει να ταιριάζει με την εξαμιοδιαπνοή της καλλιέργειας. Η χρήση του νερού εξαρτάται από την τοποθεσία, τις κλιματικές συνθήκες και τη μέθοδο και τα καθεστώτα άρδευσης. Η αποδοτικότητα χρήσης νερού ποικίλλει ευρέως ανάλογα με την τοποθεσία, τη μέθοδο άρδευσης και την ποικιλία βαμβακιού. Το βαμβάκι έχει δείξει ότι έχει αντοχή στην ξηρασία και στην ελλειμματική άρδευση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματική πρακτική διαχείρισης (Koudahe et. al., 2021).

2. Έρευνα και μέθοδος

2.1 Περιοχή μελέτης

Η γεωργική γη σε όλη την Ελληνική επικράτεια έχει έκταση 28.420.000 στρέμματα με το βαμβάκι να καταλαμβάνει 2.628.000 στρέμματα (ΕΛΣΤΑΤ, 2023). Η περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής είναι η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας. Η Θεσσαλία είναι η πιο σημαντική γεωργική περιοχή της Ελλάδας. Η χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση το 2016, σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ (2018) ήταν 3.756×10^3 στρ. και οι αρδευθείσες εκτάσεις ήταν 1.800×10^3 στρ. Το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση καλύπτεται σε ποσοστό περίπου 24% από επιφανειακά ύδατα, ενώ το υπόλοιπο 76% από γεωτρήσεις. Το 30% των υπόγειων υδατικών συστημάτων βρίσκεται υπό καθεστώς κακής ποσοτικής κατάστασης, δηλαδή οι απολήψεις υπερβαίνουν την αναπλήρωση. Υπολογίζεται ότι ετησίως αντλούνται $120-150 \times 10^6$ m³ μη ανανεώσιμου αποθέματος και οι συνολικές απώλειες από τα μόνιμα υπόγεια υδατικά αποθέματα της λεκάνης του Πηνειού από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 εκτιμώνται σε 3×10^9 m³ (Εικ. 2.1) (Κόκκορα Μ., κá. 2022).



Εικόνα 2.1 Ποσοτική κατάσταση των υπόγειων υδατικών συστημάτων του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας (Πηγή: Κόκκορα Μ., κá. 2022).

Η εμφάνιση μεγάλου αριθμού διαφορετικών μικροκλιμάτων στην περιοχή δίνει τη δυνατότητα παραγωγής μεγάλης ποικιλίας προϊόντων. Οι πλειοψηφία των καλλιεργειών είναι εκμηχανισμένες λόγω του μεγάλου μεγέθους των αγροτεμαχίων. Στη Θεσσαλία καλλιεργούνται κυρίως φυτά μεγάλης καλλιέργειας όπως σιτάρι, βαμβάκι, αραβόσιτος. Σύμφωνα με τον Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε (2021), η καλλιέργεια του βαμβακιού στη Θεσσαλία καταλαμβάνει 838.932 στρέμματα (Πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1 Στρεμματική έκταση καλλιέργειας βαμβακιού στους νομούς της Θεσσαλίας (Πηγή: Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε., 2021)

Έτος	Περιφέρεια	Νομός	Καλλιέργεια	Άθροισμα
2021	ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	ΒΑΜΒΑΚΙ	419.923
		ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΑΡΙΣΑΣ	ΒΑΜΒΑΚΙ	285.263
		ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	ΒΑΜΒΑΚΙ	37.542
		ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΤΡΙΚΑΛΩΝ	ΒΑΜΒΑΚΙ	96.204
Γενικό Άθροισμα				838.932

Η Θεσσαλία, είναι η πιο παραγωγική πεδιάδα της χώρας αλλά με υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης. Οι καλλιεργητικές πρακτικές που παραδοσιακά εφαρμόζονται οδηγούν σε εδάφη με χαμηλή οργανική ουσία λόγω της μακροχρόνιας μονοκαλλιέργειας, του οργώματος, της καύσης ή απομάκρυνσης των φυτικών υπολειμμάτων, της μη χρήσης αμειψισπορών, καλλιεργειών φυτοκάλυψης ή χλωρής λίπανσης. Ένα άλλο αδύνατο σημείο της περιοχής είναι η έλλειψη υδατικών πόρων και η έλλειψη υποδομών ταμίευσης νερού τη χειμερινή περίοδο για την χρήση του το καλοκαίρι. Αποτέλεσμα αυτών είναι η χρήση μη των ανανεώσιμων υπόγειων υδάτων για άρδευση, η υπεράντληση ύψους 3 δις m³ με κίνδυνο την είσοδο θαλασσινού νερού – την υφαλμύρωση των υδάτων κι έτσι τη καταστροφή των εδαφών. Έτσι η Θεσσαλία είναι μια ελλειμματική περιοχή σε νερό (Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, 2022).

2.2 Μεθοδολογία

Για τη διερεύνηση του συγκριτικού αποτελέσματος του αποτυπώματος άνθρακα και υδατικού αποτυπώματος σε συμβατικές και βιολογικές εκμεταλλεύσεις

βαμβακιού, απαιτείται η συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με τις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζει ο κάθε παραγωγός. Στη παρούσα έρευνα έγινε χρήση ερωτηματολογίου, το οποίο σχεδιάστηκε εκ νέου, με τη μέθοδο των προσωπικών συνεντεύξεων.

Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε 40 βαμβακοκαλλιεργητές εκ των οποίων 20 παραγωγοί εφαρμόζουν συμβατικό σύστημα καλλιέργειας και οι υπόλοιποι 20 παραγωγοί εφαρμόζουν βιολογικό σύστημα.

Τα ερωτηματολόγια αξιολογήθηκαν εισάγοντας τα δεδομένα στο διαδικτυακό υπολογιστικό σύστημα Cool Farm Tool. Το Cool Farm Tool ξεκίνησε να αναπτύσσεται το 2008 ως ένα εργαλείο υπολογισμού αερίων του θερμοκηπίου του γεωργικού τομέα με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου του Aberdeen με το Εργαστήριο Βιώσιμων Τροφίμων και την πολυεθνική εταιρεία Unilever®, με σκοπό να καταγράψει τις εκπομπές που σχετίζονται με την γεωργία και τη κτηνοτροφία (Kayatz et al., 2019). Είναι διαθέσιμο δωρεάν στο διαδίκτυο και η χρήση του απαιτεί εγγραφή στην ιστοσελίδα <https://coolfarmtool.org>. Στη συνέχεια η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με το πρόγραμμα Microsoft Excel®.

Μέσω του υπολογιστικού συστήματος Cool Farm Tool και των αλγορίθμων του εξήχθησαν αποτελέσματα για το αποτύπωμα άνθρακα και πως αυτό κατηγοριοποιείται. Εκφράζεται σε ενέργεια μετρούμενη σε κιλά CO_{2e} ανά εκτάριο γεωργικής έκτασης (kg CO_{2e} / ha) αλλά και σε κιλά CO_{2e} ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος (kg CO_{2e} / kg).

Επίσης, εξήχθησαν αποτελέσματα για το υδατικό αποτύπωμα το οποίο υποδιαιρείται σε δυο τύπους, το μπλε υδατικό αποτύπωμα (Blue water), που είναι η κατανάλωση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων που έχουν αντληθεί και το πράσινο υδατικό αποτύπωμα (Green water), που είναι ο όγκος του βρόχινου νερού που καταναλώνεται από τη βλάστηση και δεν γίνεται απορροή.

Σύμφωνα με το λογισμικό το Υδατικό Αποτύπωμα (ΥΑ) μιας καλλιέργειας είναι το άθροισμα των δυο συνιστωσών του: πράσινο και μπλε. Εκφράζεται σε όγκο νερού ανά παραγόμενη ποσότητα προϊόντος (litre / kg).

$$ΥΑ = ΥΑ_{\text{πράσινο}} + ΥΑ_{\text{μπλε}}$$

Το πράσινο υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως το πηλίκο του όγκου του νερού της βροχόπτωσης που χρησιμοποιήθηκε για τη κάλυψη των υδατικών αναγκών της καλλιέργειας, προς την απόδοση της καλλιέργειας. Εκφράζεται σε όγκο νερού ανά παραγόμενο προϊόντος (litre / kg) (Hoekstra et al., 2011).

$$YA_{\text{πράσινο}} = CWU_{\text{green}} / Y$$

Όπου,

CWU_{green} : ο συνολικός όγκος βρόχινου νερού που εκφράζεται σε litre.

Y : η απόδοση της καλλιέργειας που εκφράζεται σε kg.

Το μπλε υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού αρδευόμενου όγκου νερού που χρησιμοποιήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας προς την απόδοσή της. Εκφράζεται σε όγκο νερού ανά παραγόμενο προϊόντος (litre / kg) (Hoekstra et al., 2011).

$$YA_{\text{μπλε}} = CWU_{\text{blue}} / Y$$

Όπου,

CWU_{blue} : ο συνολικός όγκος αρδευόμενου νερού που εκφράζεται σε litre.

Y : η απόδοση της καλλιέργειας που εκφράζεται σε kg.

Για την αξιολόγηση του υδατικού αποτυπώματος χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες Αποτελεσματικότητας Άρδευσης (Water Productivity) και Αποδοτικότητας Άρδευσης (Irrigation Efficiency). Ο δείκτης Αποτελεσματικότητας Άρδευσης (Water Productivity) ορίζεται ως η αναλογία του παραγόμενου προϊόντος προς το συνολικό νερό που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου κι ακολουθεί τη παρακάτω εξίσωση (Wichelns D., 2014). Εκφράζεται σε κιλά παραγόμενου προϊόντος ανά όγκο νερού (kg / m³):

$$WP_{AW} = \text{Output} / WA$$

Όπου,

Output : το παραγόμενο προϊόν που εκφράζεται σε kg / ha.

WA : το συνολικό αρδευόμενο νερό που εκφράζεται σε m³ / ha.

Ο δείκτης Αποδοτικότητας Άρδευσης (Irrigation Efficiency) ορίζεται ως το ακαθάριστο προστιθέμενο νερό διαιρεμένο με τη συνολική απαίτηση νερού της μονάδας και σχετίζεται με την απώλεια νερού λόγω απορροής ή διήθησης. Ο δείκτης Αποδοτικότητας Άρδευσης ακολουθεί τη παρακάτω εξίσωση (Water Resources Program, 2024):

$$Ea \text{ (litre per litre)} = CIR / TWU$$

CIR: Απαιτήσεις άρδευσης της καλλιέργειας που εκφράζεται σε litre.

TWU: Συνολικό αρδευόμενο νερό που εκφράζεται σε litre.

2.3 Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε οχτώ μέρη (Παράρτημα). Στο πρώτο μέρος, τα «Γενικά στοιχεία», καταγράφονται τα κοινωνικά χαρακτηριστικά του ερωτηθέντος. Το δεύτερο μέρος, οι «Λεπτομέρειες καλλιέργειας», αφορά το είδος της καλλιέργειας και τη διαχείριση των υπολειμμάτων της. Στο τρίτο μέρος συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Στο τέταρτο μέρος ο παραγωγός περιγράφει τις εφαρμογές λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων που έκανε στη καλλιεργητική περίοδο. Στο πέμπτο μέρος αξιολογείται η ενέργεια που καταναλώνεται στο σύνολο της καλλιέργειας και μέσω της χρήσης διάφορων μηχανημάτων. Το έκτο μέρος σχετίζεται με τη χρήση του νερού ενώ το έβδομο μέρος σχετίζεται με τις αλλαγές που μπορεί να έχουν γίνει στα αγροτεμάχια. Τέλος, στο όγδοο μέρος συμπληρώνονται στοιχεία που αφορούν στη μεταφορά του τελικού προϊόντος.

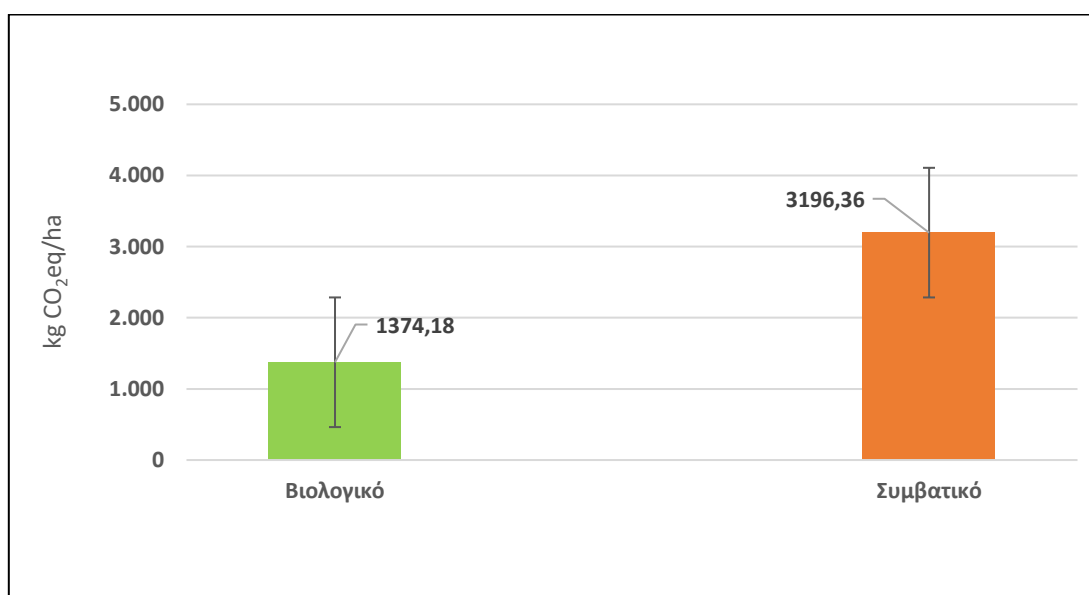
3. Αποτελέσματα

Στην έρευνα πήραν μέρος 40 παραγωγοί εκ των οποίων 28 είναι αγρότες κατά κύριο επάγγελμα με μορφωτικό επίπεδο υποχρεωτικής εκπαίδευσης ενώ οι υπόλοιποι 12 είναι επιτηδευματίες με μορφωτικό επίπεδο Πανεπιστημιακής ή Τεχνολογικής εκπαίδευσης. Οι βιοκαλλιεργητές είναι το 50% των αγροτών και το αντίστοιχο 50% των επιτηδευματιών.

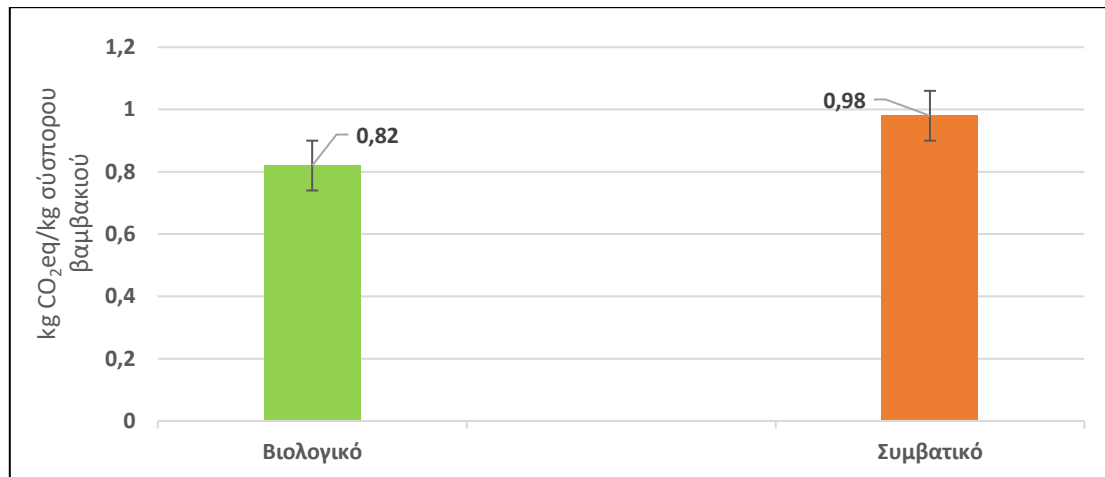
Επίσης, από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων προκύπτει ότι το σύνολο των παραγωγών δεν έχουν καμία πρόθεση, τουλάχιστον προς το παρόν, ένταξής τους σε σύστημα ελέγχου και πιστοποίησης Γεωργίας Άνθρακα. Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στην απουσία γνώσεων κι ενημέρωσης επί του θέματος όσο και στην απουσία κινήτρων.

3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων αποτυπώματος άνθρακα

Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων αξιολογήθηκαν και το μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά εκτάριο και ανά κιλό σύσπορου βαμβακιού, τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού, εμφανίζονται στα Διαγράμματα 3.1.1 και 3.1.2.



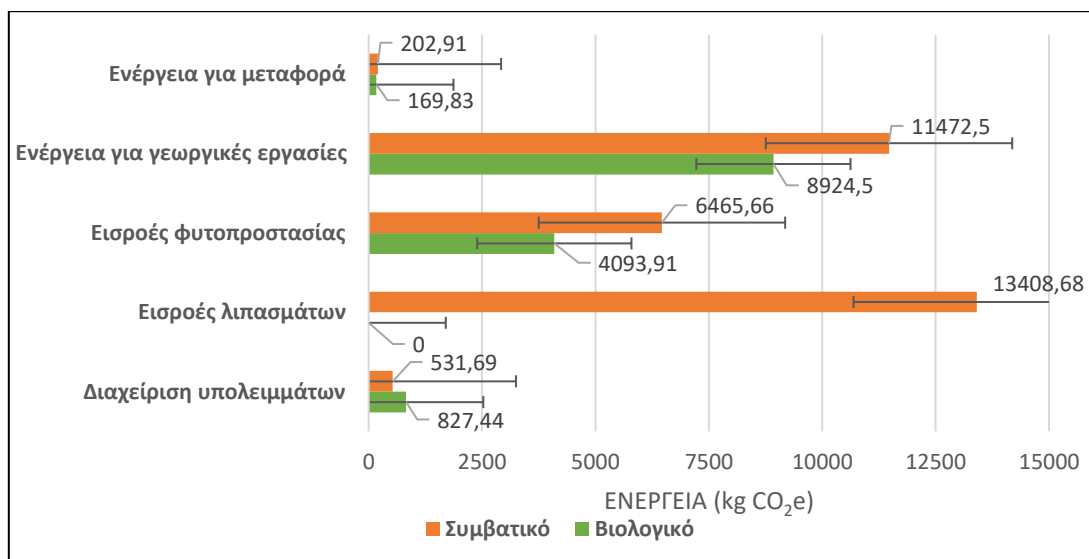
Διάγραμμα 3.1.1 Μέσο αποτύπωμα CO₂/ha στη βιολογική καλλιέργεια και στη συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού.



Διάγραμμα 3.1.2 Μέσο αποτύπωμα CO₂/kg σπόρου βαμβακιού στη βιολογική καλλιέργεια και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στη συμβατική καλλιέργεια η τιμή του αποτυπώματος κυμάνθηκε από 449,4 kg ha⁻¹ έως 10.280 kg ha⁻¹ ενώ στη βιολογική κυμάνθηκε από 3,2 kg ha⁻¹ έως 4.240 kg ha⁻¹. Το μέσο αποτύπωμα CO₂ ha⁻¹ είναι διπλάσιο στη συμβατική από ότι στη βιολογική καλλιέργεια. Στη περίπτωση του μέσου αποτυπώματος CO₂ kg⁻¹ σπόρου βαμβακιού δεν υπήρξε μεγάλη διαφορά όπως προηγουμένως αλλά και πάλι αυτό της συμβατικής ήταν υψηλότερο. Στη συμβατική καλλιέργεια η τιμή του αποτυπώματος CO₂ kg⁻¹ σπόρου βαμβακιού κυμάνθηκε από 0,27 έως 2,94 ενώ στη βιολογική από 0,21 έως 5,3.

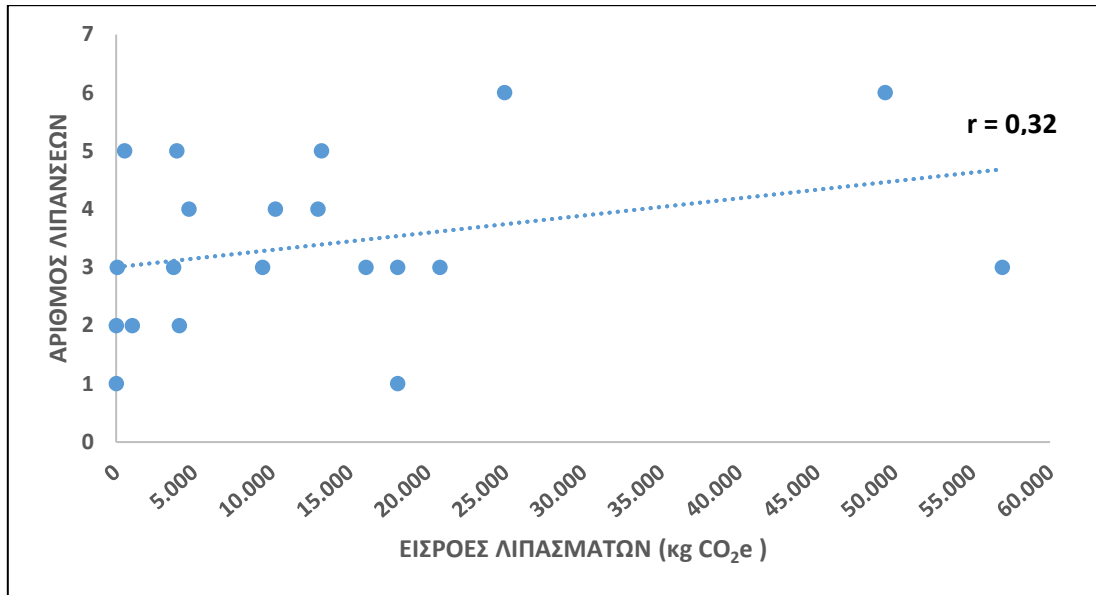
Στο Διάγραμμα 3.1.3 παρουσιάζεται η μέση ενέργεια ανά κατηγορία κατανάλωσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Ειδικότερα, αφορά στη κατανάλωση ενέργειας για τη διαχείριση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, τις εισροές από τα λιπάσματα, τις εισροές από τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, τη διενέργεια διάφορων γεωργικών εργασιών και τέλος τη μεταφορά του βαμβακιού στα εκκοκκιστήρια. Όσον αφορά στις εισροές των λιπασμάτων, η τιμή που προκύπτει αναφέρεται και στην ενέργεια που δαπανήθηκε για τη παραγωγή τους. Στις γεωργικές εργασίες περιλαμβάνεται η κατεργασία του εδάφους, η σπορά, οι λιπάνσεις, οι ψεκασμοί με φυτοπροστατευτικά προϊόντα και τέλος η συγκομιδή.



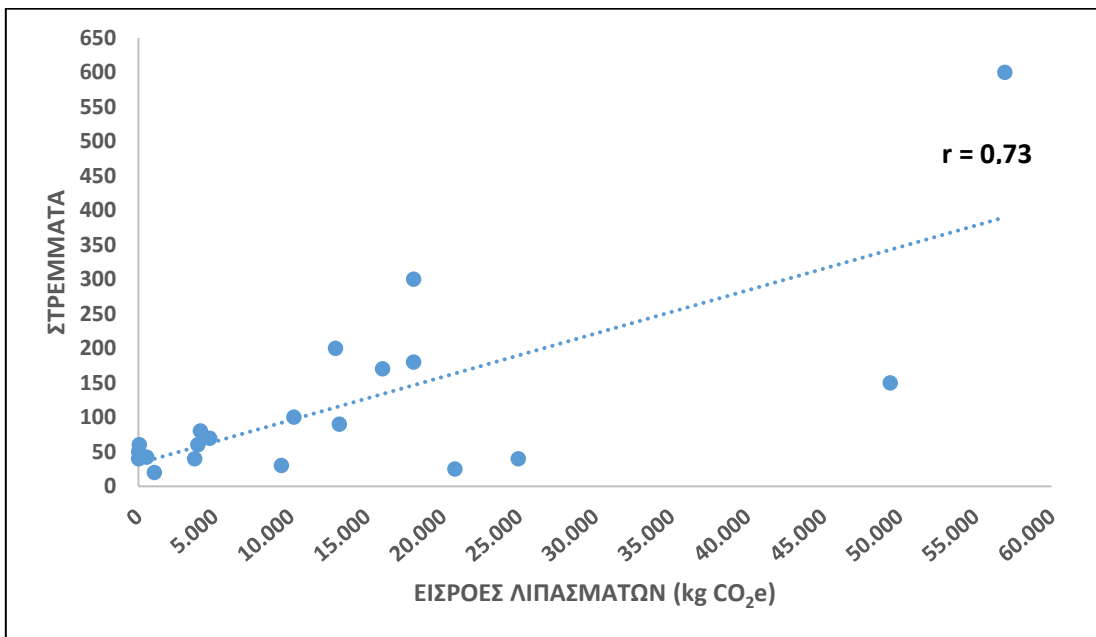
Διάγραμμα 3.1.3 Μέση ενέργεια ανά κατηγορία κατανάλωσης.

Η δαπανηθείσα ενέργεια στη συμβατική καλλιέργεια είναι περισσότερη σε σχέση με αυτή στη βιολογική, όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα. Στη συμβατική καλλιέργεια η διαχείριση των υπολειμμάτων καταλαμβάνει μόλις 0,66% επί του συνολικού ποσού ενέργειας, οι εισροές των λιπασμάτων 41,80%, οι εισροές φυτοπροστασίας 20,15%, οι γεωργικές εργασίες 35,76% και η μεταφορά του σύσπορου βαμβακιού στα εκκοκκιστήρια 0,63%. Αντίστοιχα, στη βιολογική καλλιέργεια η διαχείριση των υπολειμμάτων καταλαμβάνει 5,90%, οι εισροές των λιπασμάτων είναι μηδενικές, οι εισροές φυτοπροστασίας 29,21%, οι γεωργικές εργασίες 63,68% και η μεταφορά 1,21%.

Οι βιοκαλλιεργητές που πήραν μέρος στο δείγμα της παρούσας εργασίας δεν πραγματοποίησαν καμία λίπανση γι' αυτό και οι εισροές των λιπασμάτων είναι μηδενικές. Στο Διάγραμμα 3.1.4 παρουσιάζεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ του αριθμού των λιπάνσεων και της καταναλωθείσας ενέργειας από τις εισροές των λιπασμάτων ενώ στο Διάγραμμα 3.1.5 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ στρεμμάτων και εισροών λίπανσης. Θετική είναι η συσχέτιση που παρουσιάζεται τόσο μεταξύ του αριθμού των εφαρμογών λίπανσης ($r=0,32$) όσο και μεταξύ των στρεμμάτων ($r=0,73$) με τη δαπανηθείσα ενέργεια των εισροών των λιπασμάτων.



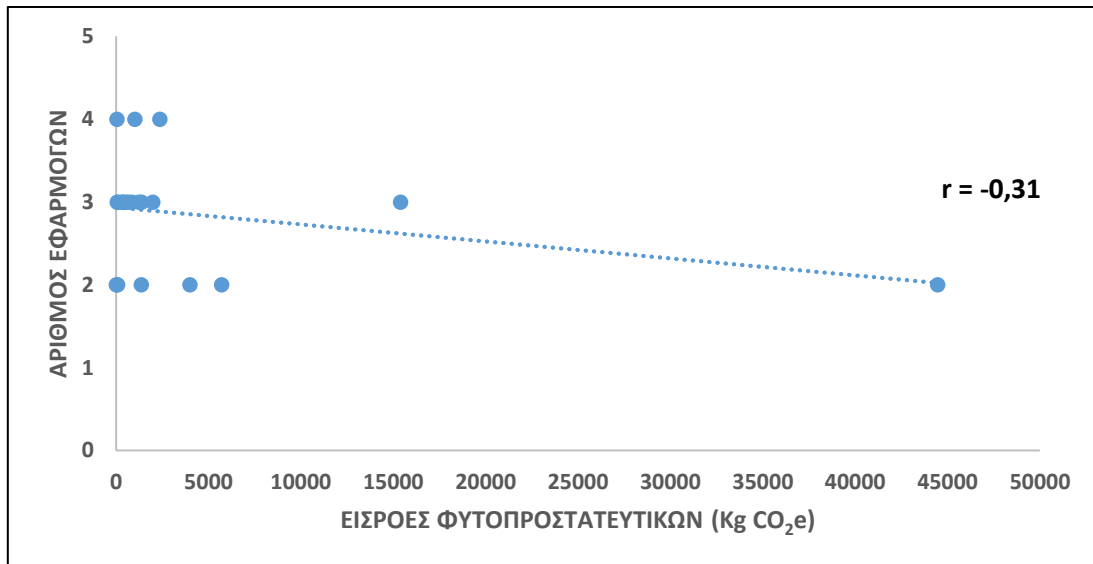
Διάγραμμα 3.1.4 Σχέση αριθμού λιπάνσεων και εισροών λίπανσης.



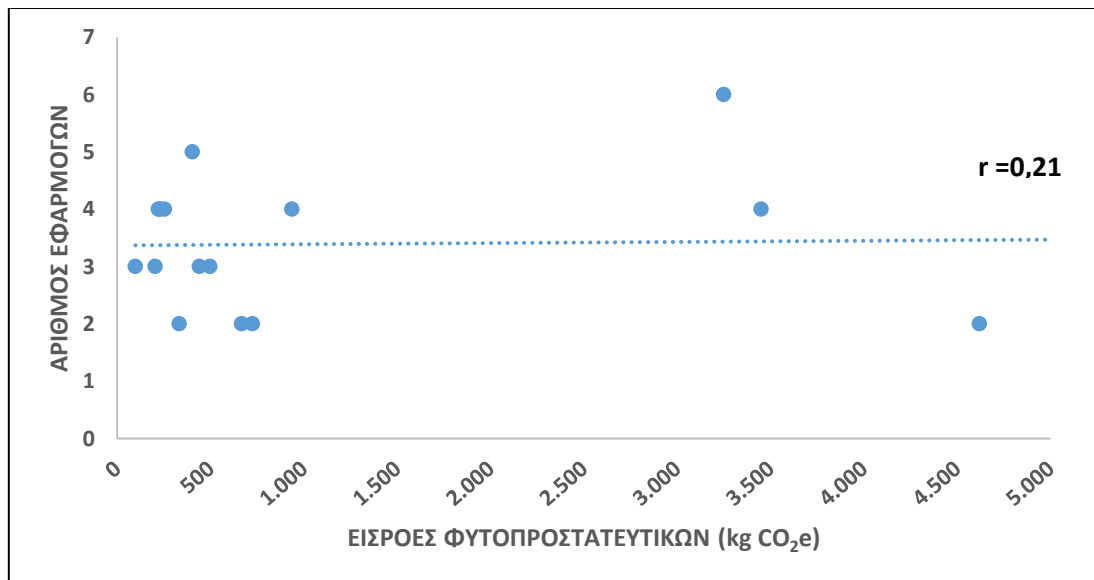
Διάγραμμα 3.1.5 Σχέση στρεμμάτων και εισροών λίπανσης.

Επίσης, αξιολογήθηκε η χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού. Η σχέση μεταξύ του αριθμού των εφαρμογών των φυτοπροστατευτικών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και των εισροών των φυτοπροστατευτικών φαίνεται στο Διάγραμμα 3.1.6 για τη βιολογική καλλιέργεια και στο Διάγραμμα 3.1.7 για τη συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Η συσχέτιση στη βιολογική καλλιέργεια είναι

αρνητική ($r = -0,31$) επειδή επηρεάζεται από μια ακραία τιμή διαφορετικά είναι σχεδόν σταθερή ενώ στη συμβατική καλλιέργεια η συσχέτιση είναι θετική ($r = 0,21$). Και στα δύο συστήματα η πλειοψηφία των εισροών κυμαίνεται μέχρι τις 5.000 kg CO₂e από τη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

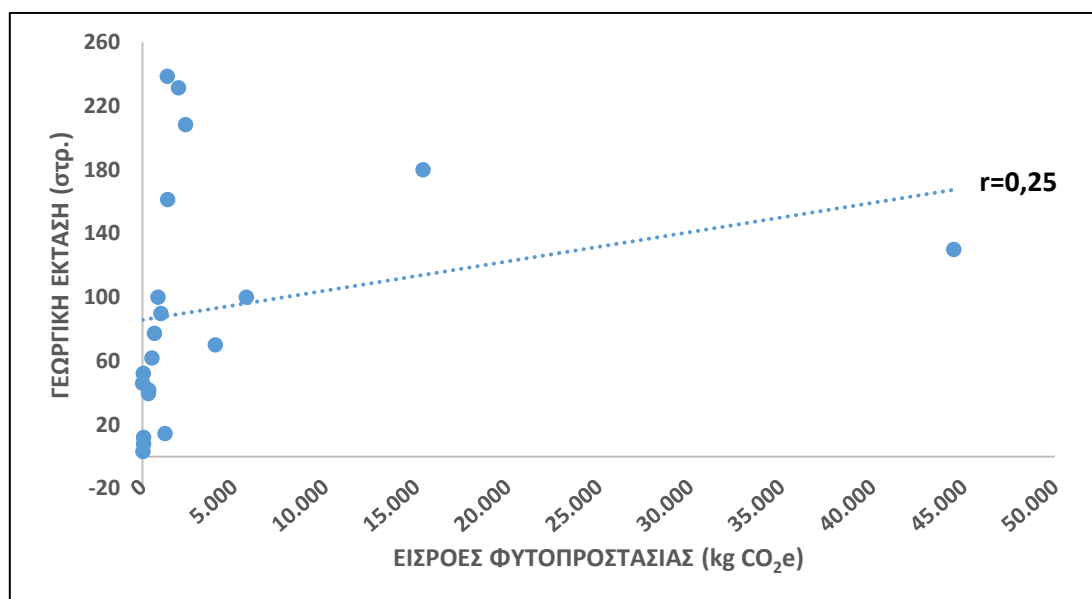


Διάγραμμα 3.1.6 Σχέση αριθμού εφαρμογών και εισροών φυτοπροστασίας στη βιολογική καλλιέργεια.

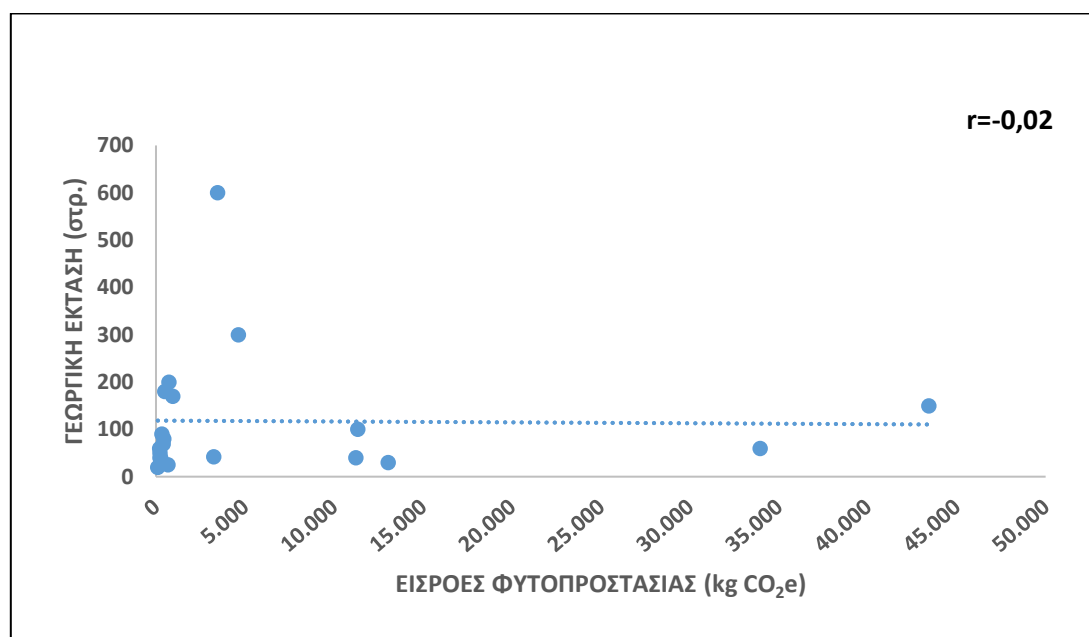


Διάγραμμα 3.1.7 Σχέση αριθμού εφαρμογών και εισροών φυτοπροστασίας στη συμβατική καλλιέργεια.

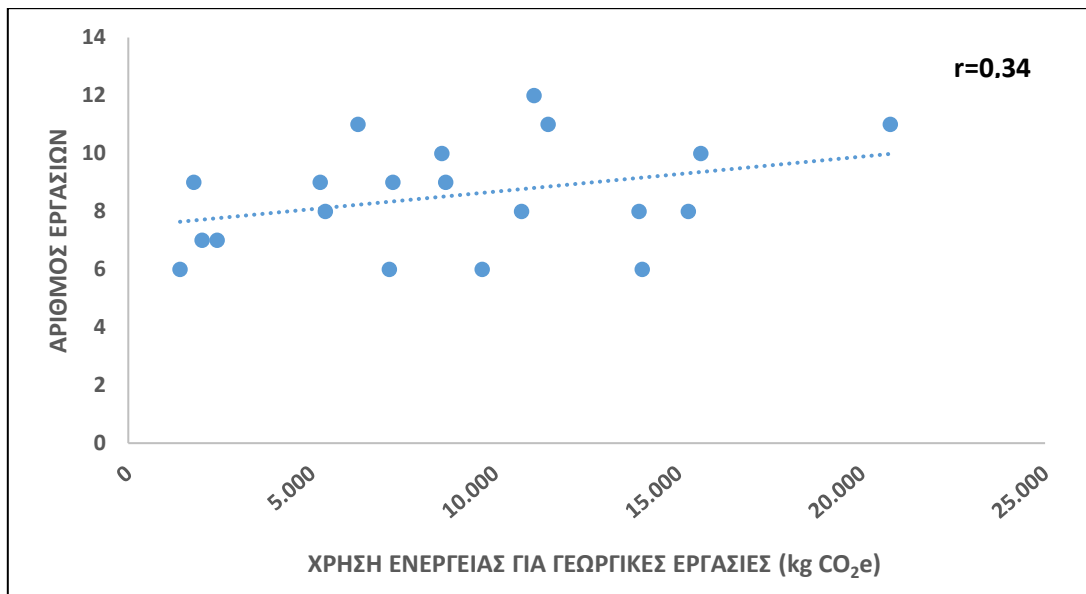
Παράλληλα στα Διαγράμματα 3.1.8 και 3.1.9 παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας λόγω των εισροών των φυτοπροστατευτικών προϊόντων σε σχέση με την έκταση των αγροτεμαχίων στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη συσχέτιση στη βιολογική καλλιέργεια είναι θετική ($r=0,25$) δηλαδή όσο αυξάνεται η έκταση να αυξάνονται και οι εισροές και σχεδόν σταθερή ($r=-0,02$) στη συμβατική καλλιέργεια.



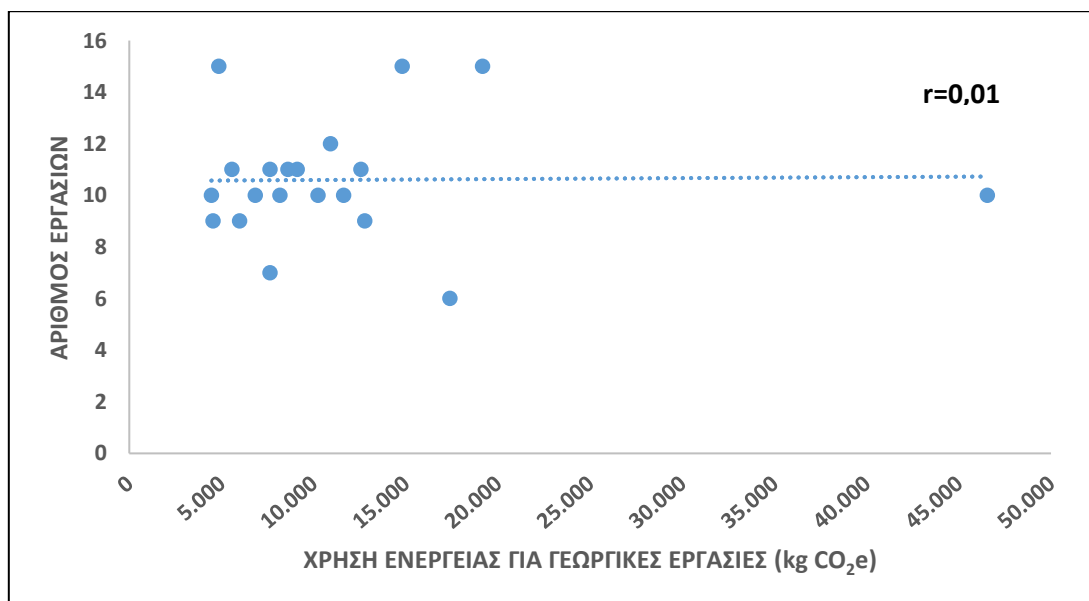
Διάγραμμα 3.1.8 Σχέση στρεμμάτων και εισροών φυτοπροστασίας στη βιολογική καλλιέργεια.



Η ενέργεια που καταναλώθηκε για τη διενέργεια διαφόρων γεωργικών εργασιών, από την άροση μέχρι τη συγκομιδή, κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική καλλιέργεια, παρουσιάζεται στα Διαγράμματα 3.1.10 και 3.1.11 σε σχέση με τον αριθμό των εργασιών και στα Διαγράμματα 3.1.12 και 3.1.13 σε σχέση με την έκταση των αγροτεμαχίων.

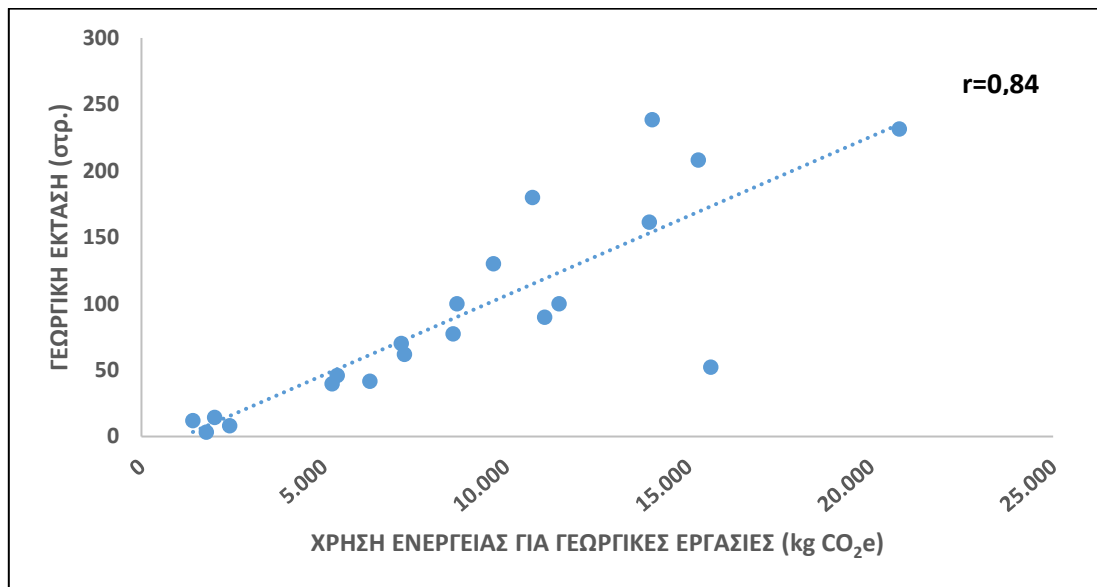


Διάγραμμα 3.1.10 Σχέση αριθμού εργασιών και χρήσης ενέργειας στη βιολογική καλλιέργεια.

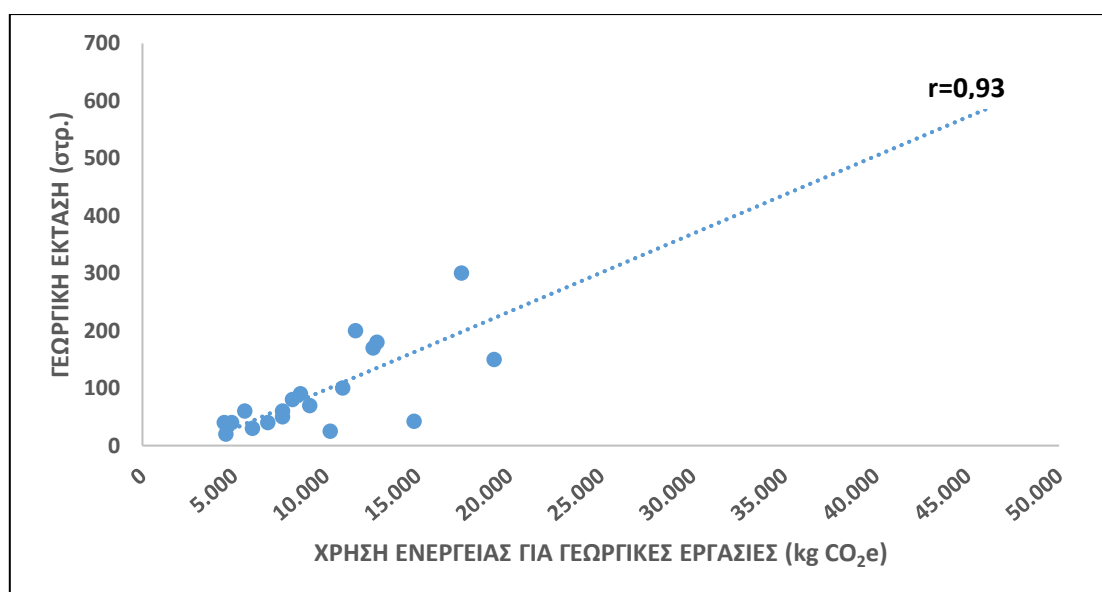


Διάγραμμα 3.1.11 Σχέση αριθμού εργασιών και χρήσης ενέργειας στη συμβατική καλλιέργεια.

Η συσχέτιση μεταξύ της ενέργειας που καταναλώθηκε για τις διάφορες εργασίες και του αριθμού των εργασιών αλλά και της έκτασης των αγροτεμαχίων είναι θετική ($r=0,32$) στη βιολογική καλλιέργεια ενώ σχεδόν σταθερή ($r=0,01$) στη συμβατική καλλιέργεια. Δηλαδή όσο αυξάνεται ο αριθμός των εργασιών τόσο αυξάνεται η καταναλωθείσα ενέργεια σε $\text{kg CO}_2\text{e}$. Έντονη είναι η συσχέτιση υπάρχει μεταξύ των στρεμμάτων και της καταναλωθείσας ενέργειας για γεωργικές εργασίες και στα δυο καλλιεργητικά συστήματα.

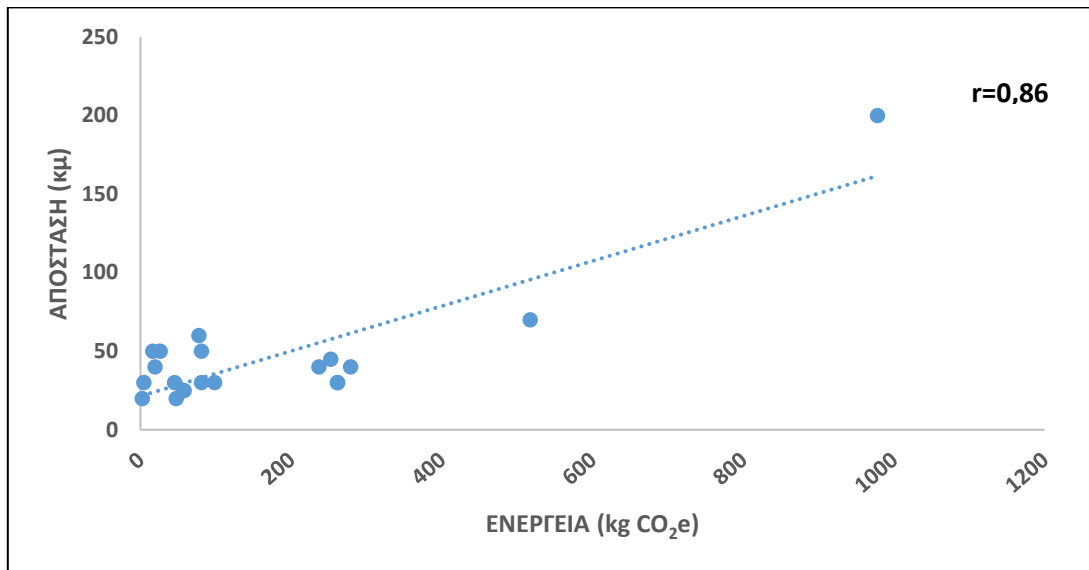


Διάγραμμα 3.1.12 Σχέση στρεμμάτων και χρήσης ενέργειας στη βιολογική καλλιέργεια.

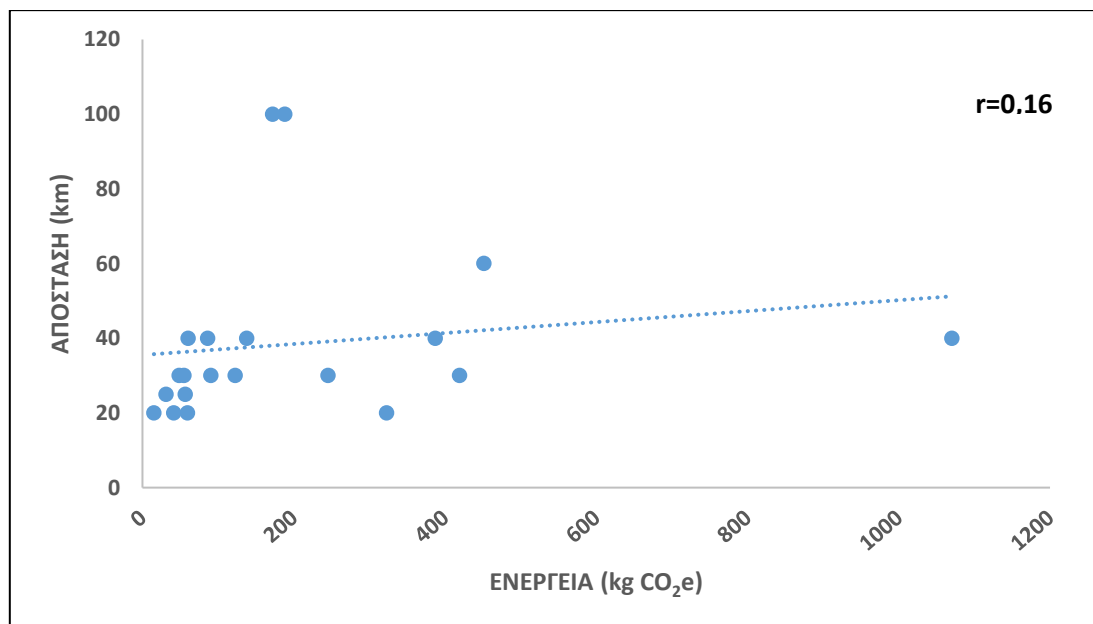


Διάγραμμα 3.1.13 Σχέση στρεμμάτων και χρήσης ενέργειας στη συμβατική καλλιέργεια.

Στα Διαγράμματα 3.1.14 και 3.1.15 εμφανίζεται η σχέση που υπάρχει μεταξύ της ενέργειας που καταναλώθηκε για να μεταφερθεί το σύσπορο βαμβάκι στο εκκοκκιστήριο και της διανυθείσας απόστασης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κι εδώ είναι θετική η συσχέτιση και στα δυο καλλιεργητικά συστήματα, δηλαδή όσο αυξάνεται η απόσταση τόσο αυξάνεται και η ενέργεια που καταναλώθηκε για τη μεταφορά του προϊόντος.

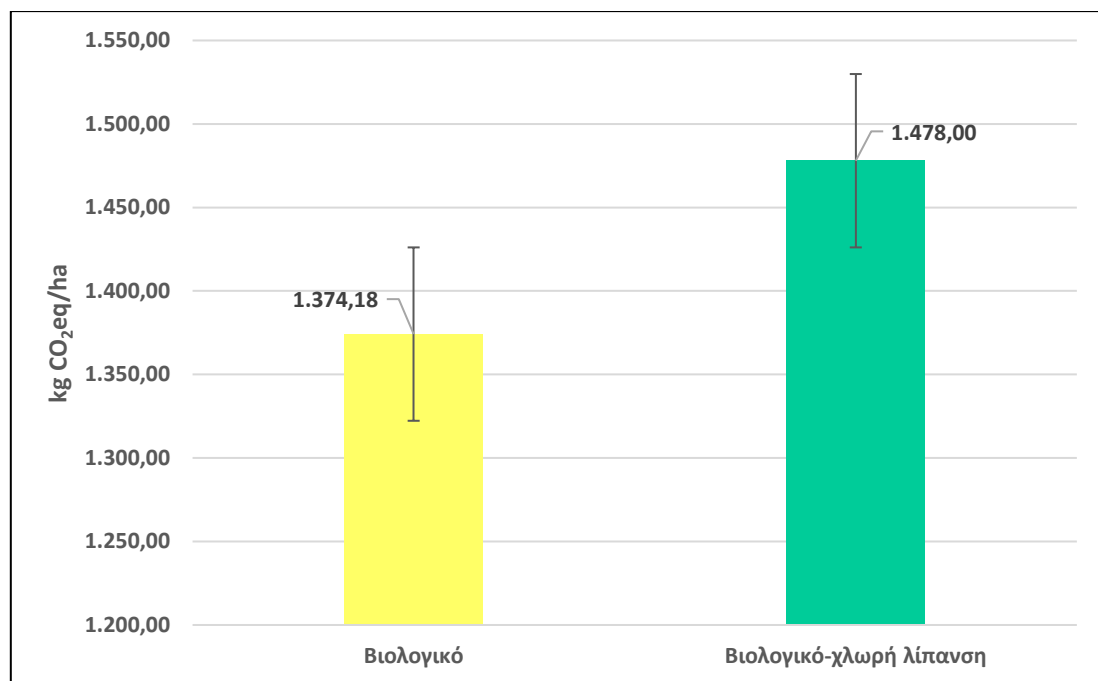


Διάγραμμα 3.1.14 Σχέση καταναλωθείσας ενέργειας για τη μεταφορά του προϊόντος και της απόστασης μεταφοράς στη βιολογική καλλιέργεια.

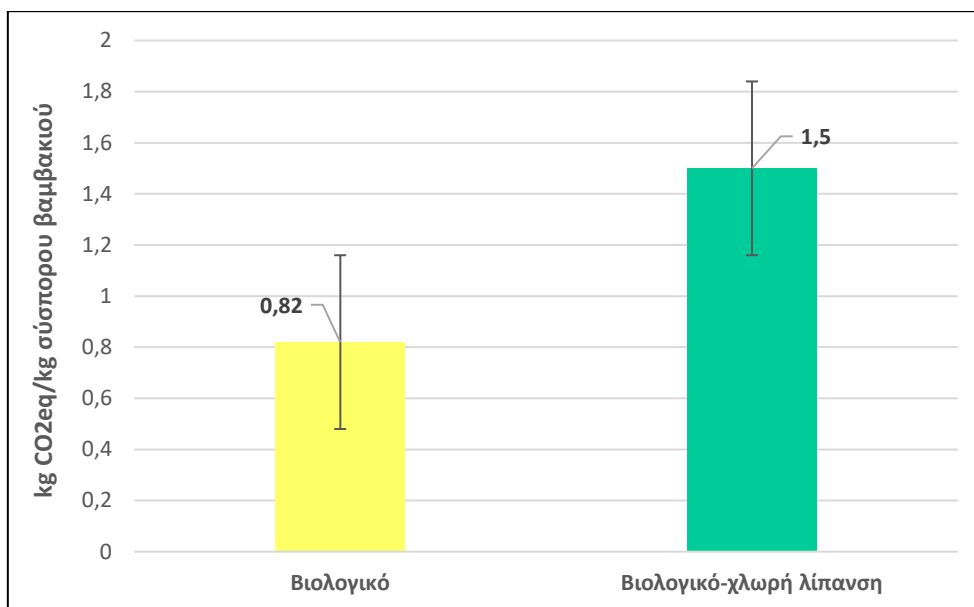


Διάγραμμα 3.1.15 Σχέση καταναλωθείσας ενέργειας για τη μεταφορά του προϊόντος και της απόστασης μεταφοράς στη συμβατική καλλιέργεια.

Στους ερωτηθέντες υπήρχαν βιοκαλλιεργητές οι οποίοι εφάρμοσαν χλωρή λίπανση με βίκο σε ποσοστό 25% του συνόλου των βιοκαλλιεργητών. Στα Διαγράμματα 3.1.16 και 3.1.17 γίνεται σύγκριση του συνόλου των βιοκαλλιεργητών σε σχέση με τους παραγωγούς που εφάρμοσαν χλωρή λίπανση, του μέσου αποτυπώματος CO_{2e} ανά εκτάριο και του μέσου αποτυπώματος CO_{2e} ανά κιλό σύσπορου βαμβακιού αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι το μέσο αποτύπωμα CO_{2e} στη χλωρή λίπανση ήταν μεγαλύτερο λόγω των περισσότερων εργασιών που διενεργήθηκαν για τη καλλιέργεια του βίκου. Οι τιμές του αποτυπώματος CO_{2e} ανά εκτάριο στη βιολογική καλλιέργεια κυμάνθηκαν από 3,2 έως 2.330 kg CO_{2e}, ενώ στις καλλιέργειες που εφαρμόστηκε αμειψισπορά οι τιμές κυμάνθηκαν από 1.060 έως 1.970 kg CO_{2e} ha⁻¹. Ομοίως, για το μέσο αποτύπωμα CO_{2e} ανά κιλό σύσπορου βαμβακιού, στη βιολογική καλλιέργεια οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,21 έως 1,84, ενώ στις καλλιέργειες με χλωρή λίπανση οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,3 έως 5,3 kg CO_{2e} kg⁻¹ σύσπορου βαμβακιού.



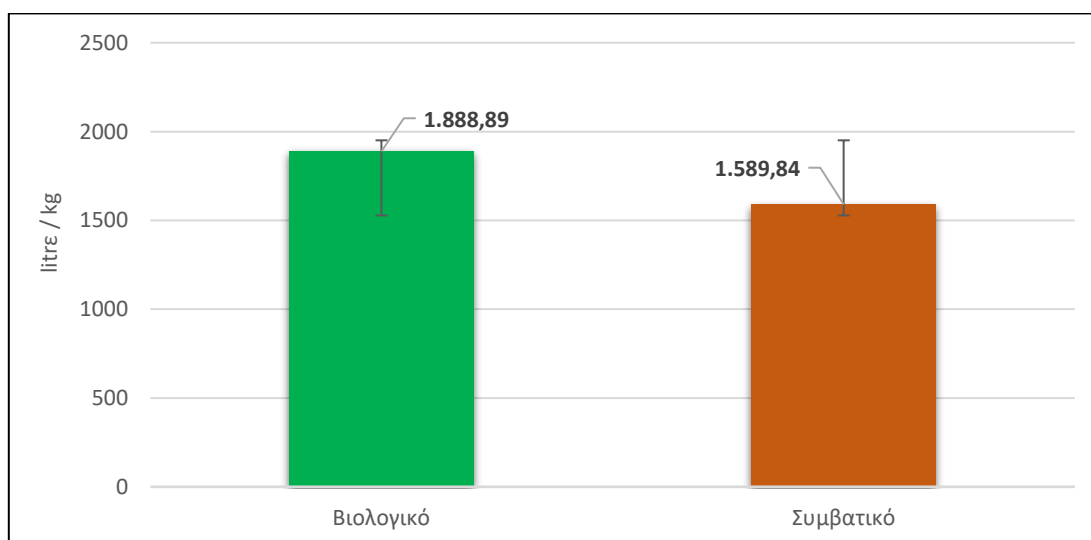
Διάγραμμα 3.1.16 Σύγκριση μέσου αποτυπώματος CO_{2e}/ha στη βιολογική καλλιέργεια με αντίστοιχο μέσο αποτύπωμα βιοκαλλιεργειών που εφαρμόζεται χλωρή λίπανση.



Διάγραμμα 3.1.17 Σύγκριση μέσου αποτυπώματος CO₂/kg σύσπορου βαμβακιού στη βιολογική καλλιέργεια με αντίστοιχο μέσο αποτύπωμα βιοκαλλιεργειών που εφαρμόζεται χλωρή λίπανση.

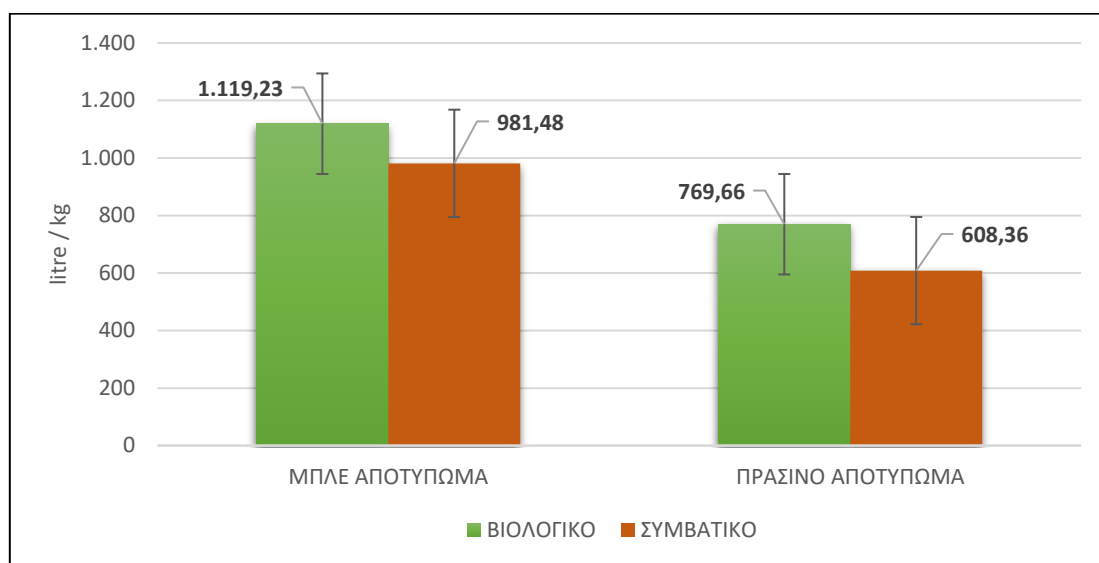
3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων υδατικού αποτυπώματος

Στο Διάγραμμα 3.2.1 παρουσιάζεται το μέσο υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού το οποίο στη βιολογική καλλιέργεια είναι υψηλότερο. Στη συμβατική καλλιέργεια οι τιμές κυμάνθηκαν από 1.325,37 έως 2.520,58 litre kg⁻¹ σύσπορου βαμβακιού.



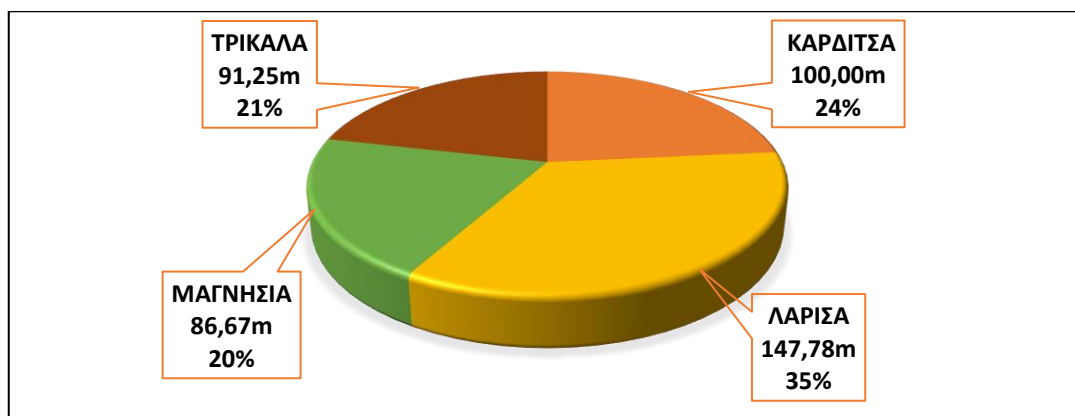
Διάγραμμα 3.2.1 Μέσο υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στο Διάγραμμα 3.2.2 φαίνεται πως το μέσο υδατικό αποτύπωμα διακρίνεται στο μέσο όρο του μπλε και του πράσινου υδατικού αποτυπώματος όπου κι εδώ οι τιμές είναι υψηλότερες στη βιολογική καλλιέργεια. Στη βιολογική καλλιέργεια, το μπλε υδατικό αποτύπωμα κυμάνθηκε από 657,09 έως 2.199 litre kg⁻¹ ενώ και το πράσινο υδατικό αποτύπωμα από 560,95 έως 1.161,75 litre kg⁻¹. Στη συμβατική, το μπλε υδατικό αποτύπωμα κυμάνθηκε από 387,47 έως 3.824,01 litre kg⁻¹ και το πράσινο υδατικό αποτύπωμα από 229,81 έως 898,08 litre kg⁻¹.



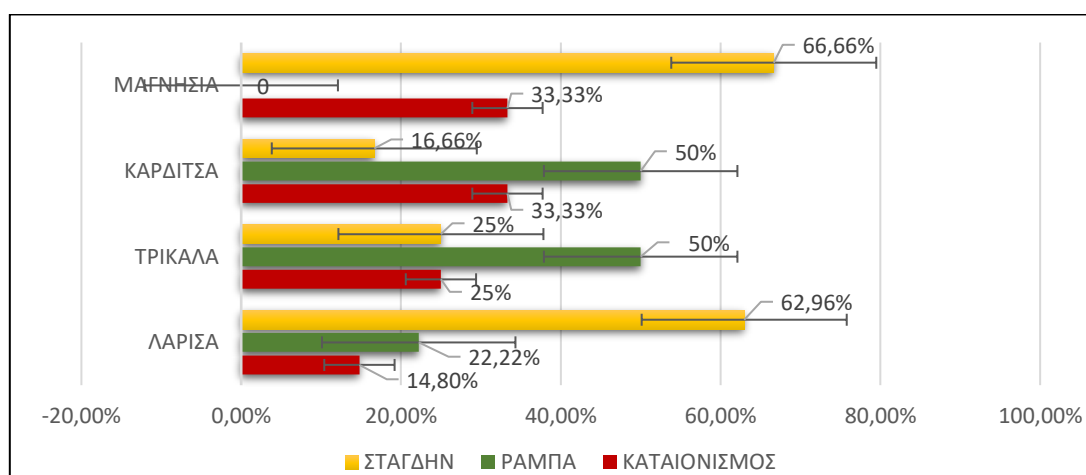
Διάγραμμα 3.2.2 Μέσο μπλε και πράσινο υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική και συμβατική καλλιέργεια.

Το Διάγραμμα 3.2.3 δείχνει το μέσο βάθος γεώτρησης ανά νομό και τη ποσοστιαία διαβάθμισή τους στο δείγμα. Στα Τρίκαλα κυμαίνεται από 50m έως 180m, στη Καρδίτσα από 80m έως 150m, στη Μαγνησία από 60m έως 130m και στη Λάρισα από 90m έως 300m.

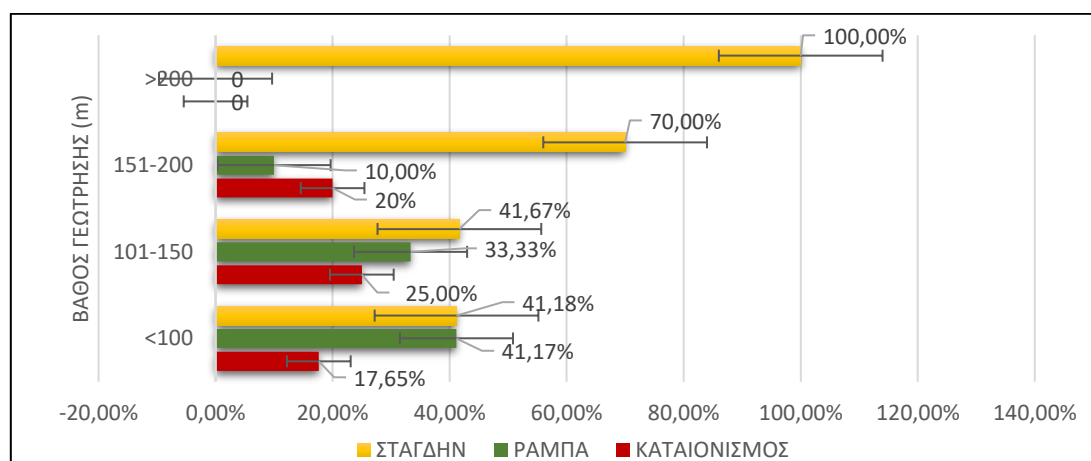


Διάγραμμα 3.2.3 Μέσο βάθος γεώτρησης ανά νομό.

Στα Διαγράμματα 3.2.4 και 3.2.5 αποτυπώνεται σε ποσοστιαία μορφή, για το σύνολο των ερωτηθέντων, η μέθοδος άρδευσης ανά νομό και η μέθοδος άρδευσης σε σχέση με το βάθος της γεώτρησης αντίστοιχα. Στη Λάρισα ο καταιονισμός καταλαμβάνει το 14,80%, η ράμπα 22,22% κι η στάγδην άρδευση 62,96%. Στα Τρίκαλα ο καταιονισμός καταλαμβάνει 25%, η ράμπα 50% κι η στάγδην 25%. Στην Καρδίτσα ο καταιονισμός καταλαμβάνει 33,33%, η ράμπα 50% κι η στάγδην 16,66%. Τέλος, στη Μαγνησία ο καταιονισμός καταλαμβάνει 33,33% κι η στάγδην 66,66% καθώς άρδευση με ράμπα οι ερωτηθέντες δεν εφαρμόζαν. Επιπρόσθετα, συσχετίστηκε η μέθοδος άρδευσης με το βάθος γεώτρησης. Σε βάρη μικρότερα των 100 m, ο καταιονισμός καταλαμβάνει το 17,65%, η ράμπα 41,18% κι η στάγδην 41,18%. Σε βάρη 101 – 150 m, ο καταιονισμός καταλαμβάνει 25 %, η ράμπα 33,33% κι η στάγδην 41,67%. Σε βάρη 151 – 200 m, ο καταιονισμός καταλαμβάνει 20%, η ράμπα 10% κι η στάγδην 70,00%. Τέλος, σε βάρη μεγαλύτερα των 200 m υπήρχε μόνο η στάγδην άρδευση.

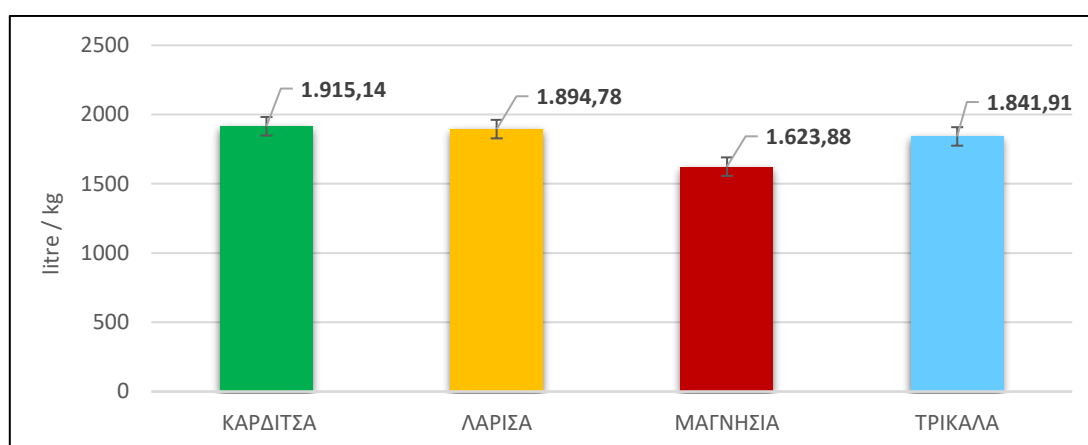


Διάγραμμα 3.2.4 Μέθοδος άρδευσης ανά νομό.

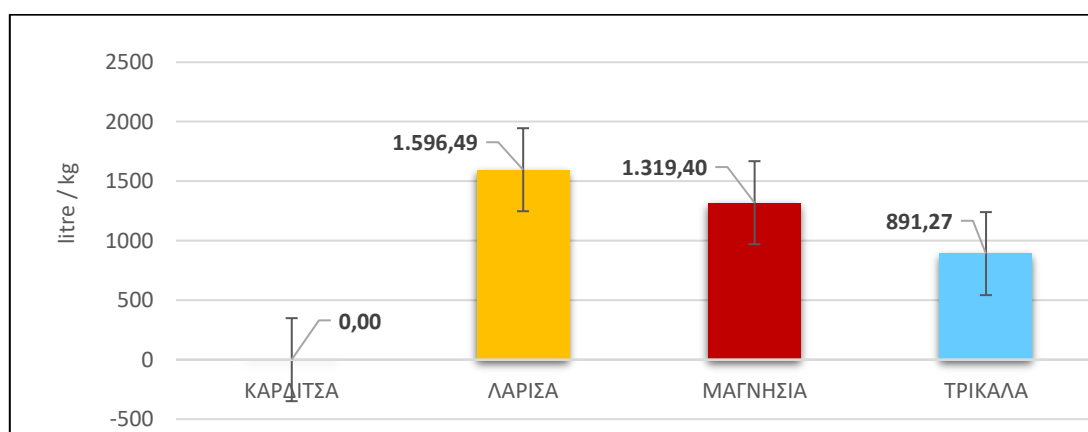


Διάγραμμα 3.2.5 Μέθοδος άρδευσης σε σχέση με το βάθος γεώτρησης.

Αναλύθηκε το μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά νομό στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια στα Διαγράμματα 3.2.6 και 3.2.7 αντίστοιχα. Στη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού το μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά νομό είναι στη Καρδίτσα 1.915,14 lt kg⁻¹, στη Λάρισα 1.894,78 lt kg⁻¹, στη Μαγνησία 872,08lt kg⁻¹ και στα Τρίκαλα είναι 1841,91 lt kg⁻¹. Ενώ στη συμβατική καλλιέργεια, στη Καρδίτσα είναι μηδενικό βάσει των απαντήσεων, στη Λάρισα είναι 1.596,49 lt kg⁻¹, στη Μαγνησία είναι 1.319,40 lt kg⁻¹ και στα Τρίκαλα είναι 445,17 lt kg⁻¹.

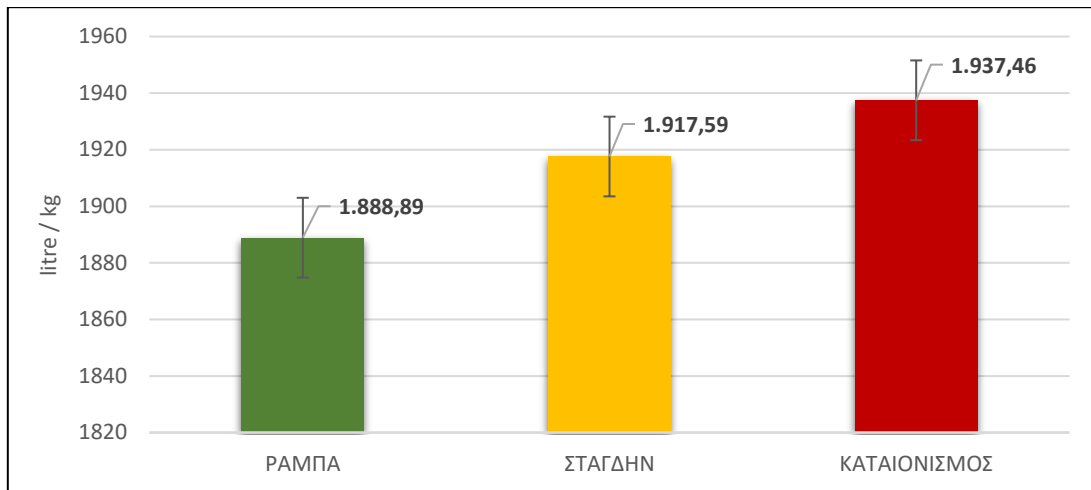


Διάγραμμα 3.2.6 Μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά νομό στη βιολογική καλλιέργεια.

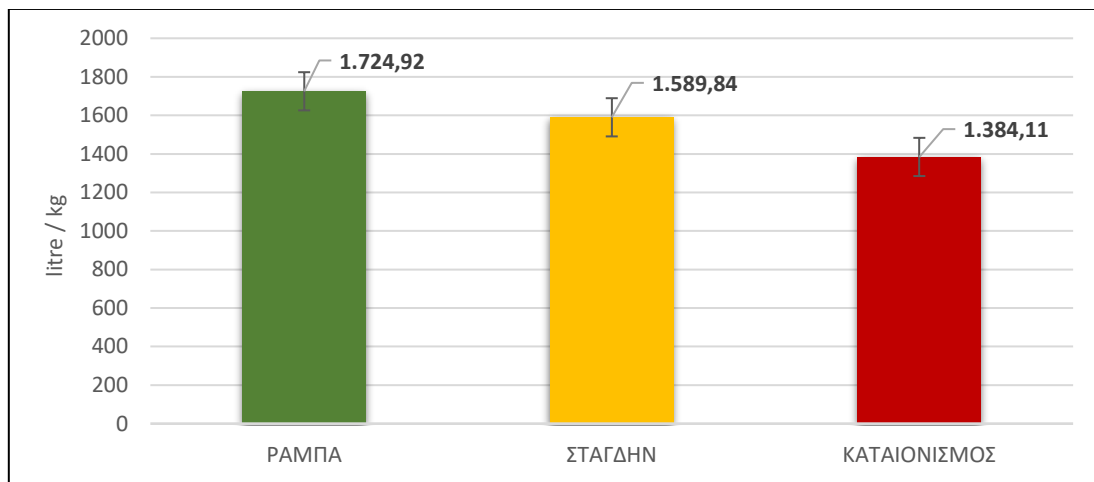


Διάγραμμα 3.2.7 Μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά νομό στη συμβατική καλλιέργεια.

Επίσης, αναλύθηκε το μέσο υδατικό αποτύπωμα που προκύπτει βάσει της μεθόδου άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια, στα Διαγράμματα 3.2.8 και 3.2.9. Στη βιολογική καλλιέργεια, η ράμπα έχει 1.888,89 lt kg⁻¹, η στάγδην 1.917,59 lt kg⁻¹ κι ο καταιονισμός 1.937,46 lt kg⁻¹. Όπως επίσης και στη συμβατική καλλιέργεια, η ράμπα ήταν 1.724,92 lt kg⁻¹, η στάγδην 1.589,84 lt kg⁻¹ κι ο καταιονισμός 1.384,11 lt kg⁻¹.



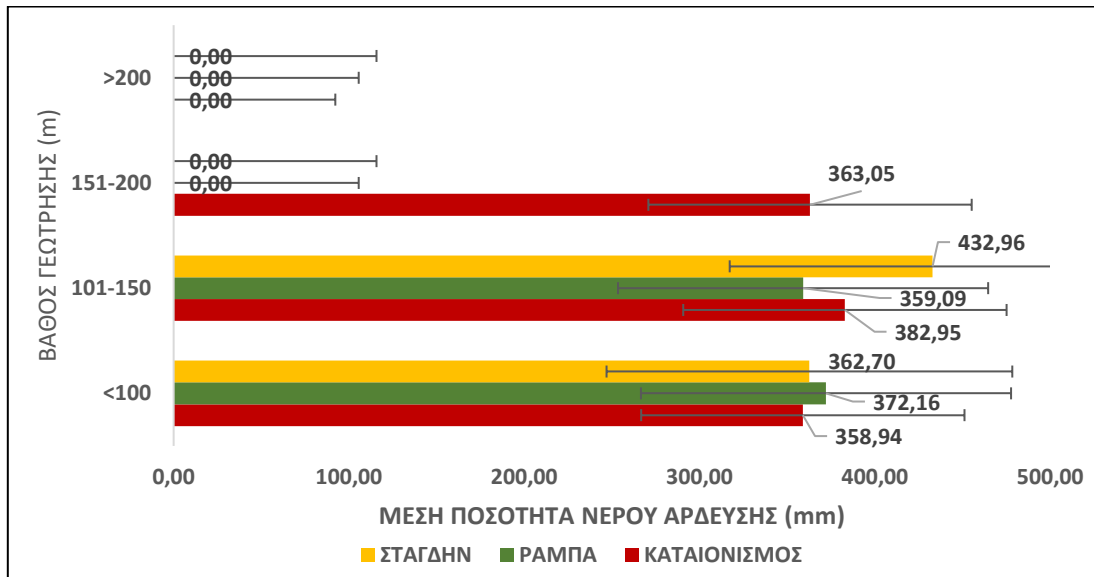
Διάγραμμα 3.2.8 Μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά μέθοδο άρδευσης στη βιολογική καλλιέργεια.



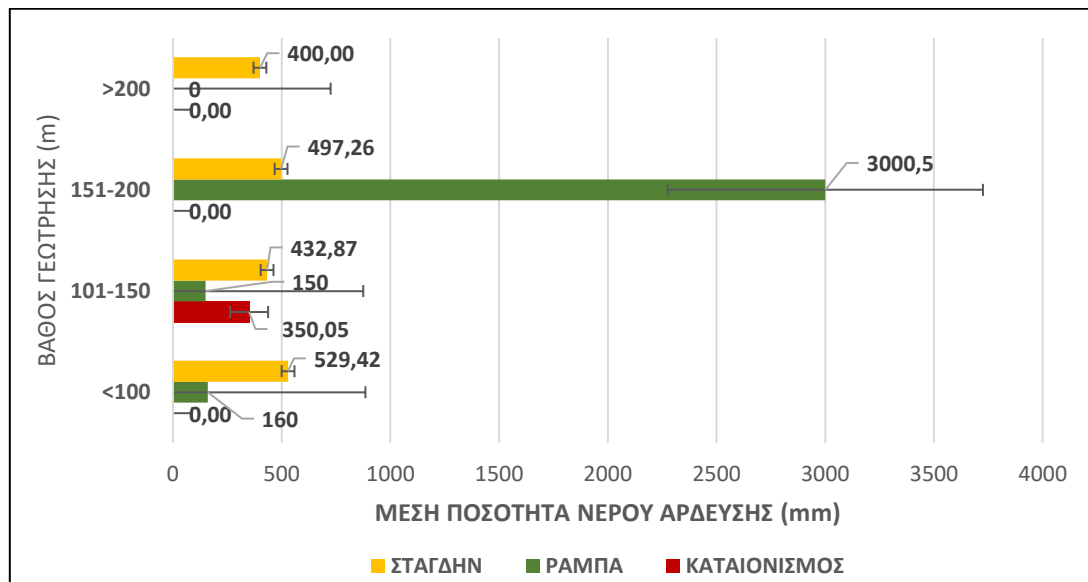
Διάγραμμα 3.2.9 Μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά μέθοδο άρδευσης στη συμβατική καλλιέργεια.

Στα Διαγράμματα 3.2.10 και 3.2.11 παρουσιάζεται η μέση ποσότητα νερού άρδευσης σε σχέση με το βάθος της γεώτρησης και τη μέθοδο άρδευσης στη βιολογική και συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Στη βιολογική καλλιέργεια σε βάθη γεώτρησης μικρότερα των 100 m δεν υπήρχαν πολύ μεγάλες διαφορές στη μέση ποσότητα νερού άρδευσης, στον καταιονισμό ήταν 358,94 mm, στη ράμπα 372,16 mm και στη στάγδην 362,70 mm. Ενώ στη συμβατική καλλιέργεια εφαρμόστηκαν η ράμπα με 160 mm και η στάγδην με 529,42 mm. Σε βάθη 101 – 150 m, στη βιολογική καλλιέργεια η μέση ποσότητα νερού με την εφαρμογή καταιονισμού ήταν 382,95 mm, της ράμπας 359,09 mm και στη στάγδην 432,96 mm. Αντίστοιχα, στη συμβατική καλλιέργεια η εφαρμογή του καταιονισμού εμφάνισε μέση ποσότητα 350,05 mm, της ράμπας 150 mm και στη στάγδην 432,87 mm. Σε βάθη 151 – 200 m, στη βιολογική καλλιέργεια εφαρμόζονταν μόνο η χρήση καταιονισμού με μέση

ποσότητα νερού 363,05 mm, ενώ στη συμβατική εφαρμόστηκε η ράμπα με 3000,5 mm σε μια καλλιέργεια 600στρ, κάτι που δεν είναι αντιπροσωπευτικό, και η στάγδην άρδευση με 497,26 mm αντίστοιχα. Σε βάθη μεγαλύτερα των 200 m μόνο στη συμβατική καλλιέργεια εφαρμοζόταν η στάγδην άρδευση με μέση ποσότητα νερού άρδευσης τα 400 mm.

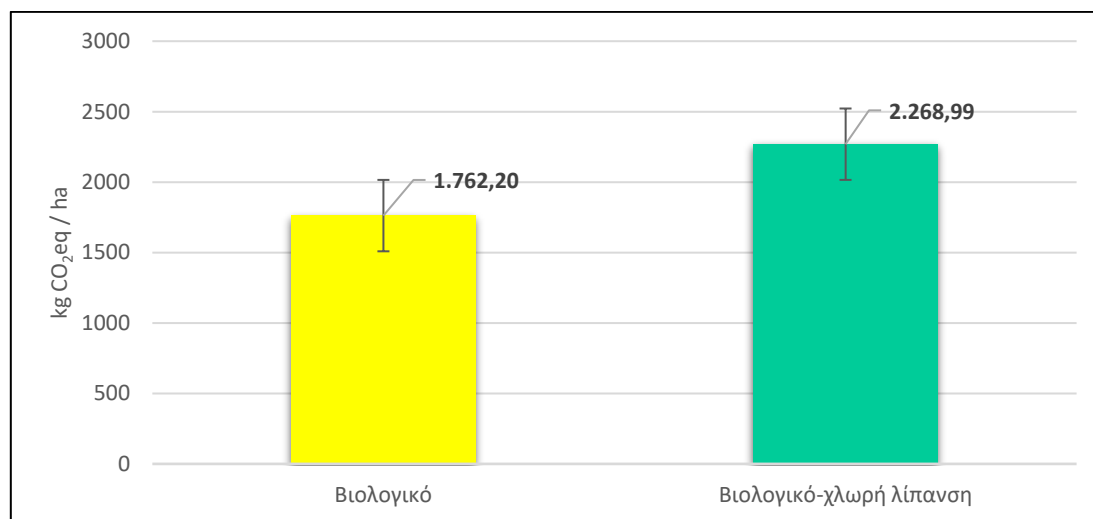


Διάγραμμα 3.2.10 Μέση ποσότητα νερού άρδευσης σε σχέση με το βάθος της γεώτρησης και το τρόπο άρδευσης στη βιολογική καλλιέργεια.

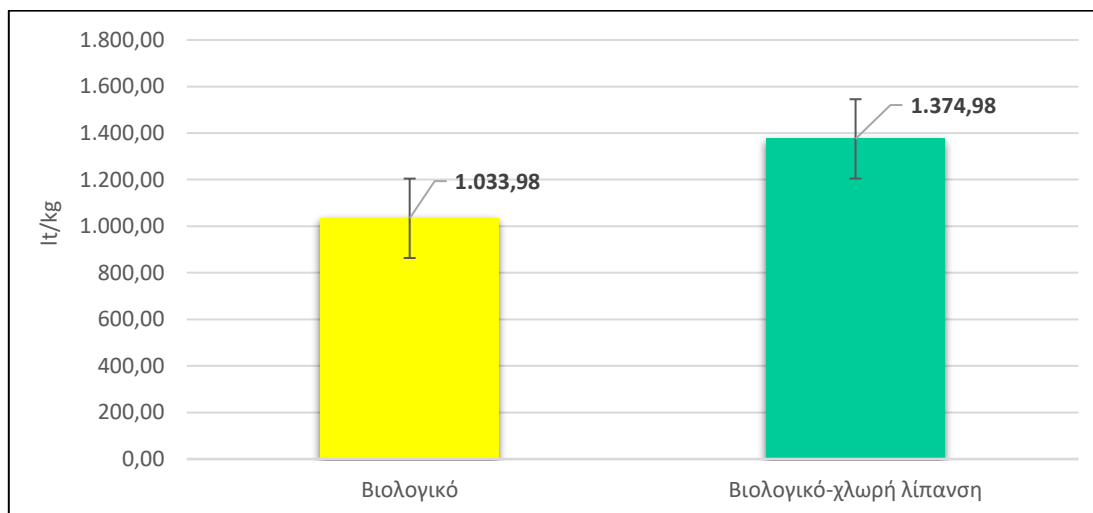


Διάγραμμα 3.2.11 Μέση ποσότητα νερού άρδευσης σε σχέση με το βάθος της γεώτρησης και τη μέθοδο άρδευσης στη συμβατική καλλιέργεια.

Στα Διαγράμματα 3.2.12 και 3.2.13 γίνεται σύγκριση μεταξύ των βιολογικών καλλιεργειών με εφαρμογή χλωρής λίπανσης και άνευ για το μέσο υδατικό αποτύπωμα και το μέσο μπλε υδατικό αποτύπωμα. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στις καλλιέργειες με χλωρή λίπανση το μέσο υδατικό αποτύπωμα είναι αρκετά υψηλότερο το ίδιο και το μπλε υδατικό αποτύπωμα. Το μέσο υδατικό αποτύπωμα των βιολογικών καλλιεργειών κυμάνθηκε από 1.325,37 έως 2.520,58 litre kg⁻¹ ενώ οι αντίστοιχες διακυμάνσεις στη βιολογική καλλιέργεια με χλωρή λίπανση είναι από 1.861,6 έως 3.275,33 litre kg⁻¹. Αντίστοιχα το μπλε υδατικό αποτύπωμα κυμάνθηκε, στη βιολογική από 753,92 έως 1.580,47 litre kg⁻¹ ενώ στη χλωρή λίπανση από 1.027,02 έως 2.199 litre kg⁻¹.

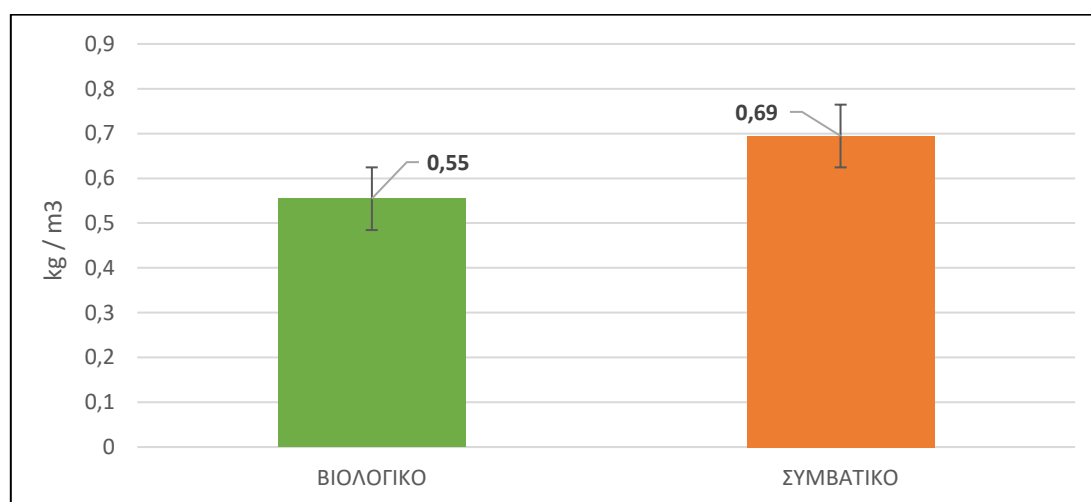


Διάγραμμα 3.2.12 Σύγκριση μέσου υδατικού αποτυπώματος στη βιολογική καλλιέργεια με αντίστοιχο μέσο αποτύπωμα βιοκαλλιεργειών που εφαρμόζεται χλωρή λίπανση.



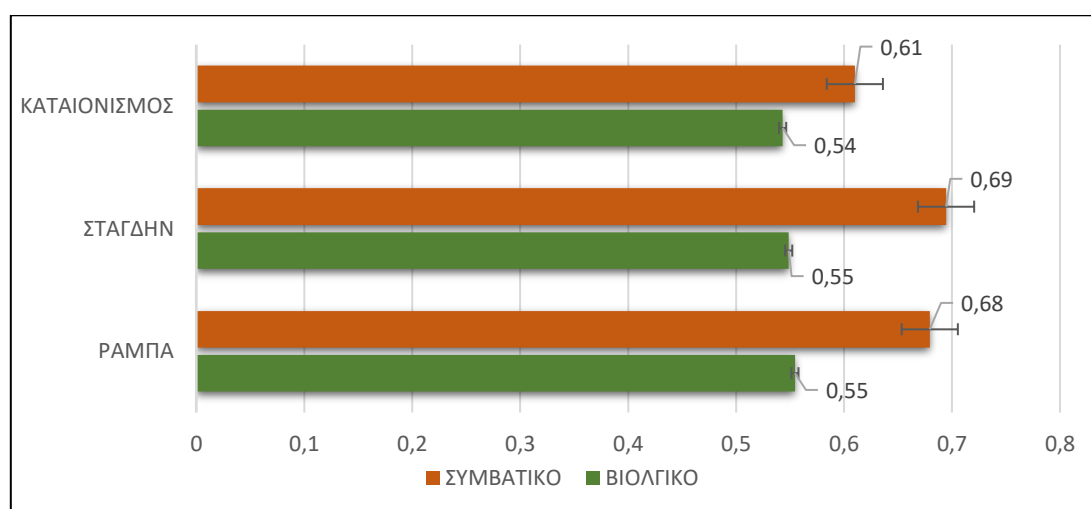
Διάγραμμα 3.2.13 Σύγκριση μέσου μπλε υδατικού αποτυπώματος στη βιολογική καλλιέργεια με το αντίστοιχο αποτύπωμα βιοκαλλιεργειών που εφαρμόζεται χλωρή λίπανση.

Στο Διάγραμμα 3.2.14 παρουσιάζεται η μέση τιμή του δείκτη Αποτελεσματικότητας Άρδευσης (Water productivity) στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Παρατηρείται ότι είναι λίγο μεγαλύτερος στη συμβατική καλλιέργεια. Στη συμβατική καλλιέργεια η τιμή του δείκτη κυμαίνεται από 0,25 έως 1,12 kg m⁻³, ενώ στη βιολογική καλλιέργεια από 0,31 έως 0,75 kg m⁻³.



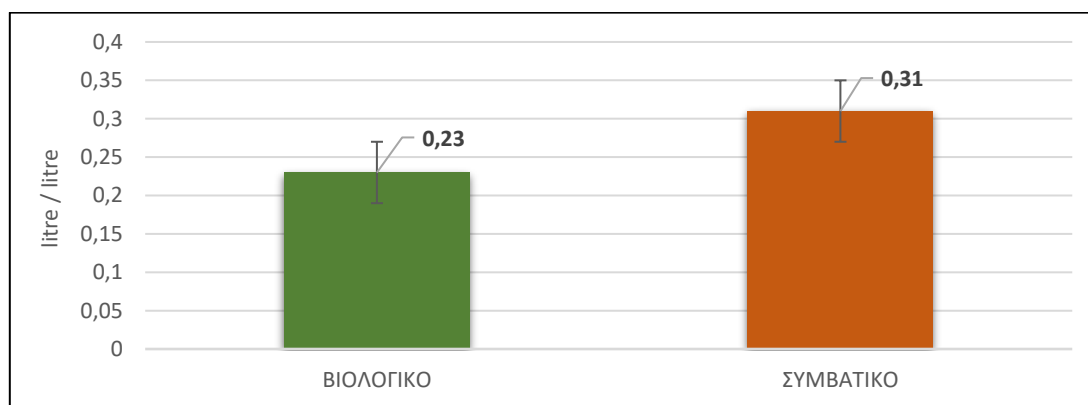
Διάγραμμα 3.2.14 Σύγκριση μέσου δείκτη Αποτελεσματικότητας Άρδευσης (Water Productivity) στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στο Διάγραμμα 3.2.15 φαίνεται η σύγκριση του μέσου δείκτη Αποτελεσματικότητας Άρδευσης ανά μέθοδο άρδευσης και στα δυο συστήματα καλλιέργειας. Στη βιολογική καλλιέργεια η μέση τιμή του δείκτη είναι ίδια σε όλες τις μεθόδους άρδευσης. Ομοίως, στη συμβατική καλλιέργεια, μόνο η άρδευση με καταιονισμό διαφοροποιείται ελάχιστα λιγότερο.



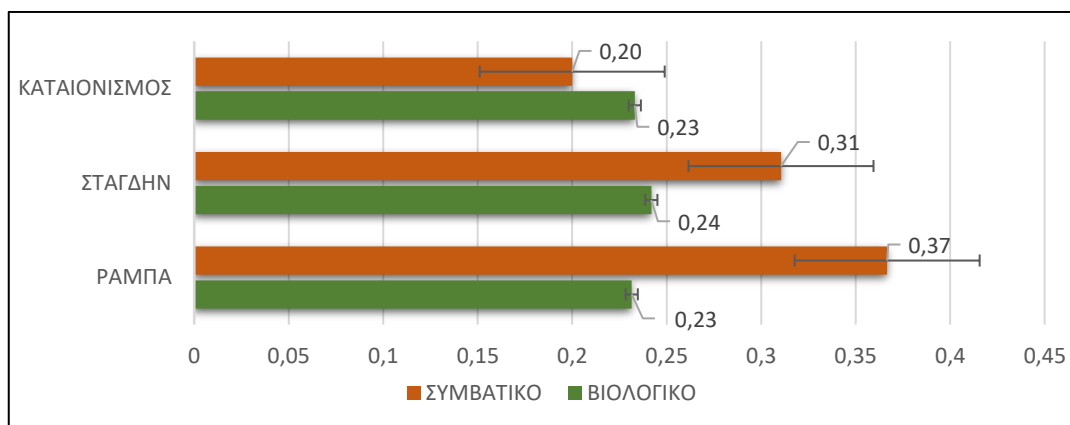
Διάγραμμα 3.2.15 Σύγκριση μέσου δείκτη Αποτελεσματικότητας Άρδευσης (Water Productivity) ανά μέθοδο άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στο Διάγραμμα 3.2.16 γίνεται σύγκριση του μέσου δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Η μέση τιμή του δείκτη είναι λίγο μεγαλύτερη στη συμβατική καλλιέργεια ο οποίος κυμαίνεται από 0,10 έως 1,74 litre litre⁻¹, ενώ στη βιολογική καλλιέργεια η διακύμανσή του είναι μικρότερη από 0,16 έως 0,36 litre litre⁻¹.



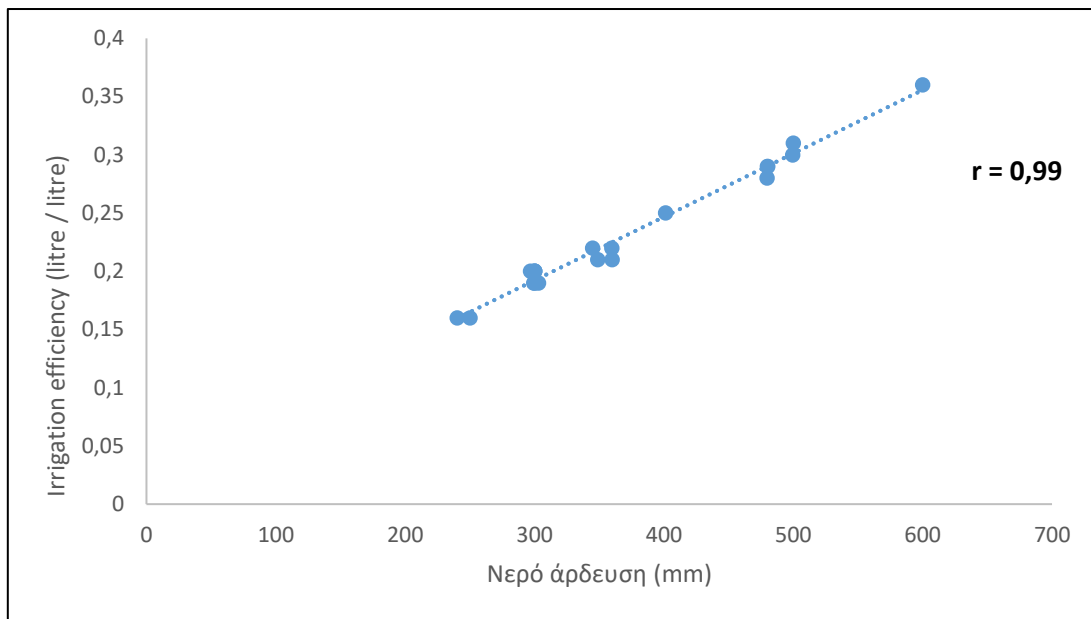
Διάγραμμα 3.2.16 Σύγκριση του μέσου δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης (Irrigation efficiency) στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στο Διάγραμμα 3.2.17 παρουσιάζεται η μέση τιμή του δείκτη Αποδοτικότητας της Άρδευσης (Irrigation efficiency) ανά μέθοδο άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια. Παρατηρείται ότι στη συμβατική καλλιέργεια η μέση τιμή του δείκτη είναι μεγαλύτερη στη μέθοδο άρδευσης με ράμπα και μικρότερη στο καταιονισμό. Στη βιολογική καλλιέργεια η μέση τιμή του δείκτη σε όλες τις μεθόδους άρδευσης είναι παρόμοια. Ίδια είναι η εικόνα των διαγραμμάτων 3.2.15 και 3.2.17 που δείχνουν το μέσο δείκτη Αποτελεσματικότητας Άρδευσης και Αποδοτικότητας Άρδευσης αντίστοιχα ανά μέθοδο άρδευσης και στα δυο συστήματα καλλιέργειας.

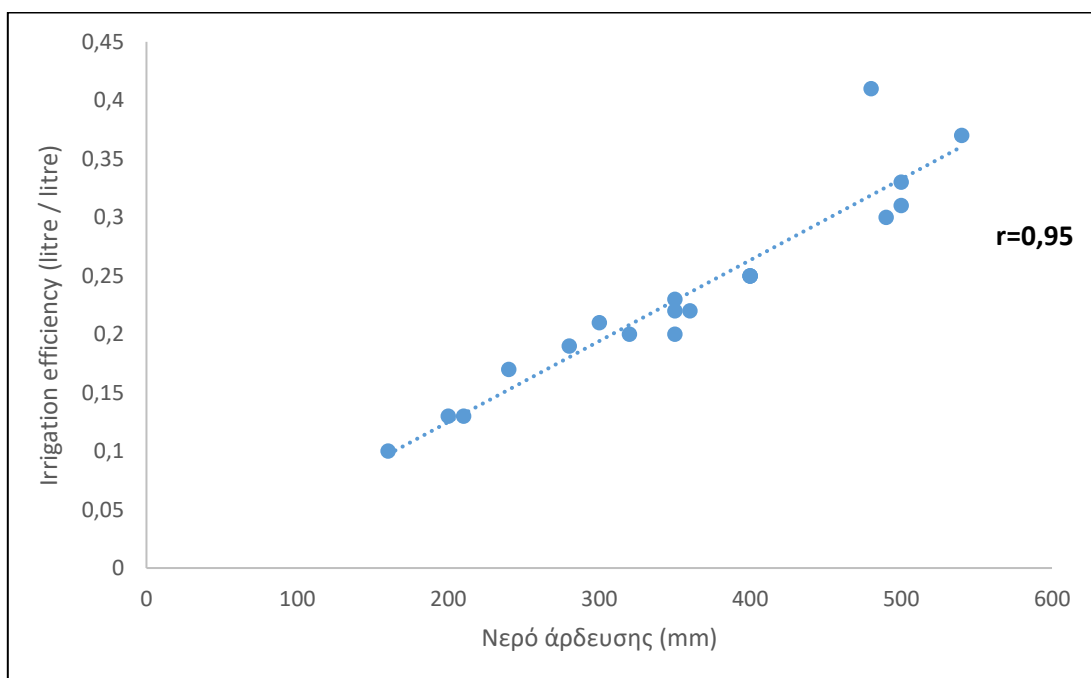


Διάγραμμα 3.2.17 Σύγκριση μέσου δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης (Irrigation efficiency) ανά μέθοδο άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια.

Στα Διαγράμματα 3.2.18 και 3.2.19 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ νερού άρδευσης και δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Και στα δυο συστήματα παρουσιάστηκε αύξηση του δείκτη συσχέτισης μεταξύ του νερού και του δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης με $r=0,99$ και $r=0,95$ αντίστοιχα.

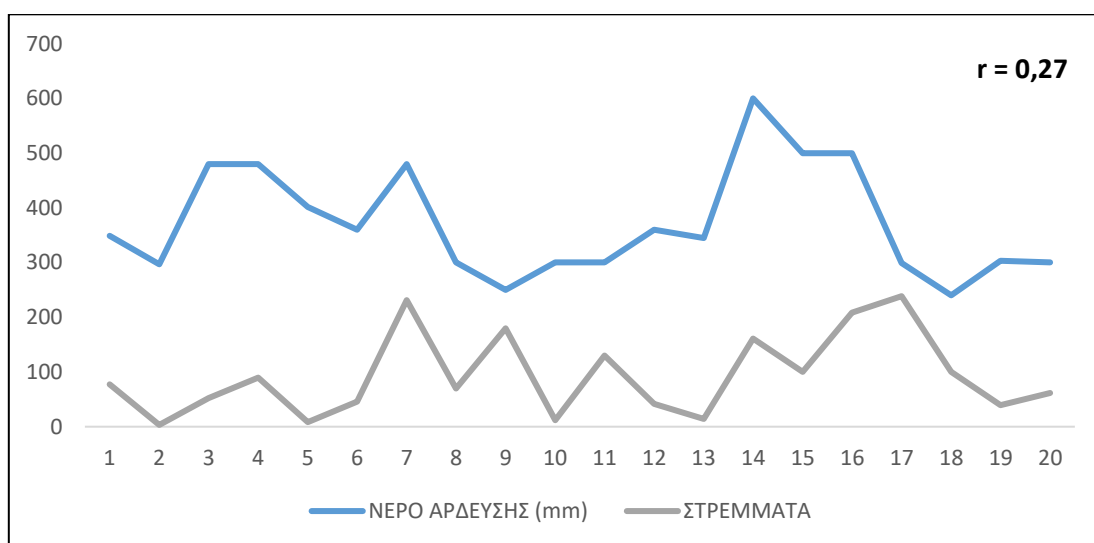


Διάγραμμα 3.2.18 Σχέση νερού άρδευσης και δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης στη βιολογική καλλιέργεια.

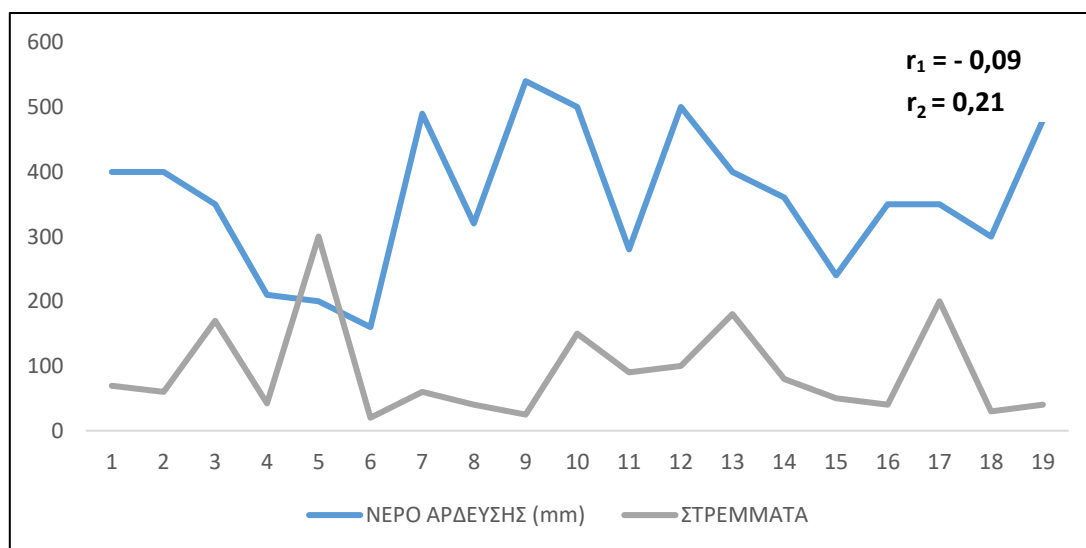


Διάγραμμα 3.2.19 Σχέση νερού άρδευσης και δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης στη συμβατική καλλιέργεια.

Στα Διαγράμματα 3.2.20 και 3.2.21 παρουσιάζεται η συσχέτιση του αρδευόμενου νερού με τα στρέμματα των αγροτεμαχίων και του δείκτη Αποδοτικότητας Άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια αντίστοιχα. Στη βιολογική καλλιέργεια, η συσχέτιση μεταξύ νερού άρδευσης και στρεμμάτων είναι θετική ($r = 0,27$), ενώ στη συμβατική καλλιέργεια είναι ελαφρώς αρνητική ($r_1 = -0,09$) λόγω της κορυφής που αναφέρεται σε καλλιέργεια 300 στρ όπου το νερό άρδευσης είναι 200mm κι ανήκει στα χαμηλότερα επίπεδα άρδευσης συγκριτικά με τις υπόλοιπες καλλιέργειες του δείγματος. Εξαιρώντας αυτό το δεδομένο που αποτελεί ακραία τιμή, η συσχέτιση είναι θετική όπως και στη βιολογική καλλιέργεια ($r_2 = 0.21$).



Διάγραμμα 3.2.20 Συσχέτιση του αρδευόμενου νερού με τα στρέμματα των αγροτεμαχίων και του δείκτη αποδοτικότητας άρδευσης στη βιολογική καλλιέργεια.



Διάγραμμα 3.2.21 Συσχέτιση του αρδευόμενου νερού με τα στρέμματα των αγροτεμαχίων και του δείκτη αποδοτικότητας άρδευσης στη συμβατική καλλιέργεια.

4. Συζήτηση

4.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων αποτυπώματος άνθρακα

Με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων και των αξιολογήσεών τους το μέσο αποτύπωμα άνθρακα ανά εκτάριο στη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού ήταν 1.374,18kg CO₂e ενώ στη συμβατική καλλιέργεια ήταν διπλάσιο, 3.196,36 kg CO₂e και το αντίστοιχο μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά κιλό σύσπορου βαμβακιού ήταν 0,82 kg και 0,98 kg, δηλαδή έχουν 16% διαφορά. Σε γενικές γραμμές, στη συμβατική καλλιέργεια δαπανάται περισσότερη ενέργεια σε σχέση με τη βιολογική. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα που παρουσίασαν οι Shah P. και λοιποί (2018).

Ειδικότερα, στη βιολογική καλλιέργεια οι γεωργικές εργασίες είναι αυτές που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας 63,68%, μετά είναι οι εισροές φυτοπροστασίας με ποσοστό 29,21%, η διαχείριση των υπολειμμάτων με 5,9% και η μεταφορά του σύσπορου βαμβακιού στα εκκοκκιστήρια 1,21%. Στη συμβατική καλλιέργεια, οι εισροές των λιπασμάτων καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό 41,8%, μετά είναι οι γεωργικές εργασίες με ποσοστό 35,76%, οι εισροές φυτοπροστασίας με 20,15% και τέλος η διαχείριση των υπολειμμάτων και η μεταφορά είναι της τάξης του 0,66% και 0,63% αντίστοιχα.

Ο αριθμός των λιπάνσεων που εφάρμοσαν οι συμβατικοί βαμβακοκαλλιεργητές έχει θετική συσχέτιση, κυμαίνεται από 1 έως 6 και οι εισροές τους είναι από 9,88 kg έως 56.940 kg CO₂e. Θετική συσχέτιση εμφάνισαν οι ίδιες εισροές λίπανσης με τα στρέμματα των αγροτεμαχίων. Στη βιολογική καλλιέργεια δεν υπήρξαν παραγωγοί που να χρησιμοποιήσαν λιπάσματα.

Οι εισροές από τις εφαρμογές των φυτοπροστατευτικών προϊόντων στη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού ήταν σχεδόν σταθερές σε σχέση με τον αριθμό των εφαρμογών οι οποίοι ήταν από 2 έως 4 και η πλειοψηφία των εισροών κυμαίνονταν από 9,73 έως 5.780 kg CO₂e. Αντίστοιχα, στη συμβατική καλλιέργεια η σχέση αυτή ήταν ελαφρώς θετική με αριθμό εφαρμογών από 2 έως 6 ενώ η πλειοψηφία των εισροών ήταν από 97,59 έως 13.050 kg CO₂e. Επίσης, η σχέση των εισροών φυτοπροστασίας σε σχέση με την έκταση των αγροτεμαχίων στη βιολογική ήταν ελαφρώς θετική με τις εισροές να κυμαίνονται από 9,73 έως 44.470 kg CO₂e. Η ίδια σχέση στη συμβατική καλλιέργεια ήταν σχεδόν σταθερή και με τη πλειοψηφία των εισροών να κυμαίνονται από 97,59 έως 13.050 kg CO₂e.

Η χρήση ενέργειας λόγω γεωργικών εργασιών στη βιολογική καλλιέργεια σε σχέση με τον αριθμό των εργασιών έχει θετική συσχέτιση και κυμαίνεται από 1.410 έως 20.780 kg CO_{2e} για 6 έως 12 εργασίες ενώ στη συμβατική καλλιέργεια είναι σχεδόν σταθερή η συσχέτισή του, κυμαίνεται από 4.450 έως 46.540 kg CO_{2e} για 6 έως 15 εργασίες. Επιπρόσθετα, η σχέση των εισροών φυτοπροστασίας με τον αριθμό των εργασιών είναι θετική τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική, δηλαδή 1.410 έως 20.780 kg CO_{2e} με 6 έως 12 εργασίες στη βιολογική και 4.450 έως 46.540 kg CO_{2e} για 6 έως 15 εργασίες στη συμβατική καλλιέργεια.

Η ενέργεια που καταναλώθηκε για τη μεταφορά του σύσπορου βαμβακιού στο εκκοκκιστήριο είχε κι εδώ θετική σχέση με τη διανυθείσα απόσταση τόσο στη βιολογική, 2,15 έως 978,16 kg CO_{2e}, για 20 έως 200 km όσο και στη συμβατική καλλιέργεια, 15,05 έως 1.070 kg CO_{2e} για 20 έως 100 km.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση του συνόλου των βιοκαλλιεργητών με βιοκαλλιεργητές που εφάρμοσαν χλωρή λίπανση με βίκο (*Vicia sativa*). Το μέσο αποτύπωμα CO_{2e} ανά εκτάριο του συνόλου είναι 1.374,18 kg και αυτών της χλωρής λίπανσης είναι 1.478 kg. Το μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά κιλό σύσπορου βαμβακιού ήταν 0,82 kg CO_{2e} και αυτών της χλωρής λίπανσης ήταν 1,5 kg CO_{2e}.

4.2 Συζήτηση αποτελεσμάτων υδατικού αποτυπώματος

Η μελέτη του υδατικού αποτυπώματος έδειξε ότι το μέσο υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού είναι μεγαλύτερο κατά 16% με τιμή 1.888,89 lt kg⁻¹ ενώ στη συμβατική είναι 1.589,84 lt kg⁻¹. Ειδικότερα, το μπλε υδατικό αποτύπωμα είναι 1.119,23 lt kg⁻¹ στη βιολογική ενώ στη συμβατική είναι 981,48 lt kg⁻¹ και το πράσινο υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική είναι 769,66 lt kg⁻¹ ενώ στη συμβατική είναι 608,36 lt kg⁻¹. Παρόμοια αποτελέσματα εξήγαγε κι ο Αλεξίου Γ. (2012) για τη καλλιέργεια του βαμβακιού. Όπως αναφέρουν οι Safara S. και λοιποί (2022), οι βιολογικές φάρμες έχουν μεγαλύτερο μπλε υδατικό αποτύπωμα ανά κιλό παραγόμενου βαμβακιού λόγω της χαμηλής τους απόδοσης. Το υδατικό αποτύπωμα θα μειωνόταν αρκετά εάν βελτιωθούν οι αποδόσεις στη βιολογική καλλιέργεια.

Δεδομένου ότι η Θεσσαλία είναι ελλειμματική σε νερό στα πλαίσια της εργασίας διερευνήθηκε το βάθος των γεωτρήσεων ανά νομό. Παρατηρήθηκε ότι στο νομό

Λάρισας τα βάθη των γεωτρήσεων είναι μεγάλα, κυμαίνονται από 90 έως 300m που υποδεικνύει το πρόβλημα της περιοχής. Είναι μια ελλειμματική σε νερό περιοχή με αποτέλεσμα οι παραγωγοί να αναζητούν το νερό σε μεγαλύτερα βάθη. Σύμφωνα με τους Κόκκορα Μ. και λοιποί (2022), στη Θεσσαλία και πιο συγκεκριμένα στο νομό Λάρισας, υπάρχουν γεωργικά εδάφη έκτασης 867.250 στρ. που είναι υψηλής παραγωγικότητας και χαμηλών απαιτήσεων σε αρδευτικό νερό. Οι περιοχές αυτές αρδεύονται ανεπαρκώς κυρίως από γεωτρήσεις μεγάλου βάθους, με υψηλό κόστος άρδευσης κι εξαντλώντας τα υπόγεια υδατικά αποθέματα της περιοχής.

Επίσης, διερευνήθηκε η μέθοδος άρδευσης ανά νομό. Στη Λάρισα και στη Μαγνησία φαίνεται ότι προτιμάται η στάγδην άρδευση σε ποσοστό περίπου 67% και 63% αντίστοιχα, ενώ στη Καρδίτσα και στα Τρίκαλα προτιμάται η ράμπα κατά 50%. Ακόμα, παρατηρείται ότι στα μεγαλύτερα βάθη γεωτρήσεων προτιμάται η στάγδην άρδευση, επίσης υψηλό ποσοστό προτίμησης έχει η στάγδην άρδευση σε μικρά και σε μεσαία βάθη γεώτρησης περίπου κατά 41%.

Το αποτέλεσμα του υδατικού αποτυπώματος στη βιολογική καλλιέργεια είναι παρόμοιο στους νομούς της Καρδίτσας, Λάρισας και Τρικάλων ενώ στη Μαγνησία είναι λίγο μικρότερο. Στη συμβατική καλλιέργεια, δεν υπήρξε βαμβακοκαλλιεργητής στο ερωτηθέν δείγμα γι' αυτό και το αποτέλεσμα είναι μηδενικό. Παρατηρείται ότι στη Λάρισα το μέσο υδατικό αποτύπωμα είναι διπλάσιο από αυτό των Τρικάλων. Σύμφωνα με τους Safaya S. και λοιποί (2016), το γεωγραφικό υδατικό αποτύπωμα παρέχει μια εικόνα για τη δυνατότητα εφαρμογής ειδικών γεωργικών πρακτικών ώστε να συμβάλλουν στην αύξηση ή μείωση της λειψυδρίας και στη μείωση της ποιότητας του νερού.

Επίσης, αξιολογήθηκε το μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά μέθοδο άρδευσης. Στη βιολογική καλλιέργεια είναι πολύ μικρή η διαφορά μεταξύ των μεθόδων άρδευσης, όπου ο καταιονισμός έχει το μεγαλύτερο μέσο αποτύπωμα $1.937,46 \text{ lt kg}^{-1}$ και η ράμπα έχει το μικρότερο $1.888.89 \text{ lt kg}^{-1}$. Αντιθέτως, στη συμβατική καλλιέργεια οι διαφορές είναι σημαντικές, η ράμπα έχει το υψηλότερο μέσο υδατικό αποτύπωμα $1.724,92 \text{ lt kg}^{-1}$ ενώ ο καταιονισμός έχει το χαμηλότερο μέσο υδατικό αποτύπωμα $1.384,11 \text{ lt kg}^{-1}$.

Αξιολογήθηκε η μέση ποσότητα του νερού άρδευσης σε σχέση με το βάθος της γεώτρησης και τη μέθοδο άρδευσης. Παρατηρείται ότι στη βιολογική καλλιέργεια η μεγαλύτερη μέση ποσότητα νερού άρδευσης 432,96mm είναι σε μεσαία βάθη

γεώτρησης 101-150m και με στάγδην άρδευση ενώ η χαμηλότερη μέση ποσότητα νερού 358,94mm είναι σε μικρά βάθη γεώτρησης κάτω των 100m και με άρδευση με καταιονισμό. Στη συμβατική καλλιέργεια, παρατηρείται μια πολύ υψηλή τιμή νερού άρδευσης 3.000,5mm διότι στη συγκεκριμένη κατηγορία υπήρξε μόνο μία καλλιέργεια 600στρ. Πάρα ταύτα, παραβλέποντας τη συγκεκριμένη τιμή, η υψηλότερη μέση ποσότητα νερού άρδευσης 529,42mm είναι σε μικρά βάθη γεώτρησης κάτω των 100m και με στάγδην άρδευση, ενώ η χαμηλότερη μέση τιμή 150mm είναι στα μεσαία βάθη γεώτρησης 101-150m με άρδευση με ράμπα. Σύμφωνα με τον Αλεξίου Γ. (2012), η γνώση της ακριβούς ποσότητας του όγκου του νερού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη χάραξη αγροτικής πολιτικής. Με τη βοήθεια του υδατικού αποτυπώματος μπορούν να επιλεχθούν οι περιοχές όπου η καλλιέργεια ενός είδους είναι αποδοτικότερη αλλά και παράλληλα διαπιστώνεται εάν οι υδάτινοι πόροι της περιοχής δύνανται να καλύψουν τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας.

Στη σύγκριση που έγινε μεταξύ των βιολογικών καλλιεργειών, δηλαδή σε αυτές που εφαρμόστηκε χλωρή λίπανση με βίκο και σε αυτές που δεν έγινε τέτοια ενέργεια, παρατηρείται ότι το μέσο υδατικό αποτύπωμα είναι μεγαλύτερο περίπου κατά 22% και κατά 25% μεγαλύτερο είναι το μπλε υδατικό αποτύπωμα στη χλωρή λίπανση. Αυτό οφείλεται στην εγκατάσταση της καλλιέργειας αμειψισποράς.

Κατά τη σύγκριση των δεικτών Αποτελεσματικότητας Άρδευσης και Αποδοτικότητας Άρδευσης στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια το αποτέλεσμα είναι το ίδιο. Και οι δυο δείκτες είναι μεγαλύτεροι στη συμβατική καλλιέργεια κατά 20% και 26% αντίστοιχα. Επίσης, αυτές οι διαφορές είναι ίδιες σε όλες τις μεθόδους άρδευσης κατά τη σύγκρισή τους και με τους δυο δείκτες.

Τέλος, η συσχέτιση του νερού άρδευσης με το δείκτη Αποδοτικότητας άρδευσης τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική καλλιέργεια είναι έντονα θετική, δηλαδή όσο αυξάνεται το νερό άρδευσης τόσο αυξάνεται κι ο δείκτης. Επίσης θετική είναι η συσχέτιση μεταξύ αρδευόμενου νερού και στρεμμάτων.

5. Συμπεράσματα

Στη παρούσα διατριβή μελετήθηκε το αποτύπωμα άνθρακα και το υδατικό αποτύπωμα στη βιολογική και στη συμβατική καλλιέργεια βάμβακος. Από την αξιολόγηση προέκυψε ότι το μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά εκτάριο στη συμβατική καλλιέργεια ήταν υψηλότερο (3.196,36 kg) από ότι στη βιολογική καλλιέργεια (1.374,18 kg) κατά 57%. Επίσης, μεγαλύτερο κατά 16% ήταν και το αποτύπωμα CO₂ ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος στη συμβατική (0,98 kg) από ότι στη βιολογική (0,82 kg). Η μεγάλη διαφορά της συμβατικής έναντι της βιολογικής καλλιέργειας οφείλεται στις εισροές λίπανσης κατά 100%, στις εισροές φυτοπροστασίας κατά 36,7% και στην ενέργεια που καταναλώθηκε για τις διάφορες γεωργικές εργασίες κατά 22,21%. Οι λιπάνσεις, οι εφαρμογές φυτοπροστασίας, η ενέργεια που καταναλώθηκε λόγω γεωργικών εργασιών αλλά και λόγω μεταφοράς του προϊόντος έχουν θετική σχέση και στα δυο συστήματα καλλιέργειας.

Στις περιπτώσεις που οι βιοκαλλιεργητές εφάρμοσαν σύστημα αμειψισποράς με βίκο, συγκόμισαν το προϊόν και μετά ενσωμάτωσαν τα υπολείμματα ως χλωρή λίπανση, το μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά εκτάριο είναι υψηλότερο (1.478 kg) από αυτό του συνόλου των βιοκαλλιεργητών (1.374,18 kg) κατά 7%. Αυτό οφείλεται στην αύξηση των εργασιών το οποίο όμως εξακολουθεί να είναι μικρότερο από το αποτύπωμα της συμβατικής καλλιέργειας. Επίσης, το μέσο αποτύπωμα CO₂ ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος ήταν 0,82 kg για το σύνολο των βιοκαλλιεργητών και 1,5 kg για αυτούς που εφάρμοσαν αμειψισπορά.

Το υδατικό αποτύπωμα επηρεάζεται από την απόδοση της καλλιέργειας, όσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση τόσο μικρότερη είναι η τιμή που παρουσιάζει το αποτύπωμα, από τις κλιματολογικές συνθήκες, όσο υψηλότερος είναι ο όγκος του βρόχινου νερού τόσο υψηλότερο είναι το πράσινο αποτύπωμα και χαμηλότερο το μπλε αποτύπωμα.

Το μέσο υδατικό αποτύπωμα στη συμβατική καλλιέργεια ήταν μεγαλύτερο (1.337,99 kg) από ότι στη βιολογική (1.247,91 kg), ενώ το υδατικό αποτύπωμα ήταν διπλάσιο στις περιπτώσεις που οι βιοκαλλιεργητές εφάρμοζαν αμειψισπορά (2.465,34 kg). Κατά την ανάλυση του υδατικού αποτυπώματος το μπλε υδατικό αποτύπωμα στη συμβατική ήταν μικρότερο (24,94 lt/kg) από ότι του συνόλου των βιοκαλλιεργητών (52,34 lt/kg) και αυτών που έκαναν χλωρή λίπανση (65,64 lt/kg).

Το μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά μέθοδο άρδευσης και στα δυο συστήματα έδειξε ότι δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους. Η στάγδην άρδευση εμφάνισε μεγαλύτερο αποτύπωμα στη συμβατική καλλιέργεια κι ακολουθεί η ράμπα και μετά ο καταιονισμός. Ενώ στη βιολογική καλλιέργεια η στάγδην άρδευση κι ο καταιονισμός είχαν αμελητέα διαφορά και μετά ακολουθούσε η ράμπα.

Το μέσο βάθος της γεώτρησης ανά νομό επιβεβαίωσε το πρόβλημα που υπάρχει στη περιοχή, όπου στο νομό Λάρισας παρουσιάζεται το μεγαλύτερο μέσο βάθος γεώτρησης (147,78 m) όπου κατά 62,96% οι παραγωγοί εφαρμόζουν στάγδην άρδευση. Σύμφωνα με τα δεδομένα των ερωτηματολογίων, στη βιολογική καλλιέργεια με την εφαρμογή της στάγδην άρδευσης για βάθη γεώτρησης 101 – 150 m καταναλώθηκε η μεγαλύτερη μέση ποσότητα νερού άρδευσης που κυμάνθηκε από 299,36 έως 500 mm ενώ η μικρότερη μέση ποσότητα καταναλώθηκε με την εφαρμογή της ράμπας από 250 έως 600mm. Στη συμβατική καλλιέργεια, σε όλα τα βάθη γεωτρήσεων η στάγδην άρδευση έδωσε αποτελέσματα με τις μεγαλύτερες τιμές μέσης ποσότητας νερού άρδευσης, 400 έως 529,42 mm, ενώ η ράμπα έδωσε υποδιπλάσια αποτελέσματα. Παρά ταύτα το μέσο υδατικό αποτύπωμα ανά νομό έδειξε ότι στο νομό Λαρίσης είναι από τα υψηλότερα, 1.894,78 lt/kg στη βιολογική ενώ στη συμβατική καλλιέργεια ήταν 1.596,49 lt/kg.

Η συσχέτιση μεταξύ βάθους γεώτρησης, μεθόδου άρδευσης και μέσης ποσότητας νερού άρδευσης δεν έδωσε αποτελέσματα που να παρουσιάζουν μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Παρά το γεγονός ότι η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας αντιμετωπίζει προβλήματα έλλειψης νερού, το προσδοκώμενο θα ήταν η γενικότερη εικόνα της άρδευσης να είναι φειδωλή.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα τόσο για το αποτύπωμα CO₂ όσο και για το υδατικό αποτύπωμα δείχνουν ότι χρειάζεται τόσο περιβαλλοντική ενημέρωση κι ευαισθητοποίηση όσο κι εκπαίδευση των παραγωγών. Πολύ σημαντικός παράγοντας για το μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων από την αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων και ειδικότερα του νερού όσο και των παραδοσιακών καλλιεργητικών πρακτικών θα μπορούσε να είναι και η παροχή κινήτρων, μέσω των δράσεων και κανονιστικών διατάξεων της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διεθνής Βιβλιογραφία

- Abalos, D., Sánchez-Martín, L., Garcia-Torres, L., van Groenigen, J.W., Vallejo, A. «Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and NO emissions from drip-fertigated crops». *Sci. Total Environ.* 490, 2014b: 880 – 888
- Agrotrain Project. «Analysis of organic agriculture in Greece». 2010.
- Allsop, M., Huxdorff, C., Johnston, P., Santillo, D., Thompson, K. «Pesticides and Our Health, a Growing Concern». Greenpeace. Vol. 2. 2015.
- Amarjit S. «The global market for organic food and drink». Willer, H., Kilcher, L. (Eds.) «The World of Organic Agriculture». *Statistics and Emerging Trends 2009*, IFOAM, Bonn, and FiBL, Frick, 2009: 59 – 64
- Archer, D.W., Pikul, J.L., Riedell, W.E. «Economic risk, returns and input use under ridge and conventional tillage in the northern Corn Belt, USA». *Soil and Tillage Research*, 67, (2002): 1-8
- Ayars, J.E., Fulton, A., Taylor, B. «Subsurface drip irrigation in California—Here to stay?» *Agric. Water Manag.* 157, 2015: 39 – 47
- Azizullah A., Khattak M.N.K., Richter P., Hader D. «Water pollution in Pakistan and its impact on public health-a review». *Environ Int*, 37, (2011): 479–497
- Bilalis, D. J., Patsiali, S., Kakabouki, I., Travels, I.S., Karkanis, A. «Effects of Cropping System (Organic and Conventional) on the Fiber Quality Index, Spinning Consistency Index and Multiplicative Analytic Hierarchy Process of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca*, 43 (2) (2015): 388-391
- Bilalis, D., Kamariari, P. E., Karkanis, A., Efthimiadou, A., Zorpas, A., Kakabouki, I. «Energy inputs, output and productivity in organic and conventional maize and tomato production, under Mediterranean conditions». *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 41 (2013): 190-194

- Bilalis, D., Patsiali, S., Kakabouki, I., Travlos, I., Karkanis, A.. «Effects of cropping system (organic and conventional) on the fiber quality index, spinning consistency index and multiplicative analytic hierarchy process of cotton (*Gossypium hirsutum L.*)». *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 43 (2) (2015):388-391
- Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.X., Huard, F. «Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France». *Field Crops Res.*, 119, 2010: 201 – 212.
- Brown, I., Harris, S. «Environmental, Economic and Social Impacts of Irrigation in the Mackenzie Basin». 2005: 30
- Brown, L.R. «Full Planet, Empty Plates: The New Geopolitics of Food Scarcity» W.W. Norton Company: New York, NY, USA, London, UK, 2012: 5.
- Campbell, C.A., Zentner, R.P., Janzen, H.H., Bowren, K.E. «Crop rotation studies on the Canadian prairies». Research Branch Agriculture, Canada, Publication 1841/E. 1990.
- Cerri, C. C., Maia, S. M. F., Galdos, M. V., Cerri, C. E. P., Feigl, B. J., & Bernoux, M. «Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock». *Scientia agricola*, 66 (2009): 831-843
- Cetin, O., Bilgel, L. «Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton». *Agric. Water Manag.* 54, 2002: 1–15
- Chakravarty S, Chikkatur A., de Coninck H., Pacala S., Socolow R., Tavoni M. «Sharing global CO² emission reductions among one billion high emitters». *Proc. Natl Acad. Sci.* 106, 2009: 11884 – 8
- Chandra, A.; McNamara, K.E.; Dargusch, P. «Climate-smart agriculture: Perspectives and framings». *Clim. Policy* 18 (2018) : 526–541
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G., Gautam, R. «The Water Footprint of Cotton Consumption». UNESCO-IHE, 2005.
- Chen, H.-L., Burns, L.D. «Environmental Analysis of Textile Products». *Clothing and Textiles Research Journal*, 24(3), 2006: 248–261

- Choudhury A.T.M.A., Kennedy I.R. «Nitrogen fertiliser losses from rice soils and control of environmental pollution problems». *Commun Soil Sci Plant Anal*, 36, 2005: 1625–1639
- Clark, M., Tilman, D. «Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice». *Environ. Res. Lett.*, 12, 2017: 1 – 12
- Clemings, R. «Mirage: the False Promise of Desert Agriculture». Sierra Club Books, San Francisco. 1996.
- Cohen, S., Miller, C. «Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report. North America. In: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.), In *Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*». Cambridge University Press Publ., USA, (Chapter 15) (2001): 735–800
- Cole, C. V., et al. «Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture». *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 49, 1997: 221 - 228.
- Cole, C.V. «Agricultural options for mitigation of GHG emissions. In *climate change 1995, second assessment report*». Cambridge University Press Publ. Chapter 23 (1996):745-771
- Communication from the Commission to the European Parliament (CCEP); the European Council; the Council; the European Economic and Social Committee; the Committee of the Regions and the European Investment Bank. «A Clean Planet. for all — A European Strategic Long-Term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy». COM: Brussels, Belgium, 2018.
- Dyer, J., Desjardins, R. «Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada». *Biosyst. Eng.*, 85, 2003: 503 – 513.
- Dyer, J.A., Desjardins, R.L. «The impact of farm machinery management on greenhouse gas emissions from Canadian agriculture». *Sustain. Agr.* 20 (3) (2003): 59-74

- European Environment Agency (EEA). «Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016—An Indicator-Based Report». Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017: 223 – 240.
- FAO, 1994. Cherish the Earth-Soil Management for Sustainable Agriculture and Environmental Protection in the Tropics. FAO, Land and Water Development Division, Rome: 33
- FAO, 2001. Adoption of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture and Interim Arrangements for its Implementation. Proceeding of FAO Conference, Resolution 3/2001.
- FAO, 2003. Food and Agriculture Organization. World Agriculture: Towards a 2015/2030: An FAO Perspective; FAO: London, UK.
- FAO. «Climate-smart” Agriculture Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation». Food and Agriculture Organization of the United State of America (FAO), Rome, 2010: 1 – 49.
- FAO. «Food Security and Agricultural Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies» Rome: FAO: 84
- FAO. «International Fund for Agricultural Development (IFAD); United Nations Children’s Fund (UNICEF); World Food Programme (WFP); World Health Organization (WHO). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming Food Systems for Affordable Healthy Diets; Food and Agriculture Organization of the United Nations». Rome, Italy, 2020.
- FAO. «International Fund for Agricultural Development (IFAD); World Food Programme (WFP). The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic Growth Is Necessary but Not Sufficient to Accelerate Reduction of Hunger and Malnutrition; Food and Agriculture Organization of the United Nations». Rome, Italy, 2012: 9.
- FAO. «The State of the World’s Biodiversity for Food and Agriculture; FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessment», Rome, Italy, 2019

- FAO. «The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture». Managing Systems at Risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011: 308
- FAO-IPGRI, 2003. Crop Trust to Conserve Plant Diversity Meeting—February 2003—Rome.
- Ferrigno, S., Lizarraga, A. «Components of a sustainable cotton production system: perspectives from the organic cotton experience». In Proceedings of the International Cotton Advisory Committee, 67th Plenary Meeting, Ouagadougou, 2008: 17 - 21.
- Frank E., Saro G.R., Mahesh R. «Organic cotton crop guide. 1st Edition». Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland, 2005
- Franke, N., Mathews, R. «Grey Water Footprint Indicator of Water Pollution in the Production of Organic Versus Conventional Cotton in India». Water Footprint Network, 2011
- Franzluebbers, A.J., Follett, R.F. «Greenhouse gas contributions and mitigation potential in agricultural regions of North America: introduction». Soil and Tillage Research 83, (2005):1-8
- Friel, S., Dangour, A. D., Garnett, T., Lock, K., Chalabi, Z., Roberts, I., Haines, A. «Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: food and agriculture». *The Lancet*, 374(9706), 2009: 2016-2025.
- Fuss S. et al. «Research priorities for negative emissions». *Environ. Res. Lett.*, 11 115007, 2016
- Gebhardt, M.R., Daniel, T.C., Schweizer, E.E., Allmaras, R.R. «Conservation tillage». *Science*, 230, (1985): 625-630
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C. «Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People». *Science*, 327, 2010: 812 – 818.
- Golasa, Piotr, et al. «Sources of greenhouse gas emissions in agriculture, with particular emphasis on emissions from energy used». *Energies* 14.13, 2021: 3784.

- Gordon, S., Hsien, YL. (2007). Cotton: Science and Technology. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK.
- Günaydin G. K., Yavas A., Avinc O. Soydan A. S., Palamutcu S., Simsek M. K., Dündar H., Demirtas M., Özkan N., Kivılcım N. «Organic cotton and cotton fiber production in Turkey, recent developments». Organic Cotton: Is it a Sustainable Solution? (2019): 101-125.
- Gupta, A.P., Narwal, R.P., Antil, R.S., Dev, S., 1992. «Sustaining soil fertility with organic-C, N, P, and K by using farmyard manure and fertilizer-N in a semiarid zone: a long-term study». Arid Soil Research and Rehabilitation, 6, (1992): 243-251
- Havlık P et al. «Climate change mitigation through livestock system transitions Proc. Natl Acad». Sci. 111, 2014: 3709 –1 4
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. «The Water Footprint Assessment Manual». Setting the Global Standard. London and Washington DC, 2011: 228
- Hutchinson, J.J., Cambell, C.A., Desjardins, R.L. «Some perspectives on carbon sequestration in agriculture». Agr. Meteorol. 142 (2007): 228-302
- Imran, M., et al. «Impact of climate smart agriculture (CSA) through sustainable irrigation management on Resource use efficiency: A sustainable production alternative for cotton». Land Use Policy, 88, 2019: 104113.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1990. In: Houghton, J.T., Jenkins, G.J., Ephraums, J.J. (Eds.), The IPCC Scientific Assessment. Cambridge Press University Press, New York.
- International Agency for Research on Cancer. «IARC Monographs Volume 112: Evaluation of Five Organophosphate Insecticides and Herbicides». WHO, 2015.
- International Cotton Advisory Committee (ICAC) (2016). February monthly report, Washington, DC, USA.
- IPCC, 1996a. «Impacts adaptations and mitigation of climate change: Scientific – technical analyses». Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H., Doken, D.J. SAR-Working Group II. Cambridge University Press (USA): 878

- IPCC, 1996b. «Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual». Houghton, J.T., Meira, Filho, L.G., Lim, B., Treanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., Callender, B.A. (Eds). United Kingdom: 4.1-4.52
- IPCC, 2006. «NO₂ emission from managed soil and CO₂ emission from lime and urea application». In: guidelines for national greenhouse gas inventories, volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Geneva
- IPCC, 2007. «Climate change 2007: The physical science basis, summary for policy makers».
- IPCC, 2007. «United Nations Environment Program. Assessment Report 4: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change». Geneva: 104
- IPPC, 2009. «IPCC Expert Meeting on the Science of Alternative Metrics. Meeting report», Oslo, Norway.
- IPCC, 2014. «Mitigation of climate change. In Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change». Geneva, Switzerland: 1454
- IPCC. «Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part. A: Global and Sectoral Aspects». Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, MA, USA, 2014: 495.
- Islam, N.; Ray, B.; Pasandideh, F. «IoT Based Smart Farming: Are the LPWAN Technologies Suitable for Remote Communication? In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)». Beijing, China, 14–16 August 2020: 270–276
- Jantke, K.; Hartmann, M.J.; Rasche, L.; Blanz, B.; Schneider, U.A. «Agricultural Greenhouse Gas Emissions: Knowledge and Positions of German Farmers». Land, 9 (2020): 130
- Janzen, H.H. «Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations». Can J Soil Sci, 67, 1987: 845.

- Johnson, Jane M-F., Franzluebbers J.A., Weyers S.L., Reicosky C.D. «Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions». *Environmental pollution*, 150 (2007): 107-124
- Joliet, O., Frischknecht, R., Bare, J., Boulay, A.-M., Bulle, C., Fantke, P., Gheewala, S., Hauschild, M., Itsubo, N., Margni, M., McKone, T.E., Mila, L., Mila, C., Postuma, L., Prado-Lopez, V., Ridoutt, B., Sonnemann, G., Rosenbaum, R.K., Seager, T., Struijs, J., van Zelm, R., Vigon, B., Weisbrod, A. «Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: findings of the scoping phase». *Int. J. Life Cycle Assess.* 19, 2014: 962–967
- Kavalaris C., Gemtos T.A.. «Soil tillage effect in cotton crop». *Proceedings of the World Cotton Research Conference-2. Athens, Greece, September 6-12, (1998): 364-367*
- Kayatz, B., Baroni, G., Hillier, J., Ludtke, S., Heathcote, R., Malin, D., van Tonder, C., Kuster, B., Freese, D., Huttl, R., Wattenbach, M. «Cool Farm Tool Water: A global on-line tool to assess water use in crop production». *Journal of Cleaner Production*, 207, 2019: 1163 – 1179.
- Keating B.A., Carberry P.S., Bindraban P.S., Asseng S., Meinke H., Dixon J. «Eco-efficient agriculture: concepts, challenges and opportunities». *Crop Sci*, 50, 2010: 109–119
- Khor, L. Y., Feike, T. «Economic sustainability of irrigation practices in arid cotton production». *Water Resources and Economics*, 20, 2017: 40-52.
- Koudahe, K., Sheshukov, A. Y., Aguilar, H., Dhaman, K. «Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton: A Review». *Sustainability*, 13, 2021: 10070.
- Kreidenweis U., Humpenoder F., Stevanovic M., Bodirsky B., Kriegler E., Lotze-Campen H. Popp A. «Afforestation to mitigate climate change: impacts on food prices under consideration of albedo effects». *Environ. Res Lett.* 11 085001, 2016.
- Kukul, M. S., Irmak, S. «US Agro-Climate in 20th Century: Growing Degree Days, First and Last Frost, Growing Season Length, and Impacts on Crop Yields». *Scientificreports*, 8(1) (2018): 6977

- Lal R. «Managing soils and ecosystems for mitigating anthropogenic carbon emissions and advancing global food security». *BioScience* 60, 2010: 708 – 21.
- Lal, R. «Carbon emission from farm operations». *Environ. Int.*, 30, 2004: 981 – 990.
- Lal, R. «Soil carbon sequestration to mitigate climate change». *Geoderma*, 123 (2004): 1–22
- Lal, R. «Soil processes and the greenhouse effect. In: Lal, R., Blum, W.H., Valentine, C., Stewart, B.A., (Ed.) *Methods for assessment of soil degradation*». Boca Raton: CRC Press (1998):199-212
- Lassey, K.R. «Livestock methane emission: measurement methods, inventory estimation, and the global methane cycle». *Agr. Meteorol.* 142 (2007): 120-132
- Leggett, J.A., Logan, J., Mackey, A. «China's Greenhouse Gas Emissions and mitigation Policies, CRS Report for Congress». Congressional Research Service. 2008
- Li, T., Baležentis, T., Makuteniene, D., Streimikiene, D., Kriščiukaitiene, I. «Energy-related CO₂ emission in European Union agriculture: Driving forces and possibilities for reduction». *Appl. Energy*, 180, 2016: 682 – 694.
- Llamas, M.R., Martinez-Santos, P. «Intensive groundwater use: a silent revolution that cannot be ignored». *Water Sci. Technol.* 51 (8), 2005a: 167 – 174.
- Llamas, M.R., Martinez-Santos, P. «Intensive groundwater use: silent revolution and potential source of conflicts». *J. Water Resour. Plan. Manage.* 131 (5), 2005b : 337 – 341.
- Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J. «Climate Trends and Global Crop Production since 1980». *Science*, 333, 2011: 616 – 620.
- Marland, G., Pielke Sr., R.A., Apps, M., Avissar, R., Betts, R.A., Davis, K.J., Frumhoff, P.C., Jackson, S.T., Joyce, L.A., Kauppi, P., Katzenberger, J., MacDicken, K.G., Neilson, R.P., Niles, J.O., Niyogi, D.D.S., Norby, R.J., Pena, N., Sampson, N., Xue, Y.. «The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate-change mitigation policy». *Clim. Policy* 3 (2003): 149–157

- McRae, T., Smith, C.A.S., Gregorich, L.J. (Eds.). «Environmental sustainability of Canadian agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project». Agriculture and Agri-food Canada, Ottawa, Ont. (2000) : 7–19
- Mohammed, S., Alsafadi, K., Takács, I., Harsányi, E. «Contemporary changes of greenhouse gases emission from the agricultural sector in the EU-27». *Geol. Ecol. Landsc.*, 4, 2020: 282 – 287.
- Mosier, A.R., Duxbury, J.M., Freney, J.R., Heinemeyer, O., Minami, K. «Mitigating agricultural emissions of nitrous oxide». *Clim. Change* 40 (1998a): 7-39
- Mustafa, H.S.B., Batool, N., Iqbal, Z., Hasan, E., Mahmood, T. «Effect of fruit Position and Variable Temperature on Chemical Composition of Seeds in Brassica, Cotton, Sunflower and Maize Crops». *Researcher*, 7(11), (2015): 51-67
- Myers, D., Solton S. «Organic cotton: from field to final product». London. 1999.
- Mygdakos, E., Patsialis K., Voliotou F. «Comparison Between Conventional and Organic Cotton Growing in Greece: Economics of Four Year Studies». *Proceedings of the World Cotton Research Conference-2*. Athens, Greece, September 6-12, 1998: 1137-1140
- National Coordination Committee on Climate Change (NCCC). «Second National Communication on Climate Change of the People’s Republic of China». China Planning Press, Beijing. 2012
- Nordhaus, W.D. «The Allocation of Energy Resources». *Brook. Pap. Econ. Act.*, 4, 1973: 529 – 576.
- Palm, C., Tomich, T., Van Noordwijk, M., Vostis, S., Gockowski, J., Alegre, J., Verchot, L. «Mitigating GHG emissions in the humid tropics: case studies from the alternatives to slash-and-burn program (ASB)». *Environ. Dev. Sustainability* 6 (2004): 145–162
- Panchasara, H., Samrat, N. H., & Islam, N. (2021). Greenhouse gas emissions trends and mitigation measures in Australian agriculture sector—A review. *Agriculture*, 11(2), 85.

- Papamichail D.M, Froud-Williams R.J., Eleftherohorinos I.G., Gravinis F.T.. «The influence of tillage on weed density, cotton growth and yield». Proceedings of the World Cotton Research Conference-2. Athens, Greece, September 6-12, (1998): 388-391
- Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D., Robertson G.P., Smith P. «Climate-smart soils». Nature, 532, 2016: 49–57
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Van Noordwijk, M., Woomer, P.L.. «Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions». Soil Use Manage. 13 (1997): 230–244
- Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T., Hunt, H.W. «Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils». Biogeochemistry, 48 (2000): 147-163
- Pérez Domínguez, I., Fellmann, T., Weiss, F., Witzke, P., Barreiro-Hurlé, J., Himics, M., Jansson, T., Salputra, G., Leip, A. «An Economic Assessment of GHG Mitigation Policy Options for EU Agriculture (EcAMPA 2)». JRC Science for Policy Report: Seville, Spain, 2016.
- Phillips, R.E., Blevins, R.L., Thomas, G.W., Frye, W.W., Phillips, S.H. «No-tillage agriculture». Science, 208, (1980): 1108-1113
- Picasso, V.D., Modernel, P.D., Becoña, G., Salvo, L., Gutiérrez, L., Astigarraga, L. «Sustainability of meat production beyond carbon footprint: a synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay». Meat Sci., 98, 2014: 346 – 354
- Picazo-Tadeo A.J., Gomez-Limon J.A., Reig-Martinez E. «Assessing farming eco-efficiency: a Data Envelopment Analysis approach». J of Environ Manag, 92, 2011: 1154–1164
- Pinnamaneni, S.R., Anapalli, S.S., Sui, R., Bellaloui, N., Reddy, K.N. «Effects of irrigation and planting geometry on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber quality and seed composition». J. Cotton Res. 4, 2021: 2.
- Popp A.et al. «Land use futures in the shared socio economic pathways». Glob. Environ. Change 42, 2017: 331–45.

- Qaim, M., de Janvry, A. «Bt Cotton and Pesticide Use in Argentina: Economic and Environmental Effects». *Environment and Development Economics*, 10(2), 2005: 179 – 200
- Rabb. R. L. «Principles and concepts of pest management. Implementing Practical Pest Management Strategies». *Proceedings of a National Extension Pest Management Workshop*. Purdue University, Lafayette, Indiana, (1972): 6-29
- Raddatz, R.L. «Evidence for the influence of agriculture on weather and climate through the transformation and management of vegetation: illustrated by examples from Canadian prairies». *Agr. Meteorol.* 142 (2007): 186-202
- Rameshwar, D.V. «Environmental impacts of irrigation projects». *Journal of irrigation and drainage engineering*, 112(4), 1986: 322 - 330
- Rasoulzadeh Gharibdousti, S., Kharel, G., Miller, R. B., Linde, E., Stoecker, A. «Projected Climate Could Increase Water Yield and Cotton Yield but Decrease Winter Wheat and Sorghum Yield in an Agricultural Watershed in Oklahoma». *Water*, 11(1) (2019): 105
- Republic of Turkey Ministry of Customs and Trade (RTMCT), Directorate General of Cooperatives (2016) Cotton report, Ankara.
- Riisgaard, L., Lund-Thomsen, P., Coe, N. «The Challenges of Cooperation in Multistakeholder Initiatives: Competing Policy Concerns in the Formulation of the Better Cotton Standard System». *Regulation and Governance*. 2017
- Sa, J.C., Cerri, C.C., Dick, W.A, Lal, R., Venzke Filho, S.P., Piccolo, M.C., Feigl, B.J. «Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol». *Soil Science Society of America Journal*, 65 (2001): 1486-1499
- Safaya S., Zhang G., Mathews R. «A comparative assessment of the water footprint of agricultural practices in India». *Water footprint network*. 2016
- Sampson, R.N., Wright, L.L., Winjum, J.K., Kinsman, J.D., Benneman, J., Kursten, E., Scurlock, J.M.O. «Biomass management and energy». In: Wisniewski J & Sampson RN (eds) *Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification of Sinks and Sources of CO²*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1993: 139 – 162.

- Sanz-Cobena, A. et al. «Strategies for greenhouse gas emissions mitigation in Mediterranean agriculture: A review». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 5605, 2016: 1 - 20
- Schuman, G.E., Janzen, H.H., Herrick, J.E. «Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands». *Environmental Pollution*, 116 (2002): 391-396
- Searchinger T., Edwards R., Mulligan D., Heimlich R., Plevin R. «Do biofuel policies seek to cut emissions by cutting food?» *Science* 347, 2015: 1420 – 2.
- Seyfang, G., Haxeltine, A. «Growing Grassroots Innovations: Exploring the Role of Community-Based Initiatives in Governing Sustainable Energy Transitions». *Environment and Planning C: Government and Policy* 30(3), 2012: 381–400
- Shah, T. «Groundwater and human development: challenges and opportunities in livelihoods and environment». *Water Sci. Technol.* 51 (8), 2005: 27 – 37.
- Shah P., Bansal A., Kumar Singh R. «Life cycle assessment of organic, Bci and conventional cotton: a comparative study of cotton cultivation practices in India». *Designing sustainable technologies, product and policy* 2018.
- Six, J., Feller, C., Deneff, K., Ogle, S.M., Sa, J.C.M., Albrecht, A. «Soil carbon matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage». *Agronomie*, 22 (2002): 755-775
- Six, J., Ogle, M.S., Breidt, F.J., Conant, T.R., Mosier, R.A., Paustian, K.. «The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term». *Global Change Biol.* 10 (2004): 155–160
- Smil, V. «Energy and Civilization — A History». MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2017.
- Smil, V. «Global population and the nutrient cycle». *Sci. American* 277 (1997): 58-63
- Smith P. «Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies». *Glob. Change Biol.* 22, 2016: 1315–24.

- Smith P. et al. «How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals?» *Glob. Change Biol.* 19, 2013: 2285–302.
- Smith P. et al. «Greenhouse gas mitigation in agriculture *Phil. Trans. R. Soc. B* 363 2008: 789 – 813
- Smith P. et al. «How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals?». *Glob. Change Biol.* 19, 2013: 2285–302
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., et al. «Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture». *Agric. Ecosyst. Environ.* 118, 2007: 6 – 28.
- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J., Smith, J.U. «Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming». *Global Change Biology*, 4 (1998): 679-685
- Solow, R.M. «The Economics of Resources or the Resources of Economics». *Am. Econ. Rev.*, 64, 1974:1 – 14.
- Sommerfeldt, T.G., Chang, C., Entz, T. «Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio». *Soil Science Society of America Journal* 52, (1988): 1668-1672
- Steeblich, R., Moise, E. «Counting the carbon emissions from agricultural products: Technical complexities and trade implications». *International Food and Agricultural Trade Policy Council* Sui, R., Byler, R.K., Delhom, C.D. «Effect of nitrogen application rates on yield and quality in irrigated and rainfed cotton». *J. Cotton Sci.* 21, 2017: 113 – 121.
- Supak, J. R., Snipes, C. E. «Cotton Harvest Management: Use and influence of harvest aids» (No. 5). Cotton Foundation. 2001
- Tariq M.I., Afzal S., Hussain I., Sultana N. «Pesticides exposure in Pakistan: a review». *Environ Int*, 33, 2007: 1107–1122
- Textile Exchange. «Organic Cotton Market Report 2016». Texas. 2016b

- Textile Exchange. «Organic Cotton Material Snapshot Material Scenario Common Uses In Apparel and Footwear». Texas. 2016c
- Thompson, T.L., Doerge, T.A., Godin, R.E. «Nitrogen and water interactions in subsurface drip-irrigated cauliflower II». *Agron. Econ. Environ. Outcomes Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 2000: 406 – 411
- Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. «Global food demand and the sustainable intensification of agriculture». *Proc. Natl Acad. Sci.* 108 2011: 20260 – 4
- Toensmeier, E. «The Carbon Farming Solution: A Global Toolkit of Perennial Crops and Regenerative Agriculture Practices for Climate Change Mitigation and food Security». Chelsea Green Publishing: White River Junction, VT, USA, 2016.
- Tubiello, F.N., et al. «The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture». *Environmental Research Letters* 8.1, 2013: 015009.
- Tubiello, F.N., Salvatore, M., Rossi, S., Ferrara, A., Fitton, N., Smith, P. «The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture». *Environ. Res. Lett.* 2013: 8.
- Tubiello, F.N.; Salvatore, M.; Rossi, S.; Ferrara, A.; Fitton, N.; Smith, P. «The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture». *Environ. Res. Lett.*, 8 (2013):1
- Ullah, A., Perret, S. R. «Technical-and environmental-efficiency analysis of irrigated cotton-cropping systems in Punjab, Pakistan using data envelopment analysis». *Environmental management*, 54, (2014): 288-300
- USDA. «Greek Cotton and Production Annual 2018». Global Agricultural Information Network, GAIN Report Number: IT1507 (2018).
- Valin H., Havlik P., Mosnier A., Herrero M., Schmid E., Obersteiner M. «Agricultural productivity and greenhouse gas emissions: trade-offs or synergies between mitigation and food security?». *Environ. Res. Lett.* 8 035019, 2013.
- Verge, X. P. C., De Kimpe, C., & Desjardins, R. L. «Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential». *Agricultural and forest meteorology*, 142(2-4) (2007): 255-269

- Vidal, L., Kruk, C. «Cylindrospermopsis raciborskii (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes». *Pan Am. J. Aquat. Sci.*, 3, 2008: 142–151
- Voloudakis, D., Karamanos, A., Economou, G., Kalivas, D., Vahamidis, P., Kotoulas, V., Zerefos, C. «Prediction of climate change impacts on cotton yields in Greece under eight climatic models using the AquaCrop crop simulation model and discriminant function analysis». *Agricultural water management*, 147 (2015): 116-128
- Wakelyn, P. J., Bertoniere, N.R., French, A.D., Thibodeaux, D. P., Triplett, B. A., Rousselle, M. A., Gamble, G. R. «Cotton fiber chemistry and technology». CRC Press. 2006
- Wakenly P, Chudry M. «Organic cotton. In: Gordon S, Hsieh Y (eds), *Cotton: science and technology*». Woodhead Publishing Limited, Cambridge, (2007): 130–174
- Weiske, A., Petersen, S.O. «Mitigation of greenhouse gas emissions from livestock production». *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112 (2006) :105-106
- West, T.O., Marland, G. «Net carbon flux from agricultural ecosystems: methodology for full carbon cycle analyses». *Environmental Pollution* 116, (2002): 439-444
- Wichelns, D., Oster, J. D. «Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial». *Agricultural water management*, 86(1-2), 2006: 114 - 127.
- Wollenberg E. et al. «Reducing emissions from agriculture to meet the 2°C target». *Glob. Change. Biol.* 22, 2016: 3859 – 64
- Xiao-Tang, J., Guang-Xi, X., Xin-Ping, C., Shao-Lin, Z., Li-Juan, Z., Xue-Jun, L., Zhen-Ling, C., Bin, Y., Peter, C., Zhao-Liang, Z., Fu-Suo, Z. «Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems». *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.*, 106, 2009: 3041 – 3046

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αλεξίου Γ. «Το υδατικό αποτύπωμα ως εργαλείο χάραξης αγροτικής πολιτικής. Η περίπτωση της δημοτικής ενότητας Θεσσαλιώτιδος». Διπλωματική εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. 2012.

Ε.Λ.ΣΤΑΤ. «Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα: έτη 2020 και 2021», 2023.

Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η. «Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή». Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. 2015.
<https://hdl.handle.net/11419/3714>

Κεχαγιά Ο. «Τι είναι και πως επηρεάζεται η ποιότητα του βαμβακιού». Γεωργική Τεχνολογία, τεύχος “Βαμβάκι, 2000: 56-62

Κόκκορα Μ., Τσιπούρας Α., Καλφούντζος Δ. «Προβλήματα άρδευσης καλλιεργειών στη Θεσσαλία». 15^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης. 2022

Μαρέτης Κ. «Οικολογία βάμβακος - Φυτό έδαφος – Βιολογικοί παράγοντες», 1981.

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. «Βιομηχανικά φυτά. (Έκδοση 2η)». Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη. 2013

Παπακώστα-Τασοπούλου, Δ. «Βιομηχανικά φυτά». (Έκδοση 2η). Εκδόσεις σύγχρονη παιδεία, Θεσσαλονίκη. 2013

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. «Άρδευση με σταγόνες». Βόλος. 2000.

Σιώκη Ι. Ε. «SWOT Ανάλυση των παραγόντων βιωσιμότητας της καλλιέργειας βαμβακιού στην Ελλάδα, σύμφωνα με τους ειδικούς». Μεταπτυχιακή Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 2019

Σπάης Α. «Ζωοτροφές και Σιτηρέσια». Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη. 1997

Φασούλας Α., Φωτιάδης Ν. «Αρχές της Επιστήμης των Καλλιεργούμενων φυτών», Θεσσαλονίκη, 1984

Χαρτουλάκης Κ., Μπερτάκη Μ. «Ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης: Αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη. Πρακτικά 23^{ου} Συνεδρίου της Ελληνικής Εταιρείας της Επιτροπής των Οπωροκηπευτικών, Τεύχος Α, Χανιά. 2009.

Χρηστίδης Β. «Το βαμβάκι». Θεσσαλονίκη. 1965

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

Goussios D. (2015). [https://www.academia.edu/19701773/Organic Cotton Production in Greece Report](https://www.academia.edu/19701773/Organic_Cotton_Production_in_Greece_Report)

Ημ.:10/07/2023

E.E. (2018). https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-andplant-based-products/cotton_el

Ημ.:03/11/2023

Agri-Environmental Indicator—Energy Use. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental indicator-energy use](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator-energy_use)

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (2022). <http://agreng.agr.uth.gr/>

Ημ.: 03/11/2023

Ο.Π.Ε.Κ.Ε.Π.Ε. (2021). [http://aggregate.opekepe.gr/?trigger>Select=fytiko_eidos & query Type=fytiko & year=2021&perifereia=5&nomos=&fytko_eidos=120](http://aggregate.opekepe.gr/?trigger>Select=fytiko_eidos&query_Type=fytiko&year=2021&perifereia=5&nomos=&fytko_eidos=120)

Ημ.: 03/11/2023

Wichelns D., Bloomington, Indiana, US (2014). <https://www.globalwaterforum.org/2014/11/11/water-productivity-not-a-helpful-indicator-of-farm-level-optimization/>

Ημ.: 06/02/2024

Water Resources Program, Washington State Department of Ecology, Olympia, Washington (2024). <https://apps.ecology.wa.gov/publications/summarypages/2011076.html>

Ημ.: 01/04/2024

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Γενικά στοιχεία

Όνοματεπώνυμο:..... Έτος γέννησης:.....

Σπουδές:..... Επάγγελμα:.....

Τόπος κατοικίας:..... Περιοχή καλλιέργειας:.....

Μέθοδος καλλιέργειας: Συμβατική Βιολογική ,

έτος ένταξης σε Φορέα Πιστοποίησης:.....

Ενδιαφέρομαι για τη Γεωργία Άνθρακα: **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Κόστος Πιστοποίησης για τη Γεωργία Άνθρακα: 2€/στρ 5€/στρ 10€/στρ Δωρεάν

1. Λεπτομέρειες καλλιέργειας

Καλλιέργεια: Έκταση:

Ποσότητα φρέσκου προϊόντος: Ποσότητα τελικού προϊόντος:.....

Ημερομηνία σποράς:..... Ημερομηνία συγκομιδής:.....

1.2 Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας

Ποσότητα υπολειμμάτων (tn/στρ):

Διαχείριση υπολειμμάτων:

- α. Απομακρύνθηκε από το αγροτεμάχιο για χρήση ή προς πώληση
- β. Κάψιμο στο αγροτεμάχιο
- γ. Κατανεμήθηκε στο αγροτεμάχιο ή ενσωματώθηκε ή χρησιμοποιήθηκε ως κάλυψη εδάφους με φυτικά υπολείμματα
- δ. Απομακρυσμένη, ταχεία-θερμή κομποστοποίηση
- ε. Απομακρυσμένη, αργή-ψυχρή κομποστοποίηση
- στ. Διατηρείται σε σωρούς ή λάκκους χωρίς καμία μεταχείριση

1.3 Παραπροϊόντα (πχ. άλευρο αχύρου, άλευρο ελαιούχων σπόρων)

Υπάρχουν εμπορεύσιμα υπο-προϊόντα της καλλιέργειας που χρησιμοποιείτε ή πουλάτε;

ΝΑΙ **ΟΧΙ** Αν ναι, ποια είναι:.....

2. Χαρακτηριστικά εδάφους

Έδαφος:	<u>Λεπτόκοκκο</u>	<u>Μεσαίο</u>	<u>Χονδρόκοκκο</u>
	α. αμμοαργιλώδες	δ. αμμοαργιλοπηλώδες	ζ. αμμώδες
	β. αργιλώδες	ε. αργιλοπηλώδες	η. πηλοαμμώδες
	γ. ιλυοαργιλώδες	στ. ιλυοαργιλοπηλώδες	θ. αμμοπηλώδες
			ι. πηλώδες
			κ. ιλυοπηλώδες
			λ. ιλυώδες

Οργανική ουσία εδάφους: α. $SOM \leq 1,72$ β. $1,72 < SOM \leq 5,16$

γ. $5,16 < SOM \leq 10,32$ δ. $SOM > 10,32$

Άλλο.....

Υγρασία εδάφους: α. στεγνό β. υγρό Αποστράγγιση εδάφους: α. καλή β. φτωχή

ρη εδάφους: α. $ph \leq 5,5$ β. $5,5 < ph \leq 7,3$ γ. $7,3 < ph \leq 8,5$ δ. $ph > 8,5$

3. Εισροές

3.1 Εισροές λιπασμάτων

Τύπος λιπάσματος (συμπεριλαμβάνονται κομπόστ, κοπριά κλπ με αναφορά στη περιεκτικότητα % N):

.....

Προέλευση (χώρα):..... Δόση εφαρμογής (kg/στρ):.....

Μέθοδος: α. Ενσωμάτωση β. Σε διάλυμα γ. Διασπορά δ. Υδρολίπανση

Αναστολέας νιτροποίησης: **ΝΑΙ ΟΧΙ**

Αριθμός λιπάνσεων με αυτό το λίπασμα:..... Ίδια εφαρμογή: **ΝΑΙ ΟΧΙ**

Αν ΟΧΙ συμπληρώστε τα άνω στοιχεία για όσες λιπάνσεις έχουν γίνει όπως στο παράδειγμα:

πχ. NPK (15-15-15), Ευρωπαϊκό, 10 kg/στρ, διασπορά, ΝΑΙ

.....

.....

.....

.....

3.2 Εισροές φυτοπροστασίας

Είδος φυτοπροστατευτικού σκευάσματος: **α.** Μυκητοκτόνο **β.** Ζιζανιοκτόνο
γ. Εντομοκτόνο **δ.** Φυτοφάρμακο (άλλο)

Κατηγορία: **α.** Επεξεργασία εδάφους **β.** Μεταφυτρωτικό

Ονομασία σκευάσματος:.....

Δόση εφαρμογής (kg/στρ):..... Περιεκτικότητα δραστικής ουσίας (%):.....

Αριθμός επεμβάνσεων με το αυτό το σκεύασμα:..... Ίδια εφαρμογή: **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Αν ΟΧΙ συμπληρώστε τα άνω στοιχεία για όσες εφαρμογές έχουν γίνει όπως στο παράδειγμα:

πχ. Προφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο, 350ml/στρ, ΟΝΟΜΑ, fluometurone 50% SC, 1 φορά, ΟΧΙ

.....
.....
.....
.....
.....

4. Καύσιμο, ενέργεια & απόβλητα

4.1 Άμεση χρήση ενέργειας

Είδος ενέργειας (πχ. ηλεκτρικό ρεύμα, βιοντίζελ, αέριο):.....

Ποσότητα (πχ 50lt, 600KWh):..... Αφορά: Αγροτεμάχιο Εγκατάσταση

4.2 Χρήση ενέργειας για γεωργικές εργασίες

Είδος εργασίας και μηχανήμα (πχ. άροτρο με υνί κι αναστρεπτήρα):

.....

Καύσιμο: **α.** βενζίνη **β.** ντίζελ Αριθμός ίδιων χρήσεων:.....

Με τον ίδιο τρόπο αναφέρετε τις διάφορες εργασίες που έχουν γίνει (άροση, ψεκασμός, συγκομιδή, σπορά/φύτευση, λίπανση ,μηχανική διαχείριση παρασίτων, συντήρηση):

.....
.....
.....

4.3 Εκπομπές από υγρά απόβλητα

Παράγετε υγρά απόβλητα και εάν ναι, περιέχουν οργανική ουσία; **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Αν ΝΑΙ, όγκος αποβλήτων:.....

5. Χρήση νερού

Άρδευση: **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Μέθοδος: **α.** καταιονισμός **β.** σωλήνας ποτίσματος **γ.** κατακλυσμός **δ.** στάγδην

Πηγή υδάτων:.....

Γεώτρηση: **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Αν ΟΧΙ αναφέρετε όγκο νερού:.....

Αν ΝΑΙ αναφέρετε: όγκος νερού:.....

βάθος άντλησης:.....

οριζόντια απόσταση:.....

Πηγή ενέργειας: Ηλεκτρική Ντίζελ

Πόσα ποτίσματα έγιναν:..... Πότε έγιναν:.....

6. Αλλαγές άνθρακα & δέσμευση

Έχει μετατραπεί κάποιο μέρος αυτής της γης από ή προς αρόσιμη έκταση, τεχνητούς λειμώνες ή δάση τα τελευταία 20 χρόνια; **ΝΑΙ** **ΟΧΙ**

Αν ΝΑΙ αναφέρετε (πχ αροτραίες σε δάσος, δάσος σε αγροστώδη):.....

Πόσα χρόνια:..... Ποσοστό μετατροπής του αγροτεμαχίου:.....

Πώς έχετε αλλάξει τις πρακτικές άρροσης σε αυτό το αγροτεμάχιο τα τελευταία 20 χρόνια;

Αλλαγές στην άρροση (πχ. από συμβατική άρροση σε περιορισμένη άρροση):

.....

Πότε (πριν από πόσα χρόνια):..... Ποσοστό αγροτεμαχίου:.....

Έχετε ξεκινήσει ή σταματήσατε να καλλιεργείτε μια καλλιέργεια εδαφοκάλυψης τα τελευταία 20 χρόνια;

ΝΑΙ **ΟΧΙ**

Αν ΝΑΙ αναφέρετε την αλλαγή:.....

Πότε (πριν από πόσα χρόνια):..... Ποσοστό αγροτεμαχίου:.....

6.1 Αλλαγές στη βιομάζα των καλλιεργειών (προσθήκη δένδρου/ων)

Τύπος δένδρου:.....

Πυκνότητα πέρυσι (δένδρα/στρ):.....

Ύψος πέρυσι:..... Ύψος φέτος:.....

Φύτευση δένδρων (δένδρα/στρ):..... Απώλεια δένδρων (δένδρα/στρ):.....

Αν έχουν προστεθεί κι άλλες κατηγορίες δένδρων αναφέρετε τα άνω δεδομένα για την κάθε κατηγορία:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Μεταφορά

Μέσο μεταφοράς (πχ. με φορτηγό άνω των 3,5 tn):.....

Βάρος μεταφερόμενης ποσότητας:..... Απόσταση μεταφοράς:.....