



ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ)  
«Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής  
Παραγωγής»**

**Κατεύθυνση: Σύγχρονα Συστήματα Παραγωγής  
και Διαχείρισης Φυτικού Κεφαλαίου**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Η συμβολή της γεωργίας ακριβείας μέσω  
του πρωτοκόλλου ορθολογικής διαχείρισης  
του εδάφους και λίπανσης - θρέψης (ISOBUS)  
στην καλλιέργεια του αραβόσιτου στο αγρόκτημα  
της Α.Γ.Σ.**

**του**

**ΙΩΑΝΝΗ ΓΚΑΤΖΩΛΗ**

**Επιβλέπων Καθηγητής:**

**Στέφανος Στεφάνου, Επίκουρος Καθηγητής**

**Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2022**



ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ



**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ)  
«Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής»**

**Κατεύθυνση: Σύγχρονα Συστήματα Παραγωγής  
και Διαχείρισης Φυτικού Κεφαλαίου**

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Η συμβολή της γεωργίας ακριβείας μέσω  
του πρωτοκόλλου ορθολογικής διαχείρισης  
του εδάφους και λίπανσης - θρέψης (ISOBUS)  
στην καλλιέργεια του αραβόσιτου στο αγρόκτημα  
της Α.Γ.Σ.**

**του**

**ΙΩΑΝΝΗ ΓΚΑΤΖΩΛΗ**

**Επιβλέπων Καθηγητής:**

**Στέφανος Στεφάνου, Επίκουρος Καθηγητής**

**Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2022**

**Στην οικογένεια μου**

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή επονήθηκε κατά τα έτη 2019-2020 στην Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή Θεσσαλονίκης (ΑΓΣ)- American Farm School Thessaloniki (AFS), στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Καινοτόμα Συστήματα Αειφόρου Αγροτικής Παραγωγής» του Διεθνές Πανεπιστημίου της Ελλάδος.

Ολοκληρώνοντας την προσπάθεια αυτή αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον επιβλέποντα καθηγητή Στέφανο Στεφάνου για την συνεχή καθοδήγηση, την άριστη συνεργασία, την υπομονή αλλά και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθ'όλη την διάρκεια του πειράματος.

Ευχαριστώ όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών για την συνεργασία μας και τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά την διάρκεια των σπουδών μας. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στη σύζυγό μου Τριανταφυλλιά Βακερλή και στα παιδιά μας Ανδρέα και Πασχαλίνα για την υποστήριξή τους, αλλά και στην ευρύτερη οικογένεια που ήταν πάντα δίπλα μου και με ενθάρρυναν κάθε στιγμή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αραβόσιτος αποτελεί μια οικονομικά σημαντική καλλιέργεια της οικογένειας Poaceae. Η καλλιέργεια του αραβόσιτου για το έτος 2021 έλαβε παγκόσμιο προβάδισμα ως από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες που παράγονται σε όλο τον κόσμο. Παράλληλα, χάρη στην προηγμένη τεχνολογία πολλές καλλιέργειες μπορούν να συνδυαστούν με τα συστήματα της Γεωργίας Ακριβείας, μέρος των οποίων αποτελούν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφόρησης (GIS). Τα GIS είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στη διαδικασία λήψης αποφάσεων στον τομέα της γεωργίας. Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ερευνήθηκε η χρήση διαφορετικών λιπασμάτων σε καλλιέργεια αραβόσιτου σε έκταση 13,6 στρεμμάτων με την βοήθεια των GIS. Για τον σκοπό αυτό, κατά τα έτη 2019-2020 εφαρμόστηκαν επεμβάσεις χημικής λίπανσης, λίπανσης αργής αποδέσμευσης, χλωρής λίπανσης, κοπριάς και μάρτυρα. Οι λιπάνσεις και η σπορά του καλαμποκιού έγιναν με την βοήθεια καινοτόμων και προηγμένων μηχανημάτων βασισμένη στην γεωργία ακριβείας του συστήματος ISOBUS. Μετρήθηκαν τα ύψη των φυτών και το παραγόμενο ενσίρωμα ανά επέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποδοτικότερη λίπανση ήταν η βραδείας αποδέσμευσης.

**Λέξεις κλειδιά:** αραβόσιτος, γεωργία ακριβείας και GIS, χλωρή λίπανση, λίπανση βραδείας αποδέσμευσης, κοπριά, χημική λίπανση

## **ABSTRACT**

Corn is an economically important crop of the Poaceae family. In 2021, the cultivation of corn has taken a global lead as one of the most important crops produced worldwide. At the same time, thanks to advanced technology, many crops can be combined with precision agriculture, a part of which is the Geographical Information Systems (GIS). GIS is a very useful tool in the decision-making process in the field of agriculture. In the present postgraduate thesis, the use of different fertilizers in a corn cultivation and in an area of 13.6 acres was investigated with the help of GIS. For this purpose, during the years 2019-2020, treatments of chemical fertilization, slow-release fertilization, green fertilization, manure and a control were applied. The fertilizations and sowing of corn were done with the help of innovative and advanced machines based on the precision agriculture of the ISOBUS system. The measurements of plants height and silage production showed that the most efficient fertilization was that of slow-release.

**Key words:** corn, precision agriculture and GIS, green fertilization, slow-release or controlled release fertiliser, manure, chemical fertilization

# Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	
Abstract .....	v
<b>Μέρος Πρώτο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....</b>	<b>1</b>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	2
Εισαγωγή.....	2
1.1 Περιγραφή της καλλιέργειας .....	2
Πίνακας 1.1: Βλαστικά και αναπαραγωγικά στάδια ενός φυτού καλαμποκιού του οδοντόμορφου τύπου.....	3
1.2 Οικονομική σημασία.....	4
Πίνακας 1.2: Παγκόσμια παραγωγή του καλαμποκιού .....	4
Σχήμα 1.1: Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής του καλαμποκιού (Shahbandeh, 2020).....	5
Σχήμα 1.2: Συγκομιζόμενη έκταση καλλιέργειας καλαμποκιού στις ΗΠΑ από το 1940 έως το 2020 (USDA, 2021).....	6
Πίνακας 1.3: Η ετήσια παραγωγή του καλαμποκιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. ....	7
Σχήμα 1.3: Ετήσια παραγωγή του καλαμποκιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τα έτη 1999 - 2021 .....	8
Σχήμα 1.4: Κύριοι προορισμοί του καλαμποκιού (USDA, 2021)	
1.3. Απαιτήσεις σε νερό .....	10
1.4. Καλλιεργητικές τεχνικές .....	12
1.5. Λίπανση.....	13
1.5.1. Χλωρά Λίπανση .....	17
1.5.1.1. Επιδράσεις της χλωράς λίπανσης στη φυτική παραγωγή.....	17
1.5.1.2. Αρνητικές συνέπειες της χλωρής λίπανσης .....	18
1.5.2. Φυτά χλωρής λίπανσης .....	18
1.5.3 Κοπριά.....	22
1.5.4 Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Λίπανσης.....	22
1.5.5. Αποτελεσματικότητα χρήσης των θρεπτικών στοιχείων.....	23
1.6. Γεωργία Ακριβείας.....	26
1.6.1. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS).....	29
1.6.2. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).....	32

Σχήμα 1.5: Απεικόνιση του GIS σε διάφορα φάσματα (National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA) .....	34
1.6.3. Η χρήση των GIS στην γεωργία .....	36
1.6.4. Οι προκλήσεις των GIS.....	41
1.7. Σκοπός εργασίας.....	42
<b>Μέρος δεύτερο: Υλικά και Μέθοδοι</b> .....	<b>43</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>44</b>
<b>2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ</b> .....	<b>44</b>
Εικόνα 2.1: Υβρίδιο καλαμποκιού P1921 .....	44
Εικόνα 2.2: Το πρώτο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή του απλού λιπάσματος μέσω του συστήματος ISOBUS.....	45
Εικόνα 2.3: Το δεύτερο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης μέσω του συστήματος ISOBUS .....	46
Εικόνα 2.4: Το τρίτο plot (1,7 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή της χλωρής λίπανσης μέσω του συστήματος ISOBUS.....	47
Εικόνα 2.5: Το τέταρτο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή της κοπριάς μέσω του συστήματος ISOBUS .....	48
Εικόνα 2.6: Σπορά υβριδίου χωρίς λίπανση.....	49
<b>2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	<b>51</b>
Πίνακας 2.1: Στοιχεία για τη χρήση των γεωργικών οχημάτων κατά το έτος 2019....	51
Πίνακας 2.2: Στοιχεία για τη χρήση των γεωργικών οχημάτων κατά το έτος 2020....	52
Εικόνα 2.7: Πολύδισκο ελαφρού τύπου (δισκοσβάρνα) .....	53
Εικόνα 2.8: Προετοιμασία του εδάφους πριν την καλλιέργεια - Όργωμα.....	53
Εικόνα 2.9: Καλλιεργητής ελατηριοτός ελαφρού τύπου για την ενσωμάτωση λιπάσματος και ψιλοτεμαχισμό εδάφους.....	54
Εικόνα 2.10: Κοπροδιανομέας.....	54
Εικόνα 2.11: Σβολοκόπτης για ψιλοτεμαχισμό του εδάφους .....	55
Εικόνα 2.12: Ψιλοτεμαχισμός εδάφους .....	56
Εικόνα 2.13: Πνευματική μηχανή σποράς γραμμικών καλλιεργιών .....	57
Εικόνα 2.14: Λιπασματοδιανομέας μεταβλητής δόσης.....	58
Εικόνα 2.15: Μηχανική καταστροφή ζιζανίων με ταυτόχρονη λίπανση .....	58
Εικόνα 2.16: Εγκατάσταση αρδευτικού .....	59
Εικόνα 2.17: Μηχάνημα απλώματος και μαζέματος λάστιχων στάγδην άρδευσης ....	60
Εικόνα 2.18: Αλωνιστική μηχανή αραβοσίτου.....	60



Εικόνα 2.19: Στελεχοκόπτης (καταστροφέας) ψιλοτεμαχισμός υπολείμματος καλλιέργειας.....	61
Εικόνα 2.20: Στελεχοκόπτης.....	61
Εικόνα 2.21: Μηχάνημα τροφοδοσίας και μεταφοράς καλαμποκιού.....	62
Εικόνα 2.22: Συμπύση ενσιρώματος για την αφαίρεση του αέρα.....	63
Εικόνα 2.23: Αυτόματο τιμόνι που λαμβάνει πληροφορίες από την ψηφιακή καταγραφή για την τήρηση των σωστών αποστάσεων.....	65
Εικόνα 2.24: Τήρηση των σωστών αποστάσεων.....	65
Πίνακας 2.3: Πρόγραμμα αρδεύσεων για τα έτη 2019 & 2020. ....	67
Εικόνα 2.25: Εφαρμογή αρδευτικού δικτύου στην καλλιέργεια.....	67
Εικόνα 2.26: Εγκατάσταση αρδευτικών σωλήνων στην καλλιέργεια.....	68
Εικόνα 2.27: Αρδευτικό δίκτυο στην καλλιέργεια.....	69
Πίνακας 2.4: Απλή χημική λίπανση για το έτος 2019. ....	70
Πίνακας 2.5: Απλή χημική λίπανση για το έτος 2020. ....	70
Εικόνα 2.28: Γέμισμα λιπασματοδιανομέα με απλό λίπασμα.....	71
Πίνακας 2.6: Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης για το έτος 2019.....	71
Πίνακας 2.7: Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης για το έτος 2020.....	72
Εικόνα 2.29: Ρίψη λιπάσματος με τον λιπασματοδιανομέα.....	73
Εικόνα 2.30: Ενσωμάτωση χλωρής λίπανσης.....	73
Πίνακας 2.8: Εφαρμογή κοπριάς για τα έτη 2019 & 2020.....	74
Εικόνα 2.31: Μηχάνημα κοπροδιανομέα.....	74
Εικόνα 2.32: Κοπροδιανομή.....	75
Πίνακας 2.9: Σκευάσματα ζιζανιοκτόνων για τα έτη 2019 & 2020. ....	75
Εικόνα 2.33: Προετοιμασία ζιζανιοκτονίας.....	77
Εικόνα 2.34: Εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων με ψεκαστικό μηχάνημα μεταβλητής δόσης.....	77
<b>Μέρος τρίτο: Αποτελέσματα και συζήτηση.....</b>	<b>78</b>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	79
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	79
3.1 Αποτελέσματα αναλύσεων του εδάφους.....	79
Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.....	79
Σχήμα 3.1: Τρίγωνο μηχανικής (κοκκομετρικής) σύστασης του εδάφους.....	80
3.2 Μετρήσεις ύψους φυτών.....	81
Πίνακας 3.2: Ύψη φυτών στην επέμβαση του Μάρτυρα.....	81

Σχήμα 3.2: Μέσοι όροι ύψους φυτών στο μάρτυρα για τα έτη 2019-2020. ....	81
Πίνακας 3.3: Ύψη φυτών στην επέμβαση της Χλωρής Λίπανσης .....	82
Σχήμα 3.3: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη χλωρή λίπανση για τα έτη 2019-2020.....	82
Πίνακας 3.4: Ύψη φυτών στην επέμβαση της χημικής λίπανσης.....	83
Σχήμα 3.4: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη χημική λίπανση για τα έτη 2019-2020.....	83
Πίνακας 3.5: Ύψη φυτών στην επέμβαση της λίπανσης βραδείας αποδέσμευσης .....	84
Σχήμα 3.5: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη λίπανσης βραδείας αποδέσμευσης για τα έτη 2019-2020.....	84
Πίνακας 3.6: Ύψη φυτών στην επέμβαση με κοπριά .....	85
Σχήμα 3.6: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη για τα έτη 2019-2020. ....	85
Πίνακας 3.7: Μέσοι όροι ύψους φυτών στην κάθε επέμβαση για τα έτη 2019-2020.	86
Σχήμα 3.7: Μέσοι όροι ύψους φυτών στην κάθε επέμβαση για τα έτη 2019-2020.....	86
3.3 Μετρήσεις ποσότητας ενσιρώματος .....	87
Πίνακας 3.8: Ποσότητες ενσιρώματος.....	87
Βιβλιογραφία.....	90
A. Ελληνική.....	90
B. Ξενόγλωσση .....	91



## **Μέρος Πρώτο: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Περιγραφή της καλλιέργειας

Το επιστημονικό όνομα του καλαμποκιού είναι *Zea mays* L. Έχει αριθμό χρωμοσωμάτων  $2n=20$ , είναι ετήσιο είδος και ανήκει στην οικογένεια των Αγρωστωδών (Gramineae) ή Ποοδών (Poaceae). Κατάγεται από την αμερικάνικη ήπειρο και είναι το σπουδαιότερο καλλιεργούμενο σιτηρό σε πολλές χώρες (Παπακώστα, 2008). Στην Ελλάδα, καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά την άνοιξη του 1576 στα Ιόνια νησιά και στις απέναντι κοντινές ακτές, απ' όπου και διαδόθηκε στη Βαλκανική χερσόνησο (Γεωργία και Κτηνοτροφία, 2003).

Η καλλιέργειά του εκτείνεται από τον 58ο Βόρειο παράλληλο μέχρι τον 40ο Νότιο παράλληλο, με τη μεγαλύτερη ποσότητα να παράγεται στις περιοχές μεταξύ 30ου και 55ου Β.Π (Γαλανοπούλου, 2002). Παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα στο βιολογικό κύκλο, ο οποίος μπορεί να κυμανθεί από δύο έως δεκαέξι μήνες, ενώ η παραγωγικότητα είναι ανάλογη με τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου. Καλλιεργείται σε περιοχές κοντά στη θάλασσα μέχρι και υψόμετρο περίπου 4000 μ., στις Άνδεις του Περού (Παπακώστα, 2008). Μπορεί να αναπτυχθεί σε τροπικά κλίματα που δέχονται 1.000 mm βροχόπτωσης το χρόνο ή σε περιοχές που δέχονται μόνο 30,5 mm (Γαλανοπούλου, 2002).

Το καλαμπόκι είναι φυτό σταυρογονιμοποιούμενο και το πρώτο γενετικό υλικό που καλλιεργήθηκε ήταν οι πληθυσμοί, προϊόν ελεύθερης διασταύρωσης. Η διαπίστωση της ετέρωσης που παρουσιάζει το καλαμπόκι και η δημιουργία υβριδίων θεωρείται το σπουδαιότερο γεγονός στην καλλιέργεια του καλαμποκιού (Παπακώστα, 2008). Τα φυτά του καλαμποκιού παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ως προς τη μορφή και το μέγεθός τους ανάλογα με την προέλευση, τη σχετική πρωιμότητά τους, την τελική χρήση του προϊόντος και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες ανάπτυξής τους. Όμως, κατά την ανάπτυξή τους από την σπορά μέχρι την ωρίμανση ακολουθούν τα ίδια στάδια, τα οποία διαιρούνται σε βλαστικά και αναπαραγωγικά (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1.1: Βλαστικά και αναπαραγωγικά στάδια ενός φυτού καλαμποκιού του οδοντόμορφου τύπου (Ritchie et al., 1996, από Παπακώστα, 2008).**

Βλαστικά στάδια	Αναπαραγωγικά στάδια
BΦ Φύτρωμα	A1 Εμφάνιση στιγμάτων
B1 1ο φύλλο	A2 Σπόροι λευκοί με διαφανές υγρό
B2 2ο φύλλο	A3 Γάλακτος
B3 3ο φύλλο	A4 Ζύμης
.	A5 Δοντιού
.	A6 Φυσιολογική ωρίμανση
.	
B (n) no φύλλο	
BT Αναπτυγμένη αρσενική ταξιανθία	

Για τον καθορισμό της έννοιας “έκπτυξη” των φύλλων στον προσδιορισμό των σταδίων, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι. Οι δύο επικρατέστερες είναι: 1) η μέθοδος του κολάρου, κατά την οποία ένα φύλλο θεωρείται ότι έχει εκπτυχθεί, όταν το κολάρο είναι ορατό και 2) η μέθοδος του οριζόντιου φύλλου όταν η άκρη του φύλλου στρέφεται προς τα κάτω (Hicks et al., 2004).

## 1.2 Οικονομική σημασία

Με όγκο παραγωγής περίπου 1,1 δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους, το καλαμπόκι πήρε το παγκόσμιο προβάδισμα μεταξύ των πιο σημαντικών σπόρων που παράγονται σε όλο τον κόσμο. Μόνο οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είναι υπεύθυνες για πάνω από το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής καλαμποκιού, με περίπου 81,5 εκατομμύρια στρέμματα γης να αφιερώνονται για τη συγκομιδή καλαμποκιού το 2019. Οι ΗΠΑ και η Κίνα μαζί αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το ήμισυ της παγκόσμιας παραγωγής καλαμποκιού. Η παραγωγή καλαμποκιού στην Κίνα υπερέβη τα 260 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2019 (Statista, 2020).

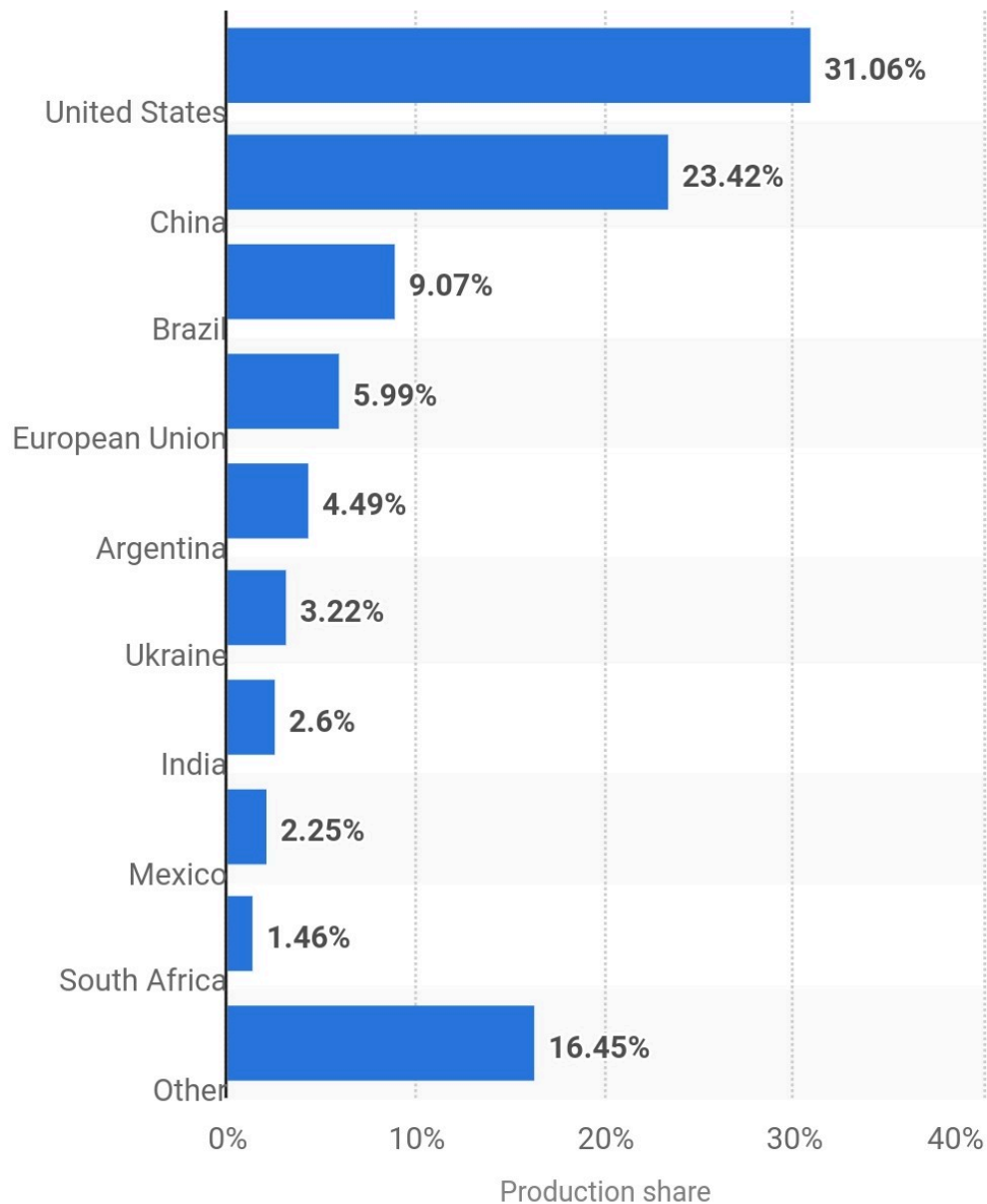
Στην παγκόσμια παραγωγή καλαμποκιού για τα έτη 2020-2021 ανέρχεται πρώτα η Αμερική με 31,06%, η Κίνα με 23,42%, η Βραζιλία με 9,07%, η Ευρώπη με 5,99%, η Αργεντινή με 4,99%, η Ουκρανία με 3,22%, η Ινδία με 2,6%, το Μεξικό με 2,25%, η Νότια Αφρική με 1,46% και τέλος ακολουθούν άλλες χώρες 16,45%.

**Πίνακας 1.2: Παγκόσμια παραγωγή του καλαμποκιού (Statista, 2021).**

### Distribution of global corn production in 2019/2020, by country\*



Characteristic	Production share
United States	31.06%
China	23.42%
Brazil	9.07%
European Union	5.99%
Argentina	4.49%
Ukraine	3.22%
India	2.6%
Mexico	2.25%
South Africa	1.46%
Other	16.45%

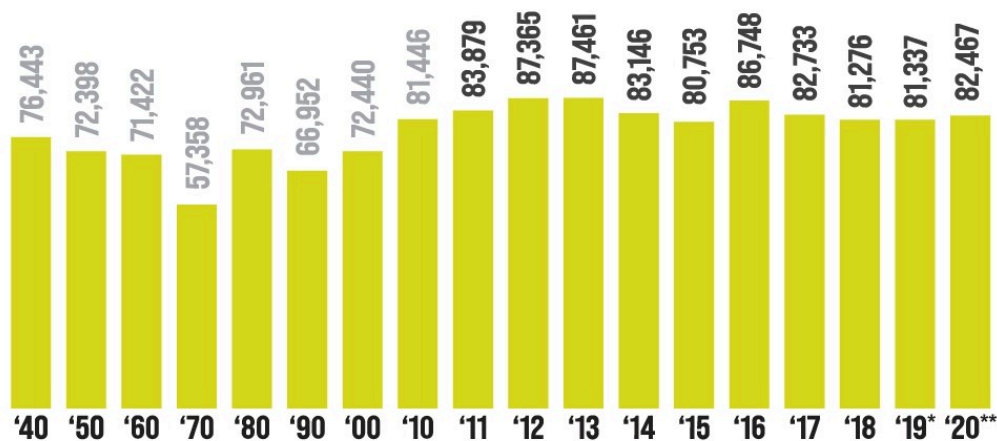


**Σχήμα 1.1: Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής του καλαμποκιού (Shahbandeh, 2020).**

Οι συγκομιζόμενες εκτάσεις καλλιέργειας καλαμποκιού (σε acres, όπου 1 acre  $\approx$  4 στρέμματα) στις ΗΠΑ από το 1940 έως και το 2020 κυμαίνονται από 57.385 έως και 87.365. Το 2020, η συγκομιζόμενη έκταση ήταν 82.467 acres. Η χαμηλότερη ήταν το 1970 (57.385 acres) και η υψηλότερη ήταν το 2013 (87.365 acres).



## U.S. CORN ACRES HARVESTED 1940 - 2020 (1,000 acre)



Source: USDA, NASS, Crop Production  
2020 Summary, Jan. 12, 2021

\*estimated

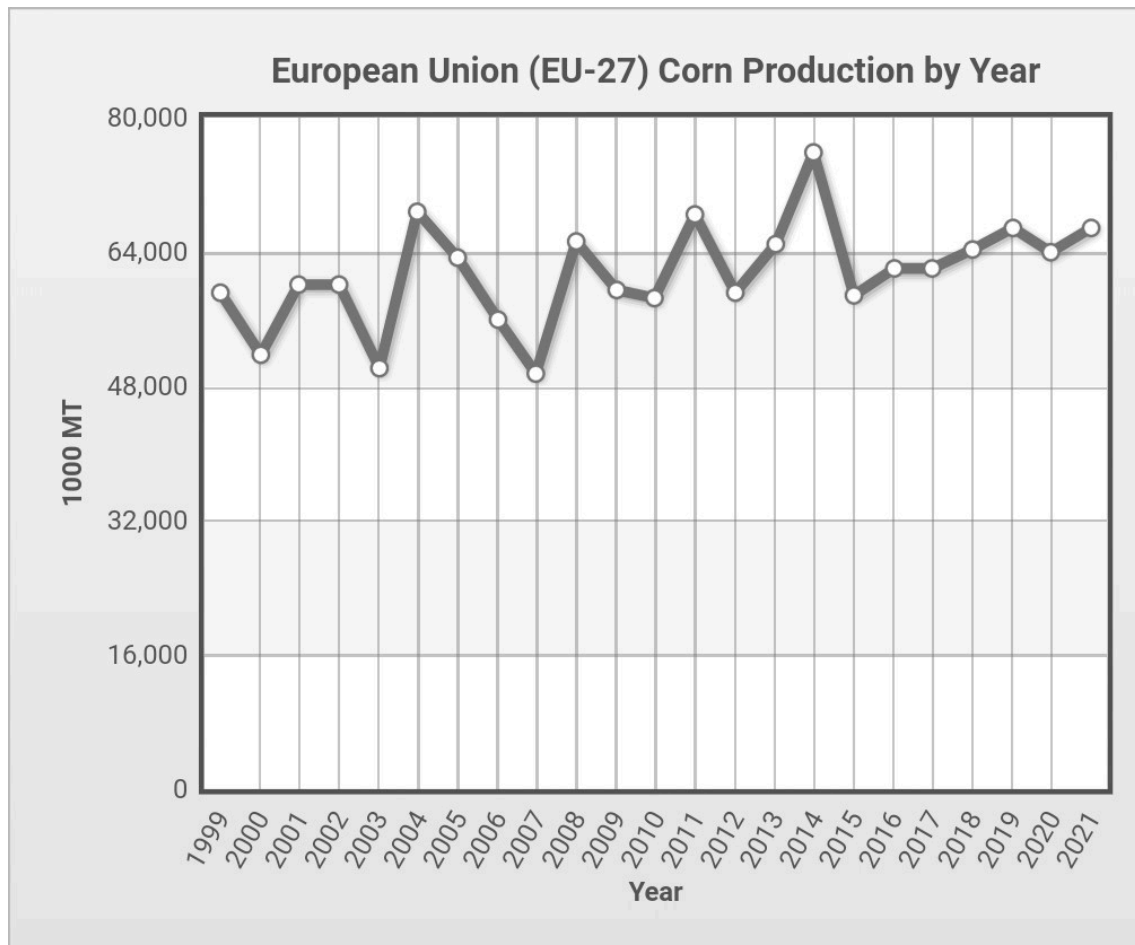
\*\* projected for crop year Sept. 2020 - Aug. 2021

**Σχήμα 1.2: Συγκομιζόμενη έκταση καλλιέργειας καλαμποκιού στις ΗΠΑ από το 1940 έως το 2020 (USDA, 2021).**

Η ετήσια παραγωγή του καλαμποκιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα έτη 1999-2021 και ο αριθμός των στρεμμάτων που καλλιεργήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

**Πίνακας 1.3: Η ετήσια παραγωγή του καλαμποκιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση.**

<b>Έτος αγοράς</b>	<b>Παραγωγή</b>	<b>Μονάδα Μέτρησης</b>	<b>Ρυθμός Ανάπτυξης</b>
1999	59186	(1000 MT)	NA
2000	51843	(1000 MT)	-12.41 %
2001	60079	(1000 MT)	15.89 %
2002	59929	(1000 MT)	-0.25 %
2003	50170	(1000 MT)	-16.28 %
2004	68865	(1000 MT)	37.26 %
2005	63364	(1000 MT)	-7.99 %
2006	55887	(1000 MT)	-11.80 %
2007	49481	(1000 MT)	-11.46 %
2008	65131	(1000 MT)	31.63 %
2009	59540	(1000 MT)	-8.58 %
2010	58618	(1000 MT)	-1.55 %
2011	68316	(1000 MT)	16.54 %
2012	59142	(1000 MT)	-13.43 %
2013	64931	(1000 MT)	9.79 %
2014	75734	(1000 MT)	16.64 %
2015	58748	(1000 MT)	-22.43 %
2016	61909	(1000 MT)	5.38 %
2017	62021	(1000 MT)	0.18 %
2018	64351	(1000 MT)	3.76 %
2019	66735	(1000 MT)	3.70 %
2020	63975	(1000 MT)	-4.14 %
2021	66700	(1000 MT)	4.26 %

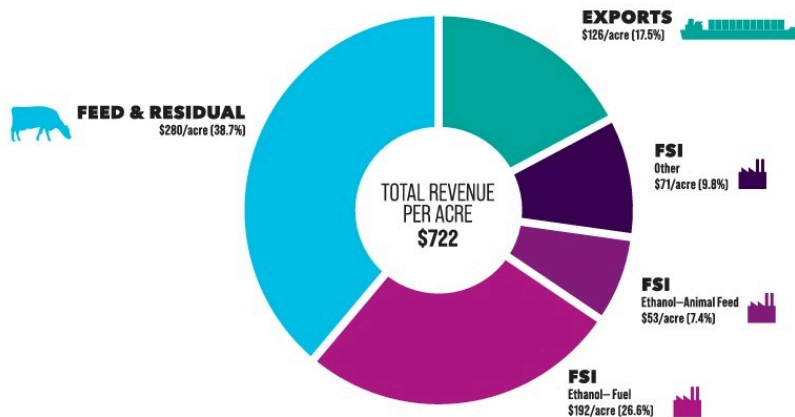


**Σχήμα 1.3: Ετήσια παραγωγή του καλαμποκιού στην Ευρωπαϊκή Ένωση κατά τα έτη 1999 - 2021**

(<https://www.indexmundi.com/agriculture/?country=eu&commodity=corn&graph=total-supply>).

Από την παγκόσμια συγκομιδή του καλαμποκιού, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προορίζεται για τροφή (38%), έπειτα η παραγωγή αιθανόλης ως καύσιμο (26,6%), οι εξαγωγές (17,6%), άλλες χρήσεις (9,8%) και τέλος η εκτροφή των ζώων (7,4%).

**U.S. CORN REVENUE PER ACRE BY SEGMENT  
2020 - 2021\***  
(\$/acre)



Source: USDA, ERS Feed Outlook, Jan. 15, 2021; ProExporter Network, Projected Crop Year Ending Aug. 31, 2021  
\*Assumes projected 2020 USDA Average Farm Price (\$4.20/bu) and Average Corn Yield (172 bu/a).

**Σχήμα 1.4: Κύριοι προορισμοί του καλαμποκιού (USDA, 2021).**

Το καλαμπόκι καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό του και δευτερευόντως για παραγωγή βιομάζας. Στην Ελλάδα, όπως και στις περισσότερες χώρες της νοτίου και κεντρικής Ευρώπης, αποτελεί τη βάση για τη διατροφή των ζώων. Από την συνολική παραγωγή της χώρας μας, το μεγαλύτερο μέρος χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και περίπου το 1/5 εξάγεται σε χώρες της ΕΕ. Η χλωρή βιομάζα χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων με άμεση κατανάλωση ή μετά από ενσίρωση. Ωστόσο, το καλαμπόκι για ενσίρωση καλύπτει ένα ασήμαντο ποσοστό της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης (Παπακώστα, 2008).

### 1.3. Απαιτήσεις σε νερό

Οι απαιτήσεις του αραβοσίτου σε νερό για μία ικανοποιητική παραγωγή κυμαίνονται από 440 έως 800 mm στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου. Επομένως, με την προϋπόθεση ότι το έδαφος είναι επαρκώς εφοδιασμένο με νερό πριν από την σπορά, χρειάζονται τουλάχιστον 375-400 mm βροχής κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Για να είναι πραγματικά ωφέλιμη η βροχόπτωση αυτή θα πρέπει να κατανέμεται κυρίως στην περίοδο που η καλλιέργεια έχει μέγιστη υδατοκατανάλωση, δηλαδή στην περίοδο που τα φυτά έχουν αναπτύξει τελείως το φύλλωμά τους. Για τα ελληνικά δεδομένα, η περίοδος Ιούλιος – Αύγουστος είναι η ξηρότερη του έτους και επομένως είναι κατά το διάστημα αυτό η εφαρμογή αρδεύσεων απαραίτητη για να διατηρηθεί η παραγωγή σε ανεκτά επίπεδα. Ακόμη όμως και σε υγρές περιοχές με βροχόπτωση πάνω από 600 mm στην καλλιεργητική περίοδο είναι δυνατό να χρειαστεί εφαρμογή συμπληρωματικής άρδευσης στην κρίσιμη εποχή, γιατί τότε οι απαιτήσεις σε νερό ξεπερνούν την εποχιακή βροχόπτωση. Γενικά, ο αραβόσιτος θεωρείται ως δημητριακό με την υψηλότερη παραγωγικότητα όταν αρδεύεται επαρκώς. Παρόλο αυτά ορισμένοι γενότυποι αραβοσίτου καλλιεργούνται ακόμη και σε περιοχές της Ρωσίας και του Μεξικού όπου η ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται μεταξύ 250 και 300 mm δηλαδή σε κλίματα ημιορημικά. Υπό τις συνθήκες αυτές όμως η παραγωγικότητα του φυτού είναι πολύ χαμηλή.

Ξηρασία και υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια 100% της παραγωγής. Μεγάλη έλλειψη νερού, μπορεί να μειώσει την παραγωγή κατά 20% με 30%. Σύμπτωμα της έλλειψης νερού, το οποίο μπορεί να παρουσιαστεί κατά τις θερμές ημέρες του καλοκαιριού, είναι η συστροφή των φύλλων. Η συχνότητα των αρδεύσεων εξαρτάται από την ικανότητα του εδάφους να κατακρατά το νερό, το ύψος και την κατανομή των βροχοπτώσεων και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού (συνήθως 5-6 ποτίσματα).

Μια γενική συνταγή είναι η εξής:

1. Μία πλήρης άρδευση πριν από τη σπορά, υπολογιζόμενη για όλο το βάθος του ριζοστρώματος (περίπου 150 cm)
2. 2η άρδευση μετά από 30-50 ημέρες με 60-70 mm
3. 3η άρδευση μετά από 15 ημέρες με 60-80 mm
4. 4η άρδευση μετά από 15 ημέρες με 100-110 mm
5. 5η άρδευση, για φυτά 65-70 ημερών με 80-100 mm

6. 6η άρδευση, για φυτά 80 ημερών (στάδιο γαλακτώδους κόκκου), με 80-100 mm επί 0,8.

Καθώς το κόστος άρδευσης είναι υψηλό, είναι απαραίτητη η μέριμνα για εξοικονόμηση και σωστή χρήση του νερού. Το φθινοπωρινό όργανο, όπως προαναφέρθηκε, βοηθά την είσοδο του νερού των βροχοπτώσεων στο έδαφος, ενώ την άνοιξη οι περιορισμένες καλλιεργητικές εργασίες προετοιμασίας του εδάφους μειώνουν τις απώλειες νερού από το έδαφος λόγω εξάτμισης. Υψίστης σημασίας είναι και η έγκαιρη καταπολέμηση των ζιζανίων, η σπορά των φυτών με βάση μια συνιστώμενη πυκνότητα και η επάρκεια των θρεπτικών συστατικών (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2013).

Ο αραβόσιτος δεν απορροφά το νερό ομοιογενώς σε όλο το βάθος των ριζών του. Γενικά, περισσότερο νερό απορροφάται από τα μικρότερα βάθη. Όταν του παρέχεται επιφανειακό νερό, συνήθως ισχύει ο κανόνας 4-3-2-1: 40% του νερού λαμβάνεται από το ανώτερο τέταρτο του ριζικού συστήματος, 30% από το δεύτερο τέταρτο κ.ο.κ. Το νερό που παρέχεται δια της υπόγειας άρδευσης έχει ως αποτέλεσμα την αποβολή περισσότερου νερού στο βάθος όπου τοποθετούνται οι αρδευτικές γραμμές (Kranz et al., 2008).

Πιο συγκεκριμένα, οι Kranz et al. (2008) αναφέρουν ότι το φυτό έχει ιδιαίτερες ανάγκες σε άρδευση στην άνθηση και στη δημιουργία του σπάδικα. Μάλιστα, στα δυο κρίσιμα αυτά στάδια η υγρασία του εδάφους πρέπει να διατηρείται άνω του 50%. Σε ορισμένες περιπτώσεις προτείνεται εξοικονόμηση νερού σε μεγαλύτερο βαθμό από το στάδιο του γάλακτος ως την ωρίμανση, έπειτα σε μικρότερο βαθμό από την επιμήκυνση του στελέχους ως την εμφάνιση του άνθους και καθόλου εξοικονόμηση από την εμφάνιση του άνθους ως το στάδιο του γαλακτώματος. Ακόμη, ίσως να επιδιώκεται εφαρμογή μεταβλητών δόσεων άρδευσης ανάλογα με τις ανάγκες του φυτού ανά περίοδο σε σχέση με σταθερό πρόγραμμα άρδευσης καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας, καθώς στην περίπτωση αυτή παρατηρούνται μικρότερες απώλειες λόγω έκπλυσης του αζώτου (Sexton et al., 1996). Ακόμα, οι ανάγκες σε άρδευση εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από την φυτοκάλυψη που παρουσιάζεται στην καλλιέργεια, καθώς σε μεγάλη πυκνότητα φυτών προκύπτει μεγάλη φυλλική επιφάνεια, άρα μεγάλος αριθμός εξατμισοδιαπνοής και συνεπώς αρκετές ανάγκες για άρδευση (Shaw, 1988).

#### 1.4. Καλλιεργητικές τεχνικές

Τα απλά υβρίδια αραβόσιτου απαιτούν ευνοϊκό περιβάλλον ανάπτυξης για να εξασφαλιστεί το μέγιστο παραγωγικό δυναμικό τους. Το ευνοϊκό περιβάλλον επιτυγχάνεται με την κατάλληλη καλλιεργητική τεχνική, με έμφαση στις εξής διαδικασίες (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και τροφίμων, 2013):

- 1) Κατάλληλη προετοιμασία του χωραφιού, που συνηθέστερα εξασφαλίζεται με βαθύ φθινοπωρινό όργωμα για να απομακρυνθούν βαθιά στο έδαφος τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας, να αποθηκευτεί καλύτερα το νερό των χειμερινών βροχών με ελάττωση της επιφανειακής του απορροής, αποκοπή των ζιζανίων που ενδεχομένως έχουν αναπτυχθεί κατά τη χειμερινή περίοδο και επιφανειακή κατεργασία του εδάφους («δισκοσβάρνισμα») πριν από τη σπορά.
- 2) Καταπολέμηση των εντόμων του εδάφους, που προξενούν σοβαρά προβλήματα με την καταστροφή του σπόρου ή των νεαρών φυταρίων και τη σημαντική μείωση του πληθυσμού των φυτών. Η καταπολέμησή τους μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός εντομοκτόνου εδάφους κατά τη σπορά.
- 3) Πρώιμη σπορά, εφόσον η θερμοκρασία του εδάφους σε βάθος 5-6 cm είναι μεγαλύτερη από 10°C. Με την πρώιμη σπορά αξιοποιείται η αποθηκευμένη υγρασία του χειμώνα, τα φυτά αναπτύσσονται χαμηλότερα και με χονδρότερο στέλεχος, αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού κατά την ανθοφορία, όποτε η γονιμοποίηση γίνεται υπό ευνοϊκότερες συνθήκες, και η συγκομιδή λαμβάνει χώρα νωρίτερα, με χαμηλή υγρασία στο σπόρο. Στην Ελλάδα, όταν πρόκειται για κανονική καλλιέργεια, η σπορά πραγματοποιείται από τις αρχές μέχρι τέλος Απριλίου, ανάλογα τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής και για επίσπορη και βιολογική τέλος Ιουνίου έως αρχές Ιουλίου.
- 4) Κατάλληλη πυκνότητα σποράς, η οποία για τα υβρίδια μεγάλου βιολογικού κύκλου κατηγορίας πάνω από 700 FAO (ημέρες φυσιολογικής ωρίμανσης) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 7.000-7.500 φυτά/στρέμμα και για τα υβρίδια κατηγορίας κάτω από 600 FAO μεταξύ 8.000-8.500 φυτά/στρέμμα. Μεγαλύτερες πυκνότητες από τις προτεινόμενες, αν και συνήθως δεν παρουσιάζουν χαμηλότερη απόδοση, έχουν ως συνέπεια ορισμένες δυσμενείς επιπτώσεις, μερικές από τις οποίες είναι η ευαισθησία στο

πλάγιασμα του στελέχους, καθώς τα φυτά γίνονται ψηλότερα και με λεπτότερο στέλεχος, με τον κύριο σπάδικα σε μεγάλο ύψος, η στειρότητα πολλών φυτών, η καθυστέρηση της ανθοφορίας των θηλυκών ταξιανθιών σε σχέση με τις αρσενικές (άρα κακή γονιμοποίηση), αυξημένες απαιτήσεις της καλλιέργειας σε θρεπτικά συστατικά και νερό και, τέλος, παραγωγή σπόρου με χαμηλότερη περιεκτικότητα πρωτεΐνης (κακή ποιότητα σπόρου).

- 5) Ορθολογική λίπανση, από την οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η τελική διαμόρφωση της παραγωγής του αραβόσιτου.

## 1.5. Λίπανση

Η λίπανση στην καλλιέργεια αραβόσιτου πρέπει να στοχεύει:

- Στη συμπλήρωση της θρεπτικής τροφοδοσίας του ίδιου του εδάφους, με γνώμονα την εδαφοανάλυση και την καλλιεργητική ιστορία του χωραφιού (προηγούμενες καλλιέργειες και λιπάνσεις). Η στρατηγική αυτή αφορά τα δυσκίνητα θρεπτικά συστατικά, όπως ο φωσφόρος και τα λιγότερο ευκίνητα όπως το κάλιο και το μαγνήσιο.
- Για το άζωτο στην αναπλήρωση σχεδόν του συνόλου των απομακρυνόμενων ποσοτήτων επί δύο, δηλαδή αν ληφθεί υπ' όψιν ο συντελεστής αξιοποίησης. Εξαιρέσεις αποτελούν οι περιοχές με νιτρορρύπανση των υδατικών πόρων. Επίσης, τα οργανικά εδάφη καθώς και οι αγροί που έχουν δεχθεί οργανική λίπανση (π.χ. ζωική κόπρο άνω των 1.000 kg/στρέμμα), όπου σημαντικό μέρος των αναγκών καλύπτεται από την ανοργανοποίηση της οργανικής ύλης.
- Στην επιλογή μορφών και μεθόδων προσθήκης των λιπασμάτων που αυξάνουν το συντελεστή αξιοποίησης του λιπάσματος, ζήτημα πολύ σημαντικό ιδιαίτερα για το άζωτο.

Γενικά, λόγω της μεγάλης ποσότητας βιομάζας που παράγει, μια καλλιέργεια αραβόσιτου απορροφά μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων, ιδιαίτερα δε αζώτου. Συνήθως, στην Ελλάδα μόνον αυτό το θρεπτικό στοιχείο απαιτείται, επειδή τα εδάφη της χώρας είναι πλούσια σε φωσφόρο και κάλιο. Ωστόσο, θα πρέπει να γίνεται ανάλυση του εδάφους κάθε τέσσερα χρόνια, με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό των αναγκών σε θρεπτικά συστατικά. Ειδικότερα, ανά θρεπτικό στοιχείο και για



παραγωγή 1.000-1.200 kg καρπού/στρέμμα παρέχονται οι ακόλουθες συστάσεις λίπανσης:

**Άζωτο (N):** Είναι το σπουδαιότερο θρεπτικό στοιχείο. Ο αραβόσιτος έχει τις μεγαλύτερες ανάγκες σε άζωτο από όλα τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, εκτός των ψυχανθών. Το άζωτο αυξάνει το βλαστικό μέρος των φυτών, πλην όμως η αύξηση του καρπού είναι κατά κανόνα αναλογικώς μεγαλύτερη (αύξηση του συντελεστή ωφέλιμης παραγωγής) εκείνης των βλαστικών μερών, σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στο σιτάρι, το κριθάρι και αλλού, όπου το άζωτο αυξάνει τη σχέση αχύρου-καρπού. Απαιτείται συνολική λίπανση 24 – 28 kg/στρέμμα, 50% βασικά και 50% επιφανειακά σε 2-3 ίσες δόσεις μέχρι την εμφάνιση των ταξιανθιών. Βασικό άζωτο σε αμιδική (ουρεϊκή) ή αμμωνιακή μορφή. Επιφανειακό άζωτο σε νιτρική αμμωνία, είτε σε στερεά μορφή, είτε με υδρολίπανση. Στην τελευταία περίπτωση ο αριθμός των δόσεων αυξάνεται (4-5) με αναλογική μείωση των ποσοτήτων.

**Φωσφόρος ( $P_2O_5$ ):** Το μεγαλύτερο μέρος (84%) της συνολικά μικρής απορροφώμενης ποσότητας (3-3,5 kg/1.000 kg καρπού) απομακρύνεται από το χωράφι μέσω του καρπού, όπως και στην περίπτωση του αζώτου. Η συσσώρευση του φωσφόρου, όπως και του αζώτου καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών έχει δύο αιχμές (εμφάνιση φόβης έως μετάξωμα και αρχή γεμίσματος των κόκκων). Απαιτούνται 4 - 10 kg/στρέμμα, βασικά σε μορφή φωσφορικής αμμωνίας ή τριπλού NPK λιπάσματος. Η λίπανση με φωσφόρο διακόπτεται όταν η εδαφοανάλυση δείξει άνω των 20 ppm P ή περιορίζεται στα 4 kg/στρ. όταν η εδαφοανάλυση δείξει P > 15 ppm.

**Κάλιο ( $K_2O$ ):** 6-12 kg/στρέμμα βασικά σε μορφή γλωριούχου καλίου (MOP). Δεν υπάρχει επιχειρηματολογία υπέρ της χρησιμοποίησής του (κατά πολύ ακριβότερου) θεικού καλίου στον αραβόσιτο. Η καλιούχος λίπανση είναι περιττή σε αργιλώδη εδάφη με ανταλλάξιμο κάλιο > 250 ppm.

**Μαγνήσιο ( $MgO$ ):** 4-6 kg/στρέμμα, μόνον σε χοδρόκοκκα, εκπλυμένα και όξινα εδάφη.

Μορφές και μέθοδοι προσθήκης βασικών λιπασμάτων: Για τη βασική λίπανση του αραβοσίτου χρησιμοποιούνται, ανάλογα και με τα αποτελέσματα της εδαφοανάλυσης, κατά κανόνα διάφοροι τύποι NP ή NPK λιπασμάτων. Σε ειδικές περιπτώσεις, π.χ. με ισχυρή νιτρορρύπανση, χρησιμοποιούνται ως βασικά λιπάσματα τύποι PK (φωσφοροκαλιούχα) με προσθήκη του αζώτου μόνο επιφανειακά σε στερεά μορφή ή με υδρολίπανση σε πολλές μικρές δόσεις. Το ερώτημα που τίθεται συχνά είναι αν η βασική λίπανση πρέπει να γίνεται με γενική ενσωμάτωση του λιπάσματος ή με γραμμική (εντοπισμένη) εφαρμογή. Και τούτο γιατί ορισμένοι υποστηρίζουν ότι με την εντοπισμένη εφαρμογή γίνεται εξοικονόμηση, δηλ. καλύτερη αξιοποίηση του βασικού λιπάσματος. Η ορθή απάντηση βρίσκεται κάπου ενδιάμεσα. Είναι γεγονός ότι η εντοπισμένη προσθήκη φωσφορικής αμμωνίας κοντά (αλλά όχι σε επαφή) με τη ρίζα, πιθανό να δώσει ώθηση στην πρώτη ανάπτυξη των φυτών λόγω συνεργισμού μεταξύ ορθοφωσφορικών και αμμωνιακών ιόντων. Ωστόσο, η ενδεικνυόμενη δόση γραμμικού λιπάσματος είναι πολύ μικρή (π.χ. 10-15 kg/στρέμμα) και σε καμία περίπτωση δεν καλύπτει τις συνολικές απαιτήσεις της καλλιέργειας. Ο αραβόσιτος, όπως προαναφέρεται, διαθέτει θυσσανώδες ριζικό σύστημα και «εξερευνά» σχετικά μεγάλο μέρος της εδαφικής μάζας. Εξάλλου, με τη λίπανση πρέπει να επιδιώκεται η διαχείριση της εδαφικής γονιμότητας συνολικά και όχι μόνο ενός μικρού τμήματος του καλλιεργούμενου εδάφους. Κατά συνέπεια, το μεγαλύτερο μέρος (ή το σύνολο) του βασικού λιπάσματος πρέπει να διασπείρεται και να ενσωματώνεται σε όλη τη μάζα του εδάφους, σε βάθος 6-10 cm.

**Ασβέστιο (Ca), Θείο (S)** και μετάπλαση όξινων εδαφών: Δεν προκύπτουν αυτοτελείς ανάγκες λίπανσης του αραβοσίτου με τα θρεπτικά αυτά στοιχεία. Ειδικότερα, οι ανάγκες του θείου (S) υπερκαλύπτονται κατά κανόνα λόγω περιεκτικότητας στο στοιχείο αυτό των βασικών λιπασμάτων και της θειικής αμμωνίας. Σε ότι αφορά στο ασβέστιο, μία εσφαλμένη αντίληψη που παρασύρει πολλούς καλλιεργητές είναι ότι στα όξινα εδάφη η τροφοπενία ασβεστίου «προλαμβάνεται» με τη χρήση ασβεστούχων λιπασμάτων, όπως η ασβεστούχος νιτρική αμμωνία. Η άποψη αυτή είναι πέρα για πέρα λανθασμένη. Πρώτο γιατί ακόμη και στα όξινα εδάφη οι ποσότητες ανταλλάξιμου ασβεστίου είναι κατά κανόνα επαρκείς για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας. Δεύτερο, γιατί όπου υπάρχει πρόβλημα αυξημένης οξύτητας του εδάφους αυτό δεν αντιμετωπίζεται με τη λίπανση, αλλά με την

ασβεστούχο μετάπλαση, η οποία απαιτεί ποσότητα ασβεστούχου υλικού (ανθρακικού ή οξειδίου ασβεστίου) τουλάχιστο 500 kg/στρέμμα, δηλ. πολλαπλάσια από εκείνη που μπορεί να διατεθεί με λιπάσματα. Βέβαια, από το άλλο μέρος είναι γεγονός ότι σε όξινα εδάφη η χρήση φυσιολογικά όξινων λιπασμάτων, όπως η θειική αμμωνία, πρέπει να αποφεύγεται διότι οδηγεί στην ταχύτερη παραπέρα οξίνιση του εδάφους.

**Μικροθρεπτικά στοιχεία (ιχνοστοιχεία):** Σε ασβεστούχα εδάφη αναφέρονται αρκετές περιπτώσεις τροφοπενίας βαρέων μετάλλων, ήτοι ψευδαργύρου, σιδήρου και μαγγανίου, με κατά πολύ συχνότερη την τροφοπενία ψευδαργύρου, η οποία αποτελεί καλλιεργητικό πρόβλημα του αραβοσίτου σε πολλές περιοχές της χώρας. Η τροφοπενία αυτή αντιμετωπίζεται, είτε με χρήση βασικών λιπασμάτων κατάλληλα εμπλουτισμένων με ψευδάργυρο, είτε με ψεκασμούς (θεικού Zn ή οργανομεταλλικού Zn - ZnDTPA, ZnEDTA) κατά την εποχή εκδήλωσης της τροφοπενίας. Και οι δύο μέθοδοι εάν εφαρμοσθούν σωστά είναι αποτελεσματικές, η δε επιλογή εξαρτάται από το κόστος, λαμβανομένου υπόψη ότι η ενσωμάτωση αρκετού ψευδαργύρου στο βασικό λίπασμα (π.χ. 1.5% ZnO) αυξάνει κατά πολύ το κόστος του λιπάσματος (Αναλογίδης, 2007).

### **1.5.1. Χλωρή Λίπανση**

Με τον όρο χλωρή λίπανση εννοείται η ενσωμάτωση στο έδαφος της φυτικής μάζας που παράγεται στο διάστημα μεταξύ δύο καλλιεργειών. Αυτή επιδρά σε όλα τα εδάφη προωθητικά στη γονιμότητα τους, διότι:

- Καλύπτει το έδαφος στο διάστημα στο οποίο δεν καλλιεργούνται φυτά, δηλαδή το προστατεύει, προωθεί το σχηματισμό της δομής και περιορίζει τη διάβρωση.
- Προμηθεύει το έδαφος με σημαντικές ποσότητες εύκολα διασπώμενων οργανικών ουσιών και έτσι συμβάλλει στο σχηματισμό του χούμου και στη δραστηριοποίηση των ζώντων οργανισμών, γεγονός που επιδρά θετικά στον ιστό του εδάφους και στο μεταβολισμό των θρεπτικών στοιχείων.

Φυτά χλωρής λίπανσης καλλιεργούνται είτε κάτω από μια κύρια καλλιέργεια, όπως συμβαίνει στο πείραμα της συγκεκριμένης εργασίας, είτε ως επίσπορες (πάνω στις καλαμιές) και ενσωματώνονται το φθινόπωρο ή την άνοιξη στο έδαφος. Σε ορισμένες χώρες, η χλωρή λίπανση έχει ως σκοπό την παραγωγή σανού για τα ζώα και γι' αυτό το λόγο διατηρείται ολόκληρο το χειμώνα.

Σε εκμεταλλεύσεις με κύρια αποστολή την σιτοκαλλιέργεια, η χλωρή λίπανση θεωρείται αναγκαία, διότι έτσι επιτυγχάνεται μια εναλλαγή στο ίδιο έτος. Η καλλιέργεια της χλωρής λίπανσης ως ενδιάμεση μορφή απαιτεί εδαφική υγρασία και καθίσταται αδύνατη όταν δεν υπάρχει (Δόρδας, 2018).

#### **1.5.1.1. Επιδράσεις της χλωράς λίπανσης στη φυτική παραγωγή**

Βασικοί σκοποί της χλωρής λίπανσης είναι (Δόρδας, 2018):

- 1) Η αύξηση του αζώτου.
- 2) Η συσσώρευση του χούμου.
- 3) Η μείωση της έκλυσης των θρεπτικών στοιχείων.
- 4) Η αξιοποίηση του νερού (βροχής) φυτικής ουσίας.
- 5) Η μείωση του κινδύνου του εδάφους από την διάβρωση.
- 6) Η κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους.
- 7) Η βελτίωση των συνθηκών συσσωμάτωσης.
- 8) Η χαλάρωση του εδάφους, κυρίως, του υπεδάφους.
- 9) Η καταπολέμηση των ζιζανίων.
- 10) Η καταπολέμηση των νηματωδών.

11) Υψηλότερη παραγωγή της αμειψισποράς, λόγω οικονομίας αζώτου και μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας των μέσων παραγωγής.

#### **1.5.1.2. Αρνητικές συνέπειες της χλωρής λίπανσης**

- 1) Απώλεια χούμου εξαιτίας της εντατικής κατεργασίας του εδάφους κατά το καλοκαίρι.
- 2) Μεγάλη κατανάλωση νερού λόγω υψηλών θερμοκρασιών, κυρίως, όταν δεν γίνει η σωστή επιλογή του φυτικού είδους.
- 3) Αύξηση ορισμένων παρασίτων όταν το φυτό δεν είναι το κατάλληλο για τις εδαφοκλιματικές συνθήκες και δεν ανήκει σε άλλη οικογένεια απ' αυτή του φυτού που προηγήθηκε.
- 4) Μείωση της παραγωγής της επόμενης καλλιέργειας εξαιτίας της μεγάλης φυτικής μάζας και της μη σωστής ενσωμάτωσης της στο έδαφος.

Για να ελαχιστοποιηθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις της χλωρής λίπανσης στις επόμενες καλλιέργειες, πρέπει να γνωρίζουμε τα ακόλουθα :

- Αν τα φυτά της χλωρής λίπανσης ανήκουν στα ψυχανθή ή όχι, και αν πραγματοποιήθηκε N-ουχα λίπανση. Σε υγρές περιοχές, τα φυτικά υλικά ενδιάμεσων καλλιεργειών αποσυντίθενται γρήγορα όχι όμως και σε ξηρές περιοχές.
- Η εφαρμογή ψυχανθών ως χλωρή λίπανση προϋποθέτει τη διατήρησή τους για τόσο χρονικό διάστημα, ώστε οι ποσότητες αζώτου που θα δεσμευτούν αναλογικά να καλύπτουν τα έξοδα της καλλιέργειας (κατεργασία+σπόρος).
- Από τις ενδιάμεσες χλωρές λιπάνσεις με τριφύλλια επιτυγχάνεται εμπλουτισμός του εδάφους με χούμο και άζωτο, καθώς επίσης και βελτίωση της δομής του εδάφους και χαλάρωση του υπεδάφους. Αντίθετα, αύξηση της αγριάδας στο σύστημα αυτό φαίνεται ως πιθανή (Δόρδας, 2018).

#### **1.5.2. Φυτά χλωρής λίπανσης**

Φυτικά είδη που ενδείκνυνται για καλλιέργεια κάτω από ένα κύριο φυτικό είδος είναι τα τριφύλλια (λευκό, κίτρινο), η σεραδέλα και διάφορα λειμώνια είδη. Ως επίσπορα μετά από την συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας, κατάλληλα φυτά είναι αυτά που ανήκουν στα σταυρανθή (κράμβες, σινάπια κ.τ.λ). Επίσης, δύνανται μετά τη συγκομιδή των κύριων καλλιεργειών να καλλιεργηθούν και φυτά της οικογένειας των ψυχανθών τα οποία μέσω των φυματίων οδηγούν σε κάποιο κέρδος σε άζωτο ώστε να καλύπτεται το κόστος τους που συνεπάγεται η προετοιμασία του χωραφιού και ο σπόρος.

Από άποψη καταλληλότητας των φυτών ως φυτά χλωρής λίπανσης αυτά ταξινομούνται σε καλλιεργούμενα και μη φυτικά είδη και σε ψυχανθή και μη. Η ύλη των φυτών της χλωρής λίπανσης εμφανίζει χαμηλό λόγο C/N, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 10-15:1. Έτσι, όταν τα φυτά θερισθούν εγκαίρως και ενσωματωθούν με προσοχή στο έδαφος, αποσυντίθεται σχετικά γρήγορα και συμβάλλουν στην αύξηση του χούμου, των βιολογικών δραστηριοτήτων και στη βελτίωση της δομής του εδάφους. Οι θετικές επιδράσεις που προαναφέρθηκαν δεν περιορίζονται μόνο στα επιφανειακά, αλλά επεκτείνονται και στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Από την βιολογική κινητοποιούνται θρεπτικά στοιχεία από τις παρακαταθήκες του εδάφους (ανόργανη και οργανική φάση) και από τα οργανικά υλικά της χλωρής λίπανσης τα οποία εκμεταλλεύονται οι καλλιέργειες που ακολουθούν μετά την χλωρά λίπανση (Δόρδας, 2018). Παρακάτω γίνεται αναφορά στην καλλιέργεια του βίκου, λόγω της χρήσης του στο πείραμα.

### **Ψυχανθή (Βίκος)**

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν τα ψυχανθή που θα χρησιμοποιηθούν για χλωρή λίπανση είναι (Δόρδας, 2018):

- 1) Εύκολη εγκατάσταση.
- 2) Ταχύς ρυθμός ανάπτυξης και μάλιστα για τις ελληνικές συνθήκες να έχουν την ικανότητα να αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες.
- 3) Να παράγουν ικανοποιητική ποσότητα ξηράς ουσίας η οποία θα ενσωματωθεί στο έδαφος.
- 4) Να είναι ανθεκτικό σε εχθρούς και ασθένειες και να μην είναι ξενιστές εχθρών και ασθενειών της κύριας καλλιέργειας που θα ακολουθήσει.
- 5) Να είναι οικονομικά βιώσιμη.

Ο κύριος λόγος που χρησιμοποιούνται ως φυτά χλωρής λίπανσης είναι η ικανότητά τους να προσθέτουν άζωτο στο έδαφος μέσω της αζωτοδέσμευσης. Επίσης, τα ψυχανθή αποσυντίθεται ευκολότερα στο έδαφος μετά την ενσωμάτωσή τους σε σύγκριση με τα αγρωστώδη, γιατί η σχέση C:N κατά μέσο όρο είναι μικρότερη από 20:1.

Στο πείραμα της παρούσας εργασίας, ως φυτό χλωρής λίπανσης χρησιμοποιήθηκε ο βίκος που ανήκει στην οικογένεια Fabaceae (συνώνυμα Leguminosae ή Papilionaceae). Επίσης, για τις ιδιαίτερες εδαφοκλιματικές συνθήκες της χώρας μας θεωρείται το καταλληλότερο φυτό χλωράς λίπανσης. Στις πιο ορεινές περιοχές καταλληλότερο θεωρείται το μπιζέλι γιατί αντέχει περισσότερο στο κρύο.

Ο βίκος καλλιεργείται κυρίως ως φυτό χλωράς λίπανσης και ως χορτοδοτικό και πολύ λιγότερο για την παραγωγή καρπού, σε περιοχές με εύκρατο κλίμα. Στην Ελλάδα είναι το πιο διαδεδομένο χειμερινό ψυχανθές, γιατί προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα διάφορα οικολογικά περιβάλλοντα. Το είδος που καλλιεργείται αποκλειστικά είναι το *Vicia sativa* (κοινός βίκος) για την παραγωγή καρπού και σανού. Η χρησιμοποίησή του για ενσίρωση ή βόσκηση είναι περιορισμένη. Θεωρείται από τα πιο κατάλληλα φυτά χλωράς λίπανσης και αμειψισποράς με τις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών.

Ο κοινός βίκος είναι φυτό ποώδες, ετήσιο με ανάπτυξη έρπουσα ή αναρριχώμενη. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από μια λεπτή πασσαλώδη ρίζα, η οποία φέρει πολυάριθμες διακλαδώσεις. Η ύπαρξη άφθονων φυματίων δηλώνει την παρουσία κατάλληλων ενδογενών ριζοβίων στα εδάφη της Ελλάδας. Είναι φυτό των δροσερών κλιμάτων και έχει μειωμένη αντίσταση στο ψύχος. Οι απαιτήσεις του σε υγρασία είναι μεγάλες. Οι περιοχές που καλλιεργείται πρέπει να έχουν ετήσιο ύψος βροχής τουλάχιστον 400 mm. Προτιμά τα καλά στραγγιζόμενα, μέσης σύστασης εδάφη, μέτριας γονιμότητας με pH 6,0-7,0.

Η εποχή ενσωμάτωσης εξαρτάται από την προωμότητα ανάπτυξης της χορτομάζας και κυρίως από την ημερομηνία σποράς της καλλιέργειας που θα ακολουθήσει. Εάν η ενσωμάτωση γίνει νωρίς την άνοιξη, όταν η ποσότητα της χορτομάζας είναι μικρή, η λιπαντική αξία είναι περιορισμένη. Εάν γίνει σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης, τότε αφ' ενός η μεγάλη ποσότητα χορτομάζας είναι δύσκολο να αναστραφεί και να ενσωματωθεί στο έδαφος, οπότε δυσκολεύεται η σπορά της επόμενης καλλιέργειας και αφ' ετέρου δεν γίνεται εύκολα η αποσύνθεσή της, λόγω σκληροποίησης των στελεχών. Επίσης, με την καθυστέρηση της ενσωμάτωσης εξαντλείται και η υγρασία του εδάφους. Γενικά, συνίσταται η ενσωμάτωση του βίκου να γίνεται κατ' ελάχιστον 2-3 εβδομάδες πριν από την σπορά της επόμενης καλλιέργειας, ώστε να δοθεί χρόνος για την μερική αποσύνθεσή του (Δόρδας, 2018).



### **1.5.3 Κοπριά**

Όταν υπάρχει διαθέσιμη κοπριά για τη λίπανση του αραβόσιτου, προστίθεται σε ποσότητα 2 έως 3 τόνων ανά στρέμμα. Σε αγρούς που λιπάνθηκαν με 2 τόνους κοπριάς κατά στρέμμα, η απόδοση ήταν μεγαλύτερη κατά 40% έναντι των μη λιπανθέντων. Η κοπριά έχει καλύτερα αποτελέσματα σε υγρά εδάφη τα οποία αφ' ενός υποβοηθούν την αποσύνθεσή της, αφ' ετέρου λόγω της επαρκούς υγρασίας έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν τα μεγαλύτερα φυτά που είναι το αποτέλεσμα λιπάνσεως με κοπριά.

Η διασκόρπιση και ενσωμάτωσή της στο έδαφος μπορεί να γίνει το φθινόπωρο ή την άνοιξη προ της σποράς. Σε εδάφη αμμώδη προτιμάται η διασκόρπισή της κατά την άνοιξη για να αποφευχθούν οι απώλειές της κατά την διάρκεια του χειμώνα (Δόρδας, 2018).

### **1.5.4 Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Λίπανσης**

Η ολοκληρωμένη διαχείριση της λίπανσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ποσότητα του λιπάσματος, το είδος του λιπάσματος που θα πρέπει να εφαρμόζεται, τον χρόνο εφαρμογής και τον τρόπο εφαρμογής του. Βασικό ρόλο έχουν οι παράγοντες που επηρεάζουν την λίπανση και είναι:

1. η γονιμότητα του εδάφους,
2. ο τύπος του εδάφους,
3. η αναμενόμενη απόδοση,
4. οι κλιματολογικές συνθήκες,
5. οι συνθήκες καλλιέργειας (εποχή σποράς, πυκνότητα σποράς, άρδευση, εποχή συγκομιδής κ.λπ.),
6. το μέγεθος της βλαστικής περιόδου,
7. ο γενότυπος του φυτού (είδος και ποικιλία),
8. το είδος της προηγούμενης καλλιέργειας,
9. η διαχείριση των υπολειμμάτων και
10. η λίπανση της προηγούμενης καλλιέργειας.

Στην ολοκληρωμένη παραγωγή γεωργικών προϊόντων, η ορθολογική χρήση των λιπασμάτων θα πρέπει να γίνεται με βάση τις απαιτήσεις των καλλιεργειών. Γίνεται συνεκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη λίπανση και μετά από συνεργασία

με γεωπόνους συντάσσεται ένα πρόγραμμα λίπανσης για ένα συγκεκριμένο αγρό και για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια. Το πρόγραμμα λίπανσης, στηρίζεται σε δεδομένα αναλύσεως του εδάφους, σε παράγοντες που αναφέρθηκαν προηγουμένως, καθώς επίσης και σε πολυετή δεδομένα από πειράματα λίπανσης. Γίνεται δηλαδή μια πλήρης προσαρμογή του προγράμματος λίπανσης στις τοπικές συνθήκες εδάφους, του κλίματος και των καλλιεργούμενων φυτών και δεν μπορούν να δοθούν συνιστώμενες δόσεις, όπως στην περίπτωση της συμβατικής γεωργίας. Θα πρέπει επίσης να εφαρμόζεται αμειψισπορά με ψυχανθή που μπορεί να εμπλουτίσει το έδαφος με N και επίσης να εφαρμόζεται χλωρή λίπανση όπου είναι δυνατό (Cherr et al., 2006; Baligar et al., 2001; Fageria et al., 2008).

#### **1.5.5. Αποτελεσματικότητα χρήσης των θρεπτικών στοιχείων**

Παράλληλα με την ολοκληρωμένη διαχείριση της λίπανσης θα πρέπει να δοθεί έμφαση στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των λιπασμάτων και των θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του αζώτου που είναι το πιο σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τον αραβόσιτο. Η αποτελεσματικότητα μπορεί να μετρηθεί με διαφορετικούς δείκτες, όπως με το δείκτη αποτελεσματικότητας χρήσης του αζώτου (AXN) (Nitrogen Use Efficiency, NUE) που είναι η μέγιστη οικονομική απόδοση προς την μονάδα του αζώτου που εφαρμόστηκε. Επίσης, χρησιμοποιείται η φυσιολογική αποτελεσματικότητα (Physiological Efficiency, PE) που είναι η βιολογική απόδοση για κάθε μονάδα N που προσλήφθηκε από την καλλιέργεια. Τέλος, η αγροκομική αποτελεσματικότητα (Agronomic Efficiency, AE) που είναι η οικονομική παραγωγή για κάθε μονάδα του N που εφαρμόστηκε. Η αποτελεσματικότητα λίπανσης μπορεί να οριστεί ως η παραγόμενη ποσότητα προϊόντων ανά μονάδα χορηγούμενου λιπάσματος. Ένα πρόγραμμα λίπανσης θεωρείται αποτελεσματικό, όταν εξασφαλίζει το μέγιστο της απόδοσης με την ελάχιστη λίπανση (Fageria et al., 2008).

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης των θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του N δεν έχει μελετηθεί στην Ελλάδα επαρκώς και θα πρέπει να μελετηθεί περισσότερο σε επίπεδο αγρού ή οικοσυστήματος. Μια τέτοια διαδικασία είναι αναγκαία γιατί το κόστος των εισροών έχει αυξηθεί σημαντικά λόγω της αύξησης στις τιμές των καυσίμων που μεταφέρουν το κόστος στα λιπάσματα και στα αγροτικά προϊόντα. Επίσης, έχουν αυξηθεί και οι πιέσεις για τη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών συνεπειών των λιπασμάτων τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και σε εθνικό για να βελτιωθεί η ποιότητα του νερού και του αέρα (Δόρδας, 2018.).

Βασικό ρόλο στην αύξηση της αποτελεσματικότητας του N παίζει και η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την AXN, όπως:

- το έδαφος, αφού επηρεάζει τις απώλειες του N μέσω έκπλυσης, ακινητοποίησης, απονιτροποίησης κ.ά.,
- οι κλιματολογικές συνθήκες, αφού επηρεάζουν την απόδοση, αλλά και την αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων,
- το φυτό, αφού επηρεάζει την απορρόφηση, τη μεταφορά, την αφομοίωση και την ανακατανομή του N και
- τα χαρακτηριστικά των φυτών (συγκέντρωση N, μέγεθος και αριθμός των αναπαραγωγικών οργάνων)

Βασικός στόχος της γεωργίας θα πρέπει να είναι η χρησιμοποίηση των θρεπτικών στοιχείων για να είναι αποτελεσματική και αποδοτική έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση και ποιότητα, το μέγιστο κέρδος και η διατήρηση της ποιότητας των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται (έδαφος, νερό και ατμόσφαιρα). Επίσης, βασικός στόχος της γεωργίας πρέπει να είναι η ολοκληρωμένη αποτελεσματικότητα χρήσης των θρεπτικών στοιχείων που συνδυάζει την υψηλή απόδοση και υψηλή αποτελεσματικότητα.

Η πραγματική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του λιπάσματος είναι σημαντική για να μπορούμε να προσδιορίσουμε τις μέγιστες δυνατότητες στην αύξηση της αποτελεσματικότητας με τη βελτίωση της διαχείρισης των καλλιεργειών, αλλά και του εδάφους. Θα πρέπει να προσδιοριστεί το μέγιστο των απωλειών του N για τις σημαντικότερες καλλιέργειες.

Η πραγματική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του N είναι σημαντική σε συνθήκες αγρού. Τα διαθέσιμα στοιχεία για τις πραγματικές τιμές της αποτελεσματικότητας του N δείχνουν ότι είναι μικρότερες από το 40%, το οποίο είναι

πολύ χαμηλότερο από τις εκτιμήσεις του 55% που προκύπτουν από μικρά πειραματικά τεμάχια που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του N. Αυτό σημαίνει ότι περίπου το  $10 \times 10^6$  tn N δεν λαμβάνονται υπόψη και χρησιμοποιούνται εξωπραγματικά δεδομένα που διογκώνουν τις τιμές της AXN. Δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για τις πραγματικές απώλειες του N από το έδαφος σε επίπεδο καλλιέργειας, αλλά και σε μεγάλες εκτάσεις.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης του N για τα περισσότερα σιτηρά είναι 33% που σημαίνει ότι το υπόλοιπο 67% αντιπροσωπεύει μια ετήσια απώλεια 15,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων που αξίζει το N λίπασμα που χάνεται από τον αγρό. Επομένως, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη για αύξηση της αποτελεσματικότητας χρήσης του N.

Η αποτελεσματικότητα χρήσης του N μπορεί να αυξηθεί με (Δόρδας, 2018):

- την αμειψισπορά (τα ψυχανθή αυξάνουν την αποτελεσματικότητα χρήσης του N (και κυρίως σε ένα σύστημα αμειψισποράς σιτηρά – ψυχανθή)),
- τα συστήματα παραγωγής βιομάζας/χορτοδοτικών καλλιεργειών (οι χορτοδοτικές καλλιέργειες (για ενσίρωμα) έχουν χαμηλότερη απώλεια N σε αέρια μορφή και υψηλότερη NUE γιατί δεν φτάνουν στην άνθιση (όπου οι απώλειες N είναι μεγαλύτερες). Οι χορτοδοτικές καλλιέργειες σιταριού έχουν αποτελεσματικότητα χρήσης του N 77%, ενώ για καρπό μόνο 33%. Επίσης, η καλλιέργεια καλαμποκιού για ενσίρωμα έχει AXN 70%, ενώ για καρπό 40%,
- τη χρήση ποικιλιών φυτών με βελτιωμένη AXN,
- την κατεργασία εδάφους που επηρεάζει την AXN,
- τη χρησιμοποίηση  $\text{NH}_4$  αντί  $\text{NO}_3$  λιπασμάτων,
- την κατάλληλη επιλογή στην εποχή εφαρμογής και στον τρόπο εφαρμογής,
- την εφαρμογή άρδευσης,
- τη γεωργία ακρίβειας που μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση της ποσότητας του λιπάσματος που εφαρμόζεται, αλλά και των υπόλοιπων θρεπτικών στοιχείων που εφαρμόζονται.

## 1.6. Γεωργία Ακριβείας

Σε αυτή την ενότητα αναπτύσσονται βασικές έννοιες για τη Γεωργία Ακριβείας, όπως παρουσιάζονται από τους Φουντά και Γέμτο (2015).

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

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

Η ιδέα της διαχείρισης τμημάτων του αγρού σαν ξεχωριστή μονάδα δεν είναι καινούργια. Αν σκεφτεί κανείς ποια είναι η μικρότερη περιοχή που μπορεί να διαχειριστεί, αυτή μπορεί να είναι κάθε φυτό ξεχωριστά και το έδαφος που επηρεάζει την ανάπτυξή του. Αυτό ακριβώς έκαναν οι γεωργοί τα παλαιότερα χρόνια, όταν έσπερναν με το χέρι κάθε φυτό. Σήμερα, επειδή έχουν αυξηθεί οι καλλιεργούμενες εκτάσεις λόγω των δυνατοτήτων που έδωσε η εκμηχάνιση, για να γίνει διαχείριση σε επίπεδο φυτού χρειάζεται αναπτυγμένη τεχνολογία. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη της Γεωργίας Ακριβείας

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

Η παραλλακτικότητα εκτός από χωρική μπορεί να είναι και χρονική (Blackmore, 2000; Blackmore et al., 2003). Για παράδειγμα, μερικές εδαφικές ιδιότητες είναι

σταθερές με το χρόνο ή μεταβάλλονται ελάχιστα από χρόνο σε χρόνο, όπως η οργανική ουσία και η μηχανική σύσταση του εδάφους. Άλλες ιδιότητες, όπως τα επίπεδα των νιτρικών και η υγρασία του εδάφους, μπορεί να αλλάζουν πολύ με το χρόνο. Επίσης, η κατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να μεταβληθεί μέσα σε ώρες.

Η οικονομικότητα είναι ένας από τους πιο σπουδαίους λόγους που εξετάζονται για την μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο διαχείρισης στη Γεωργία Ακριβείας. Με την Γεωργία Ακριβείας μπορεί να επηρεαστεί το κόστος παραγωγής και η πρόσοδος από την καλλιέργεια. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα για μεγαλύτερες αποδόσεις χρησιμοποιώντας τις ίδιες εισροές αλλά ανακατανομημένες, για ίδιες αποδόσεις με μειωμένες εισροές ή για μεγαλύτερες αποδόσεις με μειωμένες εισροές. Ο παραγωγός πρέπει να αποφασίσει για την καταλληλότερη μέθοδο διαχείρισης. Εκτός από την απόδοση, πρέπει να επιδιώξει καλύτερη ποιότητα προϊόντων χρησιμοποιώντας τις εισροές ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών. Είναι γνωστό ότι η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των φυτών και να χειροτερεύσει την ποιότητα των προϊόντων. Αλλά και η περίσσεια θρεπτικών στοιχείων μπορεί να οδηγήσει σε κακή ποιότητα καρπών (Jager and Putter, 1999), αλλά και προβλήματα στη φυτεία (πλάγιασμα σιτηρών, ευαισθησία σε εχθρούς).

Παρόλα αυτά το γεγονός ότι ένας αγρός έχει παραλλακτικότητα δεν σημαίνει πάντα ότι έχει νόημα να εφαρμοστεί Γεωργία Ακριβείας. Πρέπει αρχικά να μετρηθεί το μέγεθος της παραλλακτικότητας, στη συνέχεια, να βρεθούν οι αιτίες που προκαλούν αυτή την παραλλακτικότητα και τέλος, να βρεθεί τρόπος για να γίνει διαχείριση της παραλλακτικότητας.

Οι εισροές που εφαρμόζονται σήμερα με μεταβλητές δόσεις είναι τα λιπάσματα (Miller et al., 2003; Welsh et al., 2003a; Welsh et al., 2003b; Wood et al., 2003; Zaman et al., 2005; Shumann et al., 2006), τα φυτοφάρμακα (Miller and Salyani, 2005; Sollaneles et al., 2006), το νερό άρδευσης (Perry et al., 2002) και ο σπόρος (Mason et al., 2007). Ένας από τους στόχους της εφαρμογής των εισροών με μεταβλητές δόσεις είναι η προστασία του περιβάλλοντος (Bongiovanni and Lowenberg-Deboer, 2004). Για παράδειγμα, με την εφαρμογή αζώτου με μεταβλητές δόσεις μπορεί να μειωθεί το N που εφαρμόζεται και να μειωθεί το N σε ευαίσθητες περιοχές, χωρίς να μειωθεί η παραγωγή και πιθανότατα με καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα. Επίσης, με την εφαρμογή εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων με

μεταβλητές δόσεις μπορεί να μειωθούν οι ποσότητες που εφαρμόζονται, αφού εφαρμόζονται μόνο εκεί που είναι απαραίτητες.

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

**GPS και GIS.** Είναι συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.

**Χαρτογράφηση παραγωγής.** Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.

**Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων** με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.

**Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.** Σήμερα, μία από τις απλούστερες και οικονομικότερες μετρήσεις παραμέτρων του εδάφους που χρησιμοποιείται στη γεωργία ακριβείας είναι αυτή της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa). Η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνεται η περιεκτικότητα σε νερό, η μηχανική σύσταση του εδάφους (Williams et al., 1987), η οργανική ουσία (Janes et al., 1994), το βάθος σκληρού ορίζοντα, CEC (McBride et al., 1990), αλατότητα καθώς και τα ανταλλάξιμα ασβέστιο και μαγνήσιο (Lund et al., 1999). Η μεταβλητότητα όλων αυτών των παραγόντων στην έκταση του χωραφιού είναι πιθανόν να προκαλεί την αντίστοιχη μεταβλητότητα της παραγωγής. Η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει εύκολα με τη σύνδεση μιας συσκευής μέτρησης αγωγιμότητας πάνω σε παρελκόμενο όχημα και την προσαρμογή ενός δέκτη εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (GPS).

**Τηλεπισκόπηση.** Με την τηλεπισκόπηση συλλέγονται πληροφορίες για ένα αντικείμενο, χωρίς να υπάρχει επαφή. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι το βασικό στοιχείο της τηλεπισκόπησης. Όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έρχεται σε επαφή με ένα αντικείμενο, μπορεί να ανακλαστεί, να απορροφηθεί ή να διέλθει. Ανάλογα με το αντικείμενο στο οποίο προσπίπτει η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο. Μετρώντας την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα φυτά μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για την

περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νερό, για τη θρεπτική κατάσταση των φυτών και για άλλα χαρακτηριστικά των φυτών. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι δείκτες βλάστησης που είναι μαθηματικοί συνδυασμοί καναλιών (φασματικών περιοχών), κυρίως του κοντινού υπέρυθρου (NIR) και του ερυθρού (R), όπως ο δείκτης κανονικοποιημένης διαφοράς  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ . Με τον NDVI έχουμε μια αντικειμενική παρουσίαση της ζωντανής βλάστησης, ώστε να μπορούμε να παρακολουθούμε την εξέλιξη της κατά τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου των φυτών, να αναγνωρίζουμε και να διαχωρίζουμε τις διάφορες καλλιέργειες και να εισάγουμε δεδομένα τηλεπισκόπισης σε αγροκλιματικά μοντέλα.

□ **Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application).** Με την τεχνολογία αυτή οι εισροές εφαρμόζονται στον αγρό σε διαφορετικές δόσεις στις διάφορες περιοχές του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης: η βασισμένη σε χάρτες και η βασισμένη σε αισθητήρες. Η βασισμένη σε χάρτες απαιτεί έναν χάρτη εφαρμογής (prescription map) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό. Καθώς το μηχάνημα που εφαρμόζει τις εισροές προχωρά στον αγρό, αλλάζει τη δόση με βάση τον χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης). Η μέθοδος που βασίζεται σε αισθητήρες δεν απαιτεί ούτε χάρτη ούτε GPS. Αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στη μηχανή εφαρμογής και μετρούν χαρακτηριστικά του εδάφους ή της καλλιέργειας, καθώς κινείται στον αγρό. Η πληροφορία μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μεταφέρει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής που διανέμει τις εισροές.

Στη συνέχεια ακολουθεί αναφορά στο Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS) και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

### **1.6.1. Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS)**

Με τον όρο δορυφορικός εντοπισμός θέσης εννοείται ο προσδιορισμός των απολύτων και σχετικών συντεταγμένων σημείων με την επεξεργασία μετρήσεων προς ή από τεχνητούς δορυφόρους.

Οι πρώτες εφαρμογές εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1960 με προβλήματα λόγω του εξαιρετικά μεγάλου χρόνου παρατηρήσεων και της χαμηλής ακρίβειας. Το 1964, το ναυτικό των ΗΠΑ εγκαινίασε το διαστημικό σύστημα πλοήγησης Transit, που λειτουργεί ακόμη και σήμερα. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε



χαμηλή τροχιά και το σύστημα δεν είναι πάντα διαθέσιμο. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται στη μέτρηση της συχνότητας του σήματος με το φαινόμενο Doppler. Κατά τη δεκαετία του 1960 αναπτύχθηκε ένα άλλο πρόγραμμα του Αμερικανικού ναυτικού, το Tiimation, στόχος του οποίου ήταν να παρέχει δυσδιάστατα δεδομένα πλοήγησης και προσανατολισμού. Ταυτόχρονα, η αεροπορία των ΗΠΑ διεξήγαγε μελέτες για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου συστήματος προσανατολισμού ονομαζόμενου 621B. Το 1975, τα δύο παραπάνω προγράμματα ενοποιήθηκαν υπό την αιγίδα της αεροπορίας των ΗΠΑ, προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σύστημα που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για στρατιωτικούς σκοπούς, το GPS. Τα πρώτα δοκιμαστικά σήματα μεταδόθηκαν από τον Navigation Test Satellite 8, τον Ιούνιο του 1977. Στη συνέχεια, εκτοξεύθηκε μια ομάδα δορυφόρων, προκειμένου να υπάρξει καλύτερη και πυκνότερη κάλυψη.

Σήμερα υπάρχουν σε χρήση τρία δορυφορικά συστήματα: το παλαιότερο που δεν προσφέρεται για γεωδαιτικές εφαρμογές σύστημα Transit και το νεότερο GPS, που χρησιμοποιείται πλέον για καθημερινές γεωδαιτικές εργασίες, καθώς και το ίδιας τεχνολογίας ρωσικό GLONASS. Επίσης, βρίσκεται υπό κατασκευή το ευρωπαϊκό σύστημα Galileo.

Το GPS αποτελείται από τρία μέρη: το **δορυφορικό τμήμα**, το **τμήμα ελέγχου** και το **τμήμα χρήσης**.

Το δορυφορικό τμήμα αποτελείται από 24 δορυφόρους που κινούνται σε τροχιά γύρω από τη γη σε απόσταση 20.200km πάνω από την επιφάνεια της γης. Κάθε δορυφόρος κάνει μια περιστροφή γύρω από τη γη κάθε 12 ώρες. Οι δορυφόροι ακολουθούν 6 τροχιές με 4 δορυφόρους σε κάθε τροχιά. Αυτή η διάταξη των δορυφόρων εξασφαλίζει ότι τουλάχιστον 4 δορυφόροι θα στέλνουν σήμα σε οποιοδήποτε σημείο της γης 24 ώρες τη μέρα.

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ραδιοκύματα στην συχνότητα  $L1=1575,42$  MHz και  $L2=1227,60$  MHz. Τα ραδιοκύματα ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός στο κενό και με ελαφρά μικρότερη ταχύτητα στην ατμόσφαιρα της γης. Το σήμα  $L1$  περιέχει έναν ακριβή κώδικα τον C/A (Coarse/Acquisition Code). Το σήμα  $L2$  φέρει μόνο τον κώδικα P(Precise Code) και χρησιμοποιείται για την διόρθωση της καθυστέρησης των σημάτων που οφείλεται στην ινόςφαιρα. Και οι δύο αυτοί κώδικες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ δορυφόρου και δέκτη. Εκτός από τους παραπάνω κώδικες, υπάρχει και ο κώδικας δεδομένων D (Data Code)

που υπερτίθεται στα σήματα L1 και L2 και παρέχει διάφορες πληροφορίες, όπως πχ για την πρόβλεψη της θέσης του δορυφόρου κάθε στιγμή, χρονικές καθυστερήσεις των δορυφορικών χρονομέτρων κ.α. (Δερμάνης, 1999). Ο κάθε δορυφόρος είναι, επίσης, εξοπλισμένος με 4 ατομικά ρολόγια (δύο καισίου και δύο ρουβιδίου). Τα ατομικά ρολόγια μετρούν τον χρόνο με βάση τις φυσικές περιοδικές κινήσεις των ατόμων και είναι μεγάλης ακριβείας.

Οι δορυφόροι διαθέτουν επίσης συστήματα επικοινωνιών, υπολογιστές και διάφορα βοηθητικά συστήματα. Δύο ηλιακοί συσσωρευτές παρέχουν ισχύ 710 W που απαιτείται για τη λειτουργία των συστημάτων ελέγχου.

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από τους επίγειους σταθμούς που είναι τριών ειδών: ο κεντρικός σταθμός ελέγχου που βρίσκεται στο Colorado Springs των ΗΠΑ, οι 5 σταθμοί παρακολούθησης (Colorado Springs, Χαβάη, νήσος Ascension στον νότιο Ατλαντικό, Diego Garcia στον Ινδικό, Kwajalein στον νότιο Ειρηνικό) και οι 3 σταθμοί ελέγχου (Ascension, Diego Garcia, Kwajalein).

Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι εφοδιασμένοι με δέκτες που λαμβάνουν τα σήματα που εκπέμπουν συνεχώς οι δορυφόροι, τα οποία μετά από κάποια επεξεργασία μεταδίδονται στον κεντρικό σταθμό ελέγχου. Ο κεντρικός σταθμός ελέγχου χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να υπολογίσει τις ακριβείς τροχιές των δορυφόρων και να ενημερώνει τα σήματα πλοήγησης (Δερμάνης, 1999).

Στη Γεωργία Ακριβείας έχει μεγάλη σημασία η πληροφορία σχετικά με τη θέση ενός οχήματος, καθώς κινείται στον αγρό και αυτό είναι δυνατό να γίνει χάρη στο GPS. Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές του GPS στη Γεωργία Ακριβείας, όπως δημιουργία περιγράμματος αγρών, παρακολούθηση καλλιεργειών και σύνδεση με τα σημεία του αγρού, χαρτογράφηση εδάφους, χαρτογράφηση παραγωγής. Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει έναν δέκτη GPS ή DGPS, μια συσκευή για αποθήκευση της πληροφορίας (πχ ένας φορητός H/Y), και λογισμικό για τη δημιουργία και απεικόνιση χαρτών. Ο δέκτης GPS με την κεραία του τοποθετούνται στο όχημα που κινείται στον αγρό.

Για τη δημιουργία περιγράμματος του αγρού απλά ο παραγωγός περπατά ή οδηγεί γύρω από τον αγρό με το GPS και τον φορητό H/Y για να καταγράψει τα δεδομένα. Στη συνέχεια, δίνει ένα όνομα στο περίγραμμα όμοιο με το όνομα του αγρού και αποθηκεύει τα δεδομένα.

Με τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για το περίγραμμα, ο παραγωγός περπατά στον αγρό και καταγράφει στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου τις περιοχές που υπάρχουν ζιζάνια, προβλήματα με εχθρούς και ασθένειες ή προβλήματα με τροφοπενίες. Καταγράφοντας τις θέσεις που υπάρχουν τα παραπάνω προβλήματα, ο παραγωγός μπορεί να επιστρέψει και να εφαρμόσει τα κατάλληλα αγροχημικά ή άλλες καλλιεργητικές φροντίδες.

Για τη χαρτογράφηση του εδάφους, το GPS χρησιμοποιείται για να καταγραφεί η θέση που λαμβάνονται τα δείγματα εδάφους και στη συνέχεια, αφού γίνει η ανάλυση των δειγμάτων στο εδαφολογικό εργαστήριο, δημιουργούνται οι αντίστοιχοι χάρτες χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό για τη δημιουργία χαρτών.

Για τη χαρτογράφηση της παραγωγής, το GPS μαζί με αισθητήρες ροής του υλικού στη μηχανή και ένα σύστημα καταγραφής της ροής, του πλάτους εργασίας, της ταχύτητας εργασίας και της αντίστοιχης θέσης που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, μπορεί να καταγράψει την παραγωγή σε κάθε θέση του αγρού και στη συνέχεια, να δημιουργηθούν οι αντίστοιχοι χάρτες παραγωγής. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη χαρτογράφηση εδάφους και τη χαρτογράφηση παραγωγής θα αναφερθούν στα επόμενα κεφάλαια.

Εκτός από την καταγραφή της θέσης ενός οχήματος το GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην πλοήγηση και στην καθοδήγηση ενός οχήματος στον αγρό. Στη Γεωργία Ακριβείας αυτόματα συστήματα καθοδήγησης (auto guidance) υποστηρίζουν ελκυστήρες, φορτηγά και αεροπλάνα για να κρατούν τα παραπάνω μεταφορικά μέσα σε παράλληλες διαδρομές στον αγρό χωρίς να αφήνουν κενά ή επικαλύψεις μεταξύ των παράλληλων διαδρομών (parallel swathing). Με τον τρόπο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν χημικά στο έδαφος και στις καλλιέργειες, χωρίς να υπάρχουν κενά που δεν έγινε εφαρμογή του χημικού ή επικαλύψεις που οδηγούν σε υπερ-εφαρμογή η οποία με τη σειρά της έχει σαν συνέπεια το μεγαλύτερο κόστος, την καταστροφή των καλλιεργειών και τον κίνδυνο ρύπανσης του περιβάλλοντος.

### **1.6.2. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS)**

Για την εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις, αλλά και γενικά για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας θα πρέπει, πριν τη λήψη αποφάσεων, να επεξεργαστούμε τις διαθέσιμες πληροφορίες. Όταν ένας αγρός είναι πολύ μικρός σε μέγεθος και ο

γεωργός τον γνωρίζει, τότε η λήψη μιας απόφασης είναι πολύ εύκολη. Όμως, τα τελευταία χρόνια, ο γεωργικός κλήρος μεγαλώνει και, κατά συνέπεια, μεγαλώνει και ο όγκος των πληροφοριών που θα πρέπει να επεξεργαστεί κάποιος, έτσι ώστε να φτάσει σε μια απόφαση για το πώς θα διαχειριστεί τον εκάστοτε αγρό. Είναι αδύνατον, ένας άνθρωπος ή μια ομάδα ανθρώπων να επεξεργαστεί δεδομένα και πληροφορίες που αφορούν το έδαφος, τις καλλιέργειες, την ιστορία ενός αγρού, το κλίμα και άλλα, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις αυτών, με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτό να γίνει οικονομικά και γρήγορα. Η εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην δημιουργία συστημάτων τα οποία επεξεργάζονται με ταχύτητα γεωγραφικές πληροφορίες για την λήψη αποφάσεων. Αυτά τα συστήματα ονομάστηκαν Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information Systems).

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών είναι τα σημαντικότερα εργαλεία στη Γεωργία Ακριβείας. Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμένα να υποστηρίζουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στον χώρο (συνδεδεμένα με συντεταγμένες) και μεταβάλλονται στον χρόνο (Longley et al., 2005). Σημαντική δυνατότητα αυτών των συστημάτων, που τα διαφοροποιεί από τη συνήθη απεικόνιση των δεδομένων, είναι η δυνατότητα συνδυασμού μη όμοιων δεδομένων σε μια κοινή βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά περιέχουν πληροφορίες σχετικές με το ανάγλυφο της επιφάνειας της γης, τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία που την απαρτίζουν (National Research Council, 1997).

Τα δεδομένα της βάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλούς χρήστες, να τα επεξεργάζονται, να εμπλουτίζονται και γενικά να αποτελούν μια δυναμική πηγή δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται ως επίπεδα (layers) που μπορούν να αντιπροσωπεύουν μια σειρά από μεταβλητές.

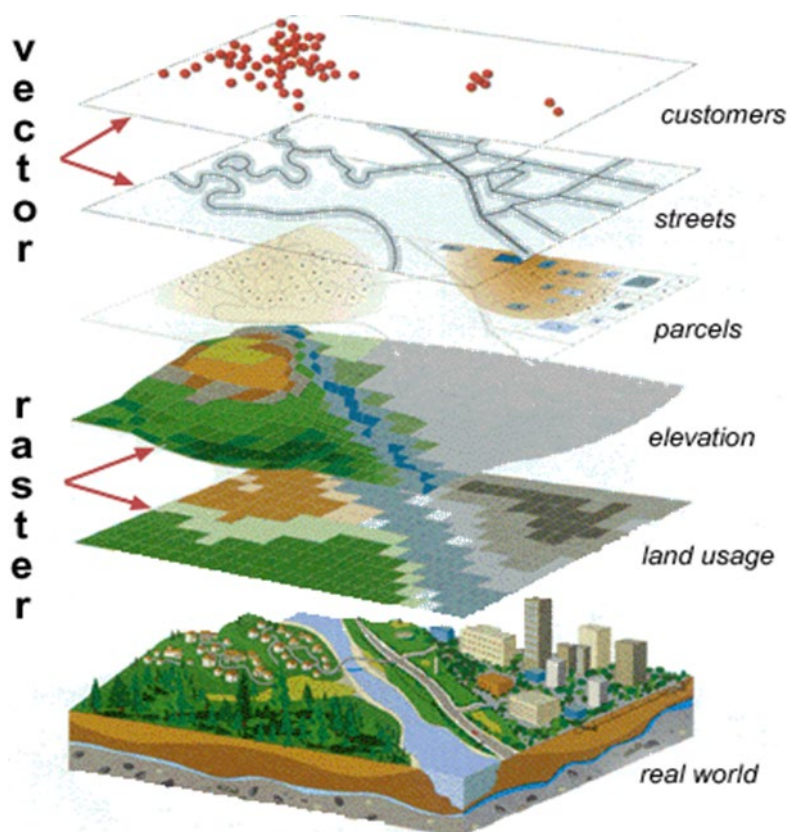
Ένα GIS λογισμικό αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει πληροφορίες που προέρχονται από χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες κ.ά.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης Βάσης Δεδομένων.
- Ένα σύστημα εμφάνισης δεδομένων που περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται ή καταχωρούνται όπως πίνακες, χάρτες και σχήματα που εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στη μνήμη του Η/Υ.

□ Ένα σύστημα ανάλυσης δεδομένων που περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία για την απομάκρυνση λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, παραμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών, τη γεωστατική ανάλυση των δεδομένων.

□ Ένα σύστημα αλληλεπίδρασης με τον χρήστη που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων από ένα πρόγραμμα GIS εμφανίζεται με την μορφή χάρτη για την καλύτερη κατανόηση από τον χρήστη. Το βασικό πλεονέκτημα της χρήσης των GIS απέναντι στους απλούς χάρτες είναι ότι τα δεδομένα αλληλεπιδρούν με τους χάρτες μετά από εντολή του χρήστη. Έτσι, μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα ενός αγρού και το αποτέλεσμα της επεξεργασίας να εμφανιστεί άμεσα στον χάρτη.



**Σχήμα 1.5:** Απεικόνιση του GIS σε διάφορα φάσματα (National Coastal Data Development Centre (NCDDC), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA)

Τα εξειδικευμένα λογισμικά GIS δίνουν δυνατότητες στον χρήστη όπως (Φλωράς, 2004):

- Την ικανότητα πρόβλεψης της παραγωγής.
- Την αποτελεσματικότερη χρήση των εισροών (λιπάσματα, άρδευση) που οδηγεί σε μείωση του κόστους παραγωγής και σε αειφορία.
- Την δυνατότητα συγκομιδής ανάλογα με τις ποιοτικές προδιαγραφές, βελτιώνοντας το εισόδημα του παραγωγού.
- Να βοηθήσει στην εξασφάλιση της ποιότητας σύμφωνα με διάφορα πρωτόκολλα (ISO, HACCP).
- Τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα.

Όμως, αν και τα πλεονεκτήματα των συστημάτων είναι πολλά, υπάρχουν και μειονεκτήματα. Το βασικό μειονέκτημα των GIS είναι η εξάρτησή τους από την τεχνολογία. Δύο επιπλέον μειονεκτήματα είναι η πολυπλοκότητα των λογισμικών αυτών και η δυσκολία εκμάθησής τους, έτσι ώστε η χρήση, καθώς και η ερμηνεία των χωρικών στοιχείων, να μην γίνεται ούτε εύκολα ούτε αποτελεσματικά σε πολλές περιπτώσεις. Αυτή η κατάσταση αλλάζει γρήγορα όμως, δεδομένου ότι αναπτύσσονται λογισμικά GIS φιλικά προς τον χρήστη, οι εταιρίες διοργανώνουν σεμινάρια εκμάθησης, αλλά και οι γεωργοί εκσυγχρονίζονται και ενδιαφέρονται για τις νέες τεχνολογίες.

Λογισμικά ανοικτού κώδικα είναι λογισμικά των οποίων ο κώδικας είναι προσβάσιμος ελεύθερα από τον χρήστη, μπορεί να τροποποιηθεί κατά βούληση και να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για μη εμπορική χρήση.

Με την είσοδο των συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών στη γεωργία, οι παραγωγοί απέκτησαν ένα μέσο καταγραφής και επεξεργασίας πληροφοριών, το οποίο διευκόλυνε τη λήψη αποφάσεων. Όμως, όπως συμβαίνει και με όλα τα εξειδικευμένα συστήματα, έτσι και τα λογισμικά GIS είχαν τεράστιο κόστος αγοράς. Με το πέρασμα των χρόνων το κόστος αυτό μειωνόταν, όμως, ακόμα και σήμερα ανέρχεται σε πολλές χιλιάδες ευρώ. Έτσι, αναπτύχθηκαν προγράμματα ανοικτού κώδικα. Με αυτό τον τρόπο το κόστος χρήσης ενός λογισμικού GIS μπορεί να μηδενιστεί, ενώ υπάρχει συνεχής εξέλιξη και αναβάθμιση μέσω της κοινότητας χρηστών και προγραμματιστών του εκάστοτε ανοικτού λογισμικού. Εκτός όμως της δυνατότητας για ευρεία δωρεάν χρήση αυτών των συστημάτων, λόγω του ανοικτού κώδικα, δίνεται η δυνατότητα για την εξέλιξη των δυνατοτήτων ενός προγράμματος, καθώς και για τη δημιουργία νέων εργαλείων μέσω των ανοικτών βιβλιοθηκών προγραμματισμού που διανέμονται δωρεάν μαζί με τα λογισμικά ανοικτού κώδικα.

Η πρώτη προσπάθεια για δημιουργία ενός ανοικτού λογισμικού GIS έγινε το 1978 με το MOSS (Map Overlay and Statistical System). Στην συνέχεια, το 1982 αναπτύχθηκε ένα ανοικτό λογισμικό από τον αμερικανικό στρατό, το οποίο εξελίσσεται ακόμα και σήμερα και οι δυνατότητές του είναι τεράστιες. Το λογισμικό ονομάζεται GRASS GIS (Geographical Resources Analysis Support System). Μέχρι σήμερα, έχουν αναπτυχθεί πάνω από 30 λογισμικά και βιβλιοθήκες ανοικτού κώδικα και πολλές μελέτες (Lei et al, 2011; Chen et al, 2010; Radinger et al, 2013; Neteler et al, 2012; Minelli et al, 2014) αποδεικνύουν ότι η χρήση ανοικτού κώδικα είναι ένας τρόπος για οικονομική δημιουργία και χρήση λογισμικών GIS για διάφορες εργασίες, όπως η διαχείριση των υδάτων, η χρήση γης, η ανάλυση δεδομένων, η χαρτογράφηση, καθώς επίσης και η δημιουργία εργαλείων που δεν υπάρχουν σε εμπορικά προϊόντα, για εξειδικευμένες εργασίες.

Όμως, εκτός από τα πλεονεκτήματα που έχει η χρήση του ανοικτού κώδικα, υπάρχουν και μειονεκτήματα. Επειδή η δομή των ανοικτών λογισμικών βασίζεται στους χρήστες, δεν υπάρχει εξειδικευμένη ομάδα υποστήριξης. Έτσι, κάθε πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί πρέπει να επιλυθεί από τον εκάστοτε χρήστη ή με τη βοήθεια της κοινότητας χρηστών. Άλλο πρόβλημα είναι ότι η χρήση τους απαιτεί άριστη γνώση προγραμματισμού από τον χρήστη ακόμα και για τις πιο απλές εργασίες (όπως η εκκίνηση των προγραμμάτων μέσα από λογισμικά προγραμματισμού). Επίσης, πριν την ενασχόληση με ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα πρέπει να γίνει εκμάθηση των εντολών καθώς και των τρόπων χρήσης αυτών (αν υπάρχουν έγγραφα για αυτό τον σκοπό), μια διαδικασία χρονοβόρα που πολλές φορές μπορεί να μη γίνει κατανοητή, άρα και να καταλήξει σε αδυναμία χρήσης των λογισμικών.

### **1.6.3. Η χρήση των GIS στην γεωργία**

Η γεωργία βασίζεται σε θεμελιώδης δομές της μοριακής βιολογίας, στην αυξημένη ικανότητα των υπολογιστών και στα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Clay and Shanahan, 2011). Η γεωργία είναι ένας ιδανικός επιχειρηματικός τομέας για την εφαρμογή των GIS, λόγω του ότι αφορά φυσικούς πόρους και απαιτεί την χρήση μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων, αγαθών και υπηρεσιών. Επιτρέπει να οπτικοποιηθούν πληροφορίες, όπου υπό άλλες συνθήκες θα ήταν δύσκολο να ερμηνευθούν. Η αξία των GIS αυξάνεται συνεχώς στην γεωργία, καθώς τα

επιτεύγματα της τεχνολογίας διαχωρίζουν και αναλύουν τα χωρικά δεδομένα της καλλιέργειας (Pierce and Clay, 2007).

Η τηλεσκόπηση (Remote Sensing - RS) και τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και την οπτικοποίηση των γεωργικών περιβαλλόντων, τα οποία έχουν αποδειχθεί αρκετά επωφελή για την αγροτική και τη βιομηχανική κοινότητα. Τα GIS έχουν ευρέως αναγνωριστεί και εφαρμοστεί ως ισχυρό και αποτελεσματικό εργαλείο για τον εντοπισμό και τη κάλυψη του εδάφους (Kumar et al., 2015). Παρόλη την διαβαθισμένη ποιότητα του εδάφους, τους περιορισμένους υδάτινους πόρους και την ταχεία κλιματική αλλαγή, ζητούμενο είναι η κάθετη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Η τρέχουσα τάση ζήτησης και παραγωγής τροφίμων αποκαλύπτει ότι τα επόμενα 20 χρόνια, η τροφοδότηση στον αυξανόμενο πληθυσμό θα είναι σχεδόν αδύνατη χωρίς την κατάλληλη επιστημονική διαχείριση και το σχεδιασμό των υφιστάμενων φυσικών πόρων.

Η χρήση των GIS και οπτικοτεχνικές RS συμβάλλουν στη μεγιστοποίηση της παραγωγής, στη διατήρηση των εδαφικών πόρων, στην εξοικονόμηση νερού της αρδευομένης καλλιέργειας και στην απόκτηση πληροφοριών για τις ανάγκες της. Τα GIS και τα RS δεν είναι αυτοματοποιημένα συστήματα, αλλά είναι εργαλεία για την απόκτηση δεδομένων, ώστε να παράγονται χάρτες προς υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Pareta et al., 2013).

Οι εφαρμογές των GIS διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη γεωργική παρατήρηση τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Βοηθώντας τους αγρότες στην αύξηση της παραγωγής, στη μείωση του κόστους και παρέχοντας ένα αποτελεσματικό μέσο διαχείρισης των εδαφικών πόρων, το GIS έχει γίνει ολοένα και πιο πολύτιμο. Οι εφαρμογές του διατίθενται σε διάφορες μορφές, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας ακριβείας, των drone και των δορυφόρων ([www.aabsys.com/industry/gis-for-natural-resource-management/gis%20agriculture](http://www.aabsys.com/industry/gis-for-natural-resource-management/gis%20agriculture)). Σύμφωνα με τους Hartkamp et al. (1999), οι εφαρμογές των GIS έχουν αναπτυχθεί κυρίως στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Τα προγράμματα υπολογιστών, όπως τα GIS, συμβάλλουν στην ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα των συνολικών διαδικασιών αγρονομικού σχεδιασμού (GIS Data Depot, 2000).

Οι Oshunsanya και Aliku (2016) χωρίζουν τις εφαρμογές των GIS στη γεωργία, στα ακόλουθα:



- Λειτουργική χρήση των GIS στη γεωργία ακριβείας.
- Εφαρμογές των GIS σε αγρομετεωρολογικές επεμβάσεις.
- Λειτουργική χρήση των GIS σε αγροκλιματολογικές και αγροοικολογικές μελέτες.
- Χρήση των GIS για τον αγρονομικό χαρακτηρισμό και την κατανομή ζωνών (zonation).
- Εφαρμογή των GIS σε μελέτες εδαφικής έρευνας.
- Τα GIS ως αγρονομικό εργαλείο σχεδιασμού στη χρήση γης.
- Λειτουργική χρήση των GIS για μελέτες σε γονιμότητα εδάφους.
- Υπολογισμός χωρικής απόδοσης.
- Αξιολόγηση αγρονομικών επιπτώσεων με χρήση GIS.

Παραδείγματα εφαρμογών των GIS στην αγρονομία και στη διαχείριση των φυσικών πόρων είναι: η ατμοσφαιρική μοντελοποίηση (Lee et al., 1993), η κλιματική αλλαγή, η ευαισθησία και/ή μελέτες μεταβλητότητας (Rosenzweig, 1990; Wei et al., 1994; Beinroth et al., 1998), ο χαρακτηρισμός και ο καθορισμός των ζωνών (Aggarwal, 1995; Bouman et al., 1994), η ποιότητα νερού, η μολυσματικότητα του νερού (Corwin και Loague, 1996; Hingray et al., 2009; Mamillapalli et al., 1996; Mohd και Mansor, 1999; Salvai και Josimov-Dunderski, 2004), η επιστήμη του εδάφους (Manchan et al., 2002; Burrough, 1986), η παγκόσμια (Haskett et al., 1995; Karthikeyan et al., 1996) και η γεωργία ακριβείας (υπολογισμός χωρικής απόδοσης) (Booltink και Verhagen, 1997; Bullock et al., 2002; Clay και Shanahan, 2011; Hoogenboom et al., 1993).

Σύμφωνα με τους Hingray et al. (2009), η χρήση των υδρολογικών μοντέλων αναλύεται σε συνδυασμό με τα GIS. Οι μεγάλες ποσότητες δεδομένων σχετίζονται με παράγοντες που συμβάλλουν και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι είναι ένα οικονομικό και ουσιαστικό εργαλείο για την εφαρμογή αποτελεσματικών και προσαρμοστικών μέσω στη διατήρηση του εδάφους. Η υδρολογική μοντελοποίηση εκτιμάει την ταχύτητα της επιφάνειας ή τις τιμές των τριβών δεδομένου ότι επηρεάζει την ταχύτητα της επιφανειακής απορροής του νερού. Οι πληροφορίες για τη χρήση της γης, σε συνδυασμό με τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των εδαφών στην επιφάνεια της γης μπορούν να παράσχουν μέτρα για την αναμενόμενη διήθηση και την ικανότητα συγκράτησης του νερού (Nagarajan και Poongothai, 2011). Η πιο σημαντική εφαρμογή των GIS αφορά το σχεδιασμό, τη διαχείριση, τη χαρτογράφηση

και την ανάλυση καταλληλότητας για τη χρήση του εδάφους (McHarg, 1969; Hopkins, 1977 και Klosterman, 2001; Collins et al., 2001; Li et al., 2017;).

Η σωστή εκτίμηση για την καταλληλότητα της γης αποτελεί προϋπόθεση για το σχεδιασμό της. Είναι μια διαδικασία προσδιορισμού για την καταλληλότητα σε συγκεκριμένο τμήμα εδάφους για γεωργικούς σκοπούς (Akinci et al., 2013). Οι Abdelrahman et al. (2016), υποστηρίζουν ότι η εκτίμηση καταλληλότητας της γης αφορά μια συγκεκριμένη τοποθεσία, όπου εντοπίζονται περιοριστικοί παράγοντες για την συγκεκριμένη παραγωγή της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τον FAO (2007), η αξιολόγηση καταλληλότητας του εδάφους έχει εφαρμοστεί σε πολλά μέρη του κόσμου, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αρκετές μελέτες έχουν αναφερθεί στην εφαρμογή των GIS για καλλιεργητικές πρακτικές σε διάφορες καλλιέργειες (Adams et al., 2000; Deosthali et al., 2005; Rao et al., 1995; Rao, 2007).

Για την εφαρμογή των GIS στη διαχείριση γονιμότητας του εδάφους είναι απαραίτητη η δημιουργία ψηφιακού χάρτη, όπου χρησιμοποιώντας το λογισμικό των GIS θα λαμβάνουμε πληροφορίες για τη γονιμότητα του εδάφους, τα ποσοστά φωσφόρου και καλίου, καθώς και την οργανική ύλη. Οι Kokhan et al (2013), ανέπτυξαν μια βάση δεδομένων χρησιμοποιώντας τη χαρτογράφηση των GIS, δηλαδή παρακολουθούσαν την ποιότητα του εδάφους με βάση τα δεδομένα της αγροχημικής έρευνας. Με άλλα λόγια, παρατηρούσαν τις αλλαγές στην ποιότητα του εδάφους κατά την περίοδο της μελέτης του εδάφους.

Μια βάση GIS βασίζεται σε ένα σύστημα υποστήριξης. Χρησιμοποιώντας το σύστημα υποστήριξης εγκαθίστανται πιθανοί και περιοριστικοί τύποι εδαφών για μια καλλιέργεια (Setia et al., 2012). Προκειμένου να ελεγχθεί η διάβρωση του εδάφους, οι παράγοντες και τα στοιχεία που επηρέαζαν την διάβρωση του εδάφους μελετήθηκαν αναλύοντάς τα σε χάρτες διάφορων λεκανοπεδίων. Η διάβρωση του εδάφους είναι ένα σοβαρό πρόβλημα που προκύπτει από την εντατικοποίηση της γεωργίας, την υποβάθμιση του εδάφους και πιθανώς λόγω της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής (Yang et al., 2003).

Σύμφωνα με τους Asadi et al., (2012), Pareta, (2013), Nagarajan και Poongothai, (2011), αποδείχθηκε ότι η χρήση των GIS για την αξιοποίηση και ταξινόμηση της γης θεωρείται βασικό στοιχείο για τη μοντελοποίηση και τη κατανόησή της στο σύστημα. Οι χάρτες GIS έχουν πλήρως αναπτυχθεί από τοπική και εθνική σε πολυεθνική κλίμακα. Η χρήση πανοραμικών αεροφωτογραφιών μεσαίας κλίμακας για

τη χαρτογράφηση γης υπήρχε ως πρακτική από τη δεκαετία του 1940. Πιο πρόσφατα, αεροφωτογραφίες μικρής κλίμακας και δορυφορικές εικόνες είχαν χρησιμοποιηθεί για χαρτογράφηση/κάλυψη της γης (Lillesand et al., 2004).

Αρκετές φορές χρησιμοποιείται η κατανομή των πόρων, όπου εκτιμάται η χρήση και ο καταμερισμός τους. Παραδείγματος χάρη, το δυναμικό των υπόγειων υδάτων και οι εκτιμήσεις στην απόδοση των καλλιεργειών περιγράφονται από τους McKinion et al., (2010), Rey et al., (2016), Singh et al., (2016). Ελάχιστες μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει τα GIS, για να εκτιμήσουν τις επιπτώσεις συγκεκριμένων γεγονότων (Hinojosa et al., 2016; Ines et al., 2002; Pradhan et al., 2016; Wei et al., 2005). Τα συστήματα βασισμένα στη γνώση συνδυάζουν διαφορετικές πηγές πληροφοριών και παρέχουν γνώσεις για τροφοδοτούμενες πληροφορίες (insights on a fed information.). Το αποτέλεσμα είναι μια εικόνα που χρησιμοποιείται για την παροχή λύσεων στο πρόβλημα (Lillesand et al., 2004; Li and Yan 2012; Blasch et al., 2015; Tayyebi et al., 2016).

Ένα από τα πιο σημαντικά πεδία όπου μπορούμε να επιλέξουμε την εφαρμογή τηλεπισκόπησης και τα GIS μέσω της εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας είναι η διαχείριση του νερού και των θρεπτικών στοιχείων. Τα θρεπτικά στοιχεία ανιχνεύονται μέσω της τηλεπισκόπησης, ενώ παράλληλα είναι σημαντική η διαχείριση συγκεκριμένων θρεπτικών στοιχείων. Ως εκ τούτου μπορεί να μειωθεί το κόστος της καλλιέργειας, καθώς και να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης των λιπασμάτων (Shanmugapriya et al., 2019).

Οι Sivakumar et al. (2004), ανέφεραν ότι ο απώτερος σκοπός των GIS είναι η χρήση πραγματικών δεδομένων. Με την βοήθεια της προσομοίωσης είναι δυνατή η αναπαράσταση φυσικής συμπεριφοράς μέσω της επίδρασης συγκεκριμένων διαδικασιών. Η μοντελοποίηση είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση των τάσεων, καθώς και τον εντοπισμό παραγόντων που τις επηρεάζουν. Επιπλέον, πιθανές συνέπειες που οφείλονται από ανθρώπινη δραστηριότητα επηρεάζουν την διαθεσιμότητα των πόρων.

Μια από τις πιο βασικές λειτουργίες των GIS και της χαρτογράφησης είναι η ευαισθητοποίηση σε ζητήματα, όπως είναι η έλλειψη τροφίμων και ο εντοπισμός περιοχών που χρειάζονται βοήθεια. Το παγκόσμιο εργαλείο χαρτογράφησης, όπως το World Hunger Map (FAO) παρέχουν μια μοναδική εικόνα της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων. Αν και διαπιστώθηκαν οι βασικές αιτίες της επισιτιστικής

ανασφάλειας, τα δεδομένα των GIS και η τεχνολογία βοηθούν στην περιφρούρηση των περιοχών, ενώ παράλληλα προστατεύουν τις κοινότητες που πλήττονται από την έλλειψη τροφίμων (Ravensberg, 2018).

#### **1.6.4. Οι προκλήσεις των GIS**

Τα GIS είναι χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό χρήσης της γης, αλλά μόνο εάν πληρούνται αρκετές προϋποθέσεις. Οι βασικές προϋποθέσεις σχετίζονται με:

- την ποιότητα των βασικών χωροταξικών πληροφοριών,
- τις στατιστικές μεθόδους που εφαρμόζονται στα χωροταξικά δεδομένα της φύσης (spacial nature of the data).

Οι κατάλληλες πληροφορίες και οι μέθοδοι επιτρέπουν τη δημιουργία ισχυρών μοντέλων που εγγυώνται αντικειμενικές και μεθοδολογικά ορθές αποφάσεις. Οι πληροφορίες είναι πολύτιμες για τους παραγωγούς μόνο εάν είναι έγκαιρες, ακριβείς και εύκολα προσβάσιμες. Αυτές οι προκλήσεις διευρύνονται στην περίπτωση της γεωργίας ακριβείας από το ψηφιακό μέγεθος των δορυφορικών εικόνων και το περιορισμένο εύρος ζώνης που διατίθενται στους παραγωγούς σε πολλές αγροτικές περιοχές (Zhang, 2011).

Τα χωρικά δεδομένα που υπερβαίνουν την παραδοσιακή υπολογιστική ικανότητα, αναφέρονται ως μεγάλα γεωχωρικά δεδομένα και λαμβάνουν μεγάλη προσοχή από τους ερευνητές. Με την εκθετική αύξηση του όγκου των μεγάλων γεωχωρικών δεδομένων, οι προκλήσεις για τη διαχείριση και την ανάλυση των μεγάλων δεδομένων έχουν αυξηθεί. Τα γεωχωρικά δεδομένα αντιπροσωπεύουν σημαντικό μέρος των μεγάλων δεδομένων στις αλυσίδες εφοδιασμού της γεωργίας, με το μέγεθός τους να πολλαπλασιάζεται τουλάχιστον κατά 20% κάθε χρόνο.

Οι Sharma et al. (2018) υπογραμμίζουν την ανάγκη ανάπτυξης των νέων πλαισίων που ενσωματώνουν τα διαφορετικά επίπεδα, την αποθήκευση των δεδομένων, την ανάλυση των δεδομένων και την ανταλλαγή πληροφοριών. Αυτά τα πλαίσια πρέπει να βασίζονται σε αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως τα IoT (Internet of Things), drones, mobile computing και cloud computing. Οι διάφορες εφαρμογές στην ενσωμάτωση των αναδυόμενων τεχνολογιών με τα GIS δεδομένα θα βοηθήσουν τους επαγγελματίες να αποφασίσουν για την υιοθέτηση κατάλληλων τεχνολογιών στους οργανισμούς τους. Κατανοώντας την σημασία των real-time δεδομένων με τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη στην αλυσίδα εφοδιασμού της γεωργίας, οι

επαγγελματίες θα πρέπει να καταλήξουν σε πολιτικές ανταλλαγής δεδομένων. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής αναμένεται να σχεδιάσουν νέους κανόνες και διαδικασίες για την ανοιχτή πρόσβαση στα δεδομένα, διατηρώντας το απόρρητο των δεδομένων και την ασφάλεια των συστημάτων. Ο Wanjohi (2020) παρατήρησε ότι λόγω της χαρτογράφησης ανοιχτού κώδικα και των πολυάριθμων εφαρμογών GIS, πολλοί άνθρωποι έχουν πρόσβαση σε γεωγραφικά δεδομένα. Αυτό μπορεί να είναι καλό, καθώς περισσότεροι κλάδοι μπορούν να εκμεταλλευτούν τα δεδομένα για να λάβουν καλύτερες αποφάσεις.

### **1.7. Σκοπός εργασίας**

Ο σκοπός της παρούσα εργασίας ήταν να ελεγχθούν οι χαμηλές εισροές σε μία καλλιέργεια, δηλαδή, εάν οι χαμηλές εισροές διαφοροποιούν το παραγωγικό αποτέλεσμα και το κάνουν οικονομικά βιώσιμο για τον παραγωγό. Χρησιμοποιώντας τις αρχές της γεωργίας ακριβείας εφαρμόστηκε ορθολογική λίπανση μέσω καινοτόμων και τεχνολογικά προηγμένων μηχανημάτων. Με τη βοήθεια του συστήματος “ISOBUS”, τα παρελκόμενα και οι ελκυστήρες, όπως επίσης και οι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός πρωτοκόλλου, το οποίο είναι υπεύθυνο για την τήρηση των σωστών λειτουργιών (π.χ. τήρηση των σωστών αποστάσεων, ακριβή ακτίνα εκόξευσης του λιπάσματος ή του ζιζανιοκτόνου).

## **Μέρος δεύτερο: Υλικά και Μέθοδοι**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ

Κατά τα έτη 2019-2020 καλλιεργήθηκαν συνολικά 13,6 στρέμματα αραβόσιτου στο αγρόκτημα της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (Α.Γ.Σ) στην περιοχή Θέρμη Θεσσαλονίκης. Στο πείραμα εφαρμόστηκαν τέσσερα (4) διαφορετικά είδη λίπανσης (απλή χημική λίπανση, λίπανση βραδείας αποδέσμευσης, χλωρή λίπανση και κοπριά). Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε πέντε τεμάχια (μάρτυρας και τα τέσσερα τεμάχια όπου έγινε η εφαρμογή των προαναφερόμενων ειδών λίπανσης, αντίστοιχα). Η εφαρμογή των λιπασμάτων έγινε με την βοήθεια καινοτόμων και προηγμένων μηχανημάτων βασισμένη στην γεωργία ακριβείας και για τη σπορά χρησιμοποιήθηκε το υβρίδιο καλαμποκιού P1921. Επιπλέον πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για τα ύψη των φυτών στις αντίστοιχες επεμβάσεις.

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά όλες οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν για την εφαρμογή του πειράματος.

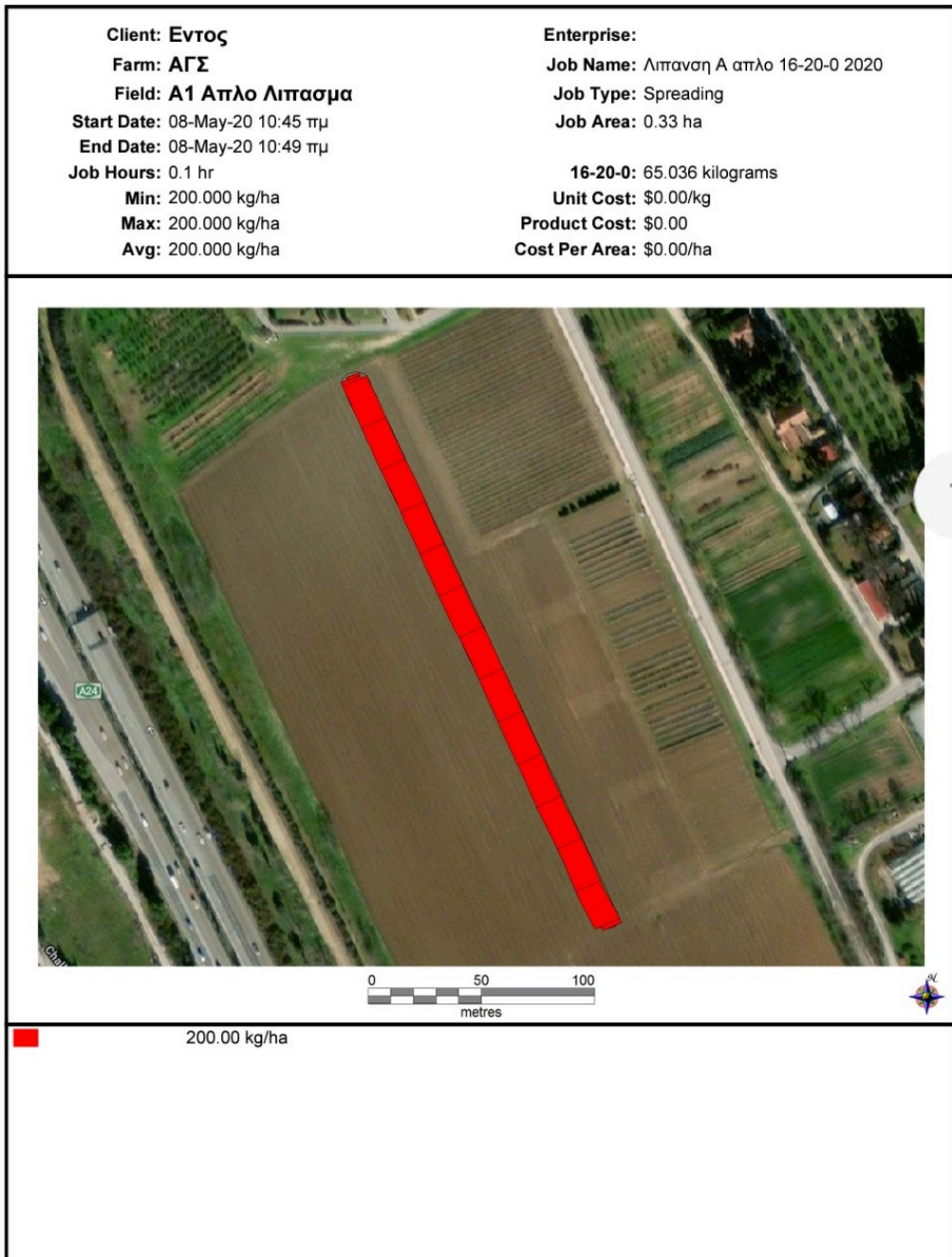


**Εικόνα 2.1: Υβρίδιο καλαμποκιού P1921 (Γκατζώλης Ιωάννης).**

Ο αγρός χωρίστηκε σε 5 πειραματικά τεμάχια (plots):

- Μάρτυρας (1,7 στρ.)
- Απλή χημική λίπανση (3,4 στρ.)
- Χημική λίπανση βραδείας αποδέσμευσης (3,4 στρ.)
- Χλωρή λίπανση (1,7 στρ.)
- Κοπριά (οργανική λίπανση) (3,4 στρ.)

## A1 Απλο Λιπάσμα - Applied Rate 16-20-0



18

Created with Trimble® Ag Software

09-Oct-20

**Εικόνα 2.2:** Το πρώτο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή του απλού λιπάσματος μέσω του συστήματος ISOBUS (Γκατζώλης Ιωάννης).



## A1 Αργής Αποδεσμευσης - Applied Rate 16-20-0

<b>Client:</b> Εντός	<b>Enterprise:</b>
<b>Farm:</b> ΑΓΣ	<b>Job Name:</b> Λιπανση Α βραδειας 16-20-0 2020
<b>Field:</b> A1 Αργής Αποδεσμευσης	<b>Job Type:</b> Spreading
<b>Start Date:</b> 08-May-20 10:53 πμ	<b>Job Area:</b> 0.32 ha
<b>End Date:</b> 08-May-20 10:56 πμ	
<b>Job Hours:</b> 0.0 hr	<b>16-20-0:</b> 64.914 kilograms
<b>Min:</b> 170.500 kg/ha	<b>Unit Cost:</b> \$0.00/kg
<b>Max:</b> 200.000 kg/ha	<b>Product Cost:</b> \$0.00
<b>Avg:</b> 199.854 kg/ha	<b>Cost Per Area:</b> \$0.00/ha



22

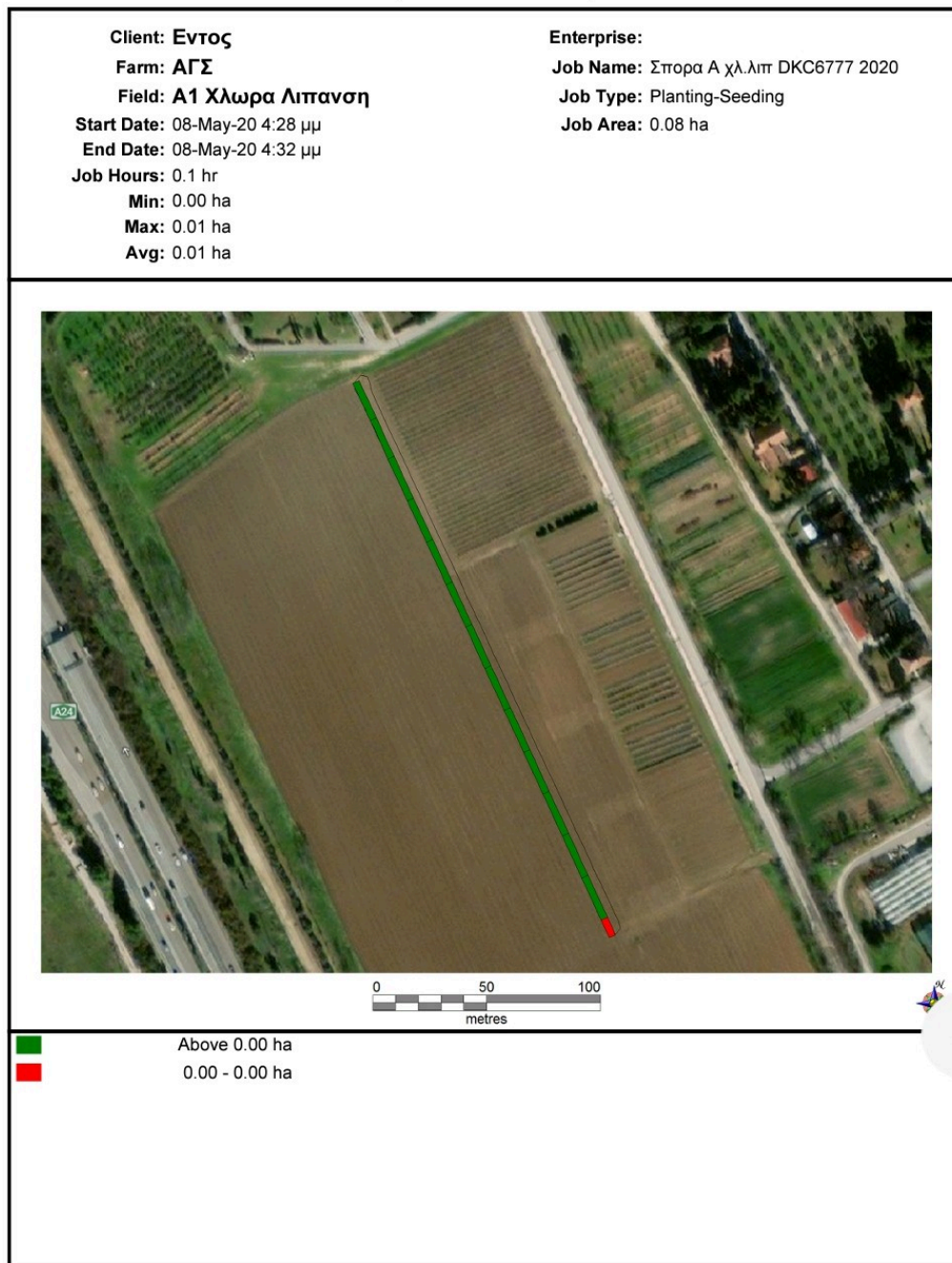
	200.00 kg/ha
	170.50 kg/ha

Created with Trimble® Ag Software

09-Oct-20

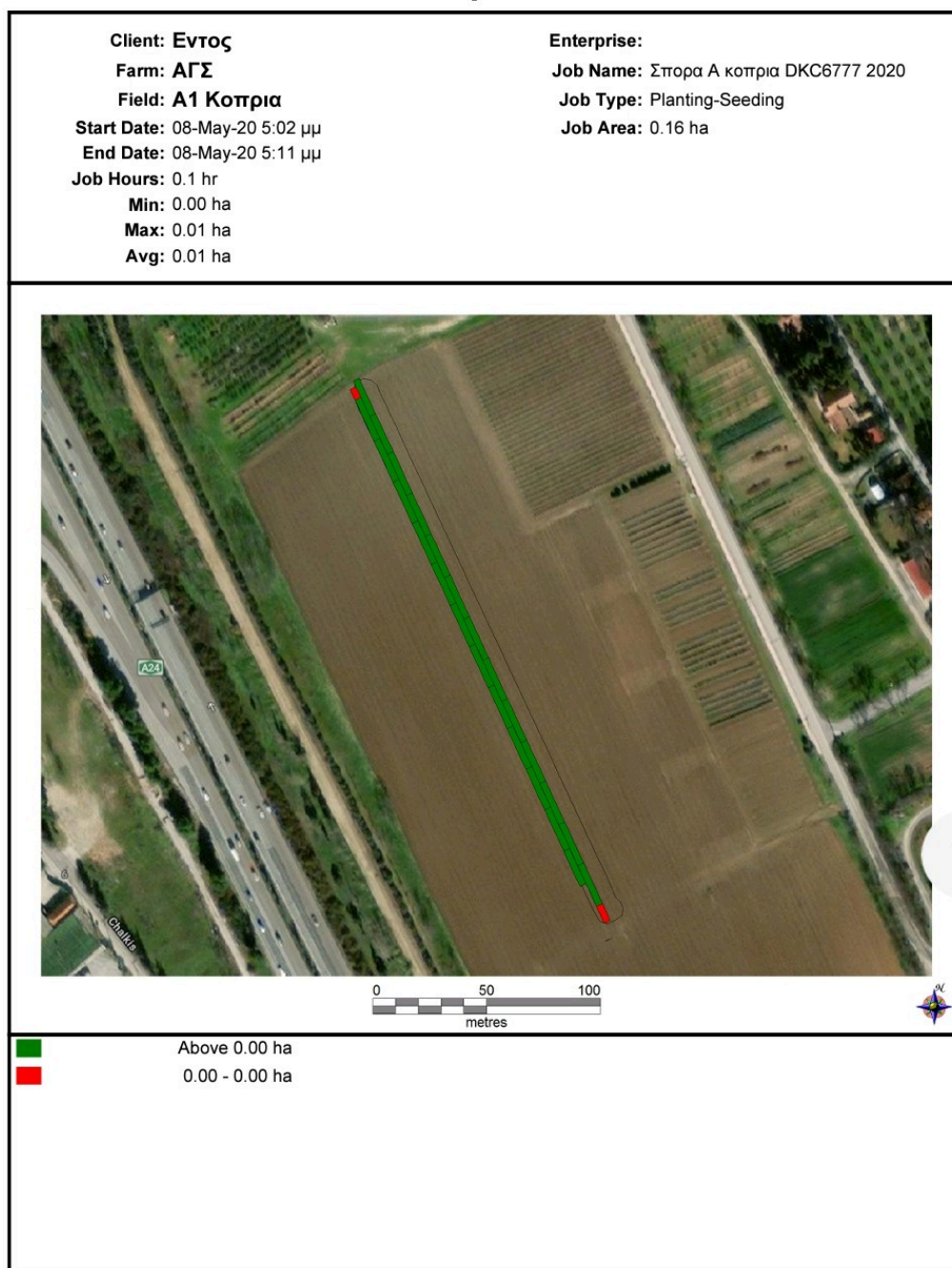
**Εικόνα 2.3:** Το δεύτερο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή του λιπάσματος βραδείας αποδέσμευσης μέσω του συστήματος ISOBUS (Γκατζώλης Ιωάννης).

## A1 Χλωρα Λιπανση - Area



**Εικόνα 2.4:** Το τρίτο plot (1,7 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή της χλωρής λίπανσης μέσω του συστήματος ISOBUS (Γκατζώλης Ιωάννης).

## A1 Κοπρία - Area



Created with Trimble® Ag Software

09-Oct-20

**Εικόνα 2.5:** Το τέταρτο plot (3,4 στρ.) όπου έγινε η εφαρμογή της κοπριάς μέσω του συστήματος ISOBUS (Γκατζώλης Ιωάννης).




## A1 Μαρτυρας - Area

**Client:** Εντος  
**Farm:** ΑΓΣ  
**Field:** A1 Μαρτυρας  
**Start Date:** 08-May-20 4:33 μμ  
**End Date:** 08-May-20 4:38 μμ  
**Job Hours:** 0.1 hr  
**Min:** 0.00 ha  
**Max:** 0.01 ha  
**Avg:** 0.01 ha

**Enterprise:**  
**Job Name:** Σπορα Α μαρτυρας DKC6777 2020  
**Job Type:** Planting-Seeding  
**Job Area:** 0.08 ha



29

 Above 0.00 ha  
 0.00 - 0.00 ha  
 Below 0.00 ha

Created with Trimble® Ag Software

09-Oct-20

**Εικόνα 2.6: Σπορά υβριδίου χωρίς λίπανση (Γκατζώλης Ιωάννης).**

#### Πειραματικό τεμάχιο μάρτυρα

1. Όργωμα.
2. Χρήση δισκοσβάρνας και σβολοκόπτη.
3. Σπορά με πνευματική μηχανή 110h.
4. Εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος στα 2-4 φύλλα και ζιζανιοκτονία στα 6-8 φύλλα.
5. Εφαρμογή μηχανικής ζιζανιοκτονίας με σκαλιστήρι ανάμεσα στις γραμμές. Η ζιζανιοκτονία γίνεται με γραμμικό ψεκαστήρα συνδεδεμένο με τον ελκυστήρα με επικοινωνία ISOBUS.
6. Πότισμα μέσω του συστήματος στάγδην άρδευση (6<sup>ο</sup> φύλλο).
7. Ενσίρωση της καλλιέργειας όταν ο σπάδικας φθάνει στο στάδιο ωρίμανσητης

#### Πειραματικά τεμάχια απλής χημικής λίπανσης και βραδείας αποδέσμευσης:

1. Όργωμα.
2. Χρήση δισκοσβάρνας και σβολοκόπτη.
3. Λίπανση με τη βοήθεια του λιπασματοδιανομένα.
4. Ενσωμάτωση λιπάσματος με ελαφρύ καλλιεργητή.
5. Σπορά με πνευματική μηχανή 110h.
6. Εγκατάσταση αρδευτικού συστήματος στα 2-4 φύλλα και ζιζανιοκτονία στα 6-8 φύλλα.
7. Εφαρμογή μηχανικής ζιζανιοκτονίας με σκαλιστήρι ανάμεσα στις γραμμές με παράλληλη εφαρμογή του λιπάσματος στην καλλιέργεια. Η ζιζανιοκτονία γίνεται με γραμμικό ψεκαστήρα συνδεδεμένο με τον ελκυστήρα με επικοινωνία ISOBUS.
8. Πότισμα μέσω του συστήματος στάγδην άρδευση (6<sup>ο</sup> φύλλο).
9. Ενσίρωση της καλλιέργειας όταν ο σπάδικας φθάνει στο στάδιο ωρίμανσης.

#### Πειραματικό τεμάχιο γλωρής λίπανσης:

1. Σπορά βίκου
2. Ενσίρωση της καλλιέργειας του βίκου στο στάδιο της ανθοφορίας.
3. Ενσωμάτωση στο έδαφος με δισκοσβάρνα και στη συνέχεια, επέμβαση με σβολοκόπτη με δύο περάσματα.
4. Σπορά του καλαμποκιού.
5. Ακολουθούν τα βήματα 5-10 όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

#### Πειραματικό τεμάχιο λίπανσης με κοπριά:

1. Όργωμα του αγροτεμαχίου .
2. Χρήση δισκοσβάρνας και σβολοκόπτη.
3. Ομοίως τα υπόλοιπα βήματα.

## 2.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι τύποι μηχανημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την διεξαγωγή του πειράματος κατά τα έτη 2019 και 2020 και στοιχεία που αφορούν στη χρήση τους κατά τη διάρκεια του πειράματος, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 2.1: Στοιχεία για τη χρήση των γεωργικών οχημάτων κατά το έτος 2019.**

<u>Γεωργικά Μηνήματα (2019)</u>			
Είδος κατεργασίας	Τύπος	Κατανάλωση καυσίμου (lt/hr)	Χρόνος εργασίας (hr-min)
Γεωργικός ελκυστήρας για δισκοσβάρνα βαρέως τύπου	New Holland 110 hp/32 δίσκων	15	50'
Όργωμα	Case 120 hp-4ivo	25	4hr,25'
Γεωργικός ελκυστήρας για σπαρτική μηχανή	New Holland 110 hp	10	1hr,50'
Ψιλοχωμάτισμα με καλλιεργητή ελαφρού τύπου	New Holland 110 hp	15	30'
Γεωργική μηχανή για κοπροδιανομέα/φόρτωμα	Kubota 45hp	15	1hr
Ψιλοχωμάτισμα με σβολοκόπο	Case 120 hp	25	2hr
Γεωργική μηχανή για λιπασματοδιανομέα	New Holland 110 hp	15	30'
Σκαληστήρι		10	1hr
Γεωργική μηχανή για απλωτικό-μαζευτικό μηχάνημα	John Deere 60 hp-Fiat 45hp	15	3hr
Μηχανή συγκομιδής	Class Jaguar 650 hp	100	2hr
Μεταφορά από το χωράφι στο βουστάσιο	Case 120 hp	10	4hr
Όχημα μεταφοράς και διανομής ζωοτροφής	Zetor 140 hp	10	120hr
Όχημα απομάκρυνσης στρωμνής	Zetor 140 hp	10	30hr

**Πίνακας 2.2: Στοιχεία για τη χρήση των γεωργικών οχημάτων κατά το έτος 2020.**

<b>Γεωργικά Μηχανήματα (2020)</b>			
<b>Είδος κατεργασίας</b>	<b>Τύπος</b>	<b>Κατανάλωση καυσίμου (lt/hr)</b>	<b>Χρόνος εργασίας (hrs-min)</b>
Γεωργικός ελκυστήρας για δισκοσβάρνα βαρέως τύπου	New Holland 110 hp/32 δίσκων	15	50´
Όργωμα	Case 120 hp-4ινο	25	4hr,25´
Γεωργικός ελκυστήρας για σπαρτική μηχανή	New Holland 110 hp	10	1hr,50´
Ψιλοχωμάτισμα με καλλιεργητή ελαφρού τύπου	New Holland 110 hp	15	30´
Γεωργική μηχανή για κοπροδιανομέα/φόρτωμα	Kubota 45hp	15	1hr
Ψιλοχωμάτισμα με σβολοκόπο	Case 120 hp	25	2hr
Γεωργική μηχανή για λιπασματοδιανομέα	New Holland 110 hp	15	30´
Σκαλιστήρι		10	1hr
Γεωργική μηχανή για απλωτικό-μαζευτικό μηχανήμα	John Deere 60 hp- Fiat 45hp	15	3hr
Μηχανή συγκομιδής	Class Jaguar 650 hp	100	2hr
Μεταφορά από το χωράφι στο βουστάσιο	Case 120 hp	10	4hr
Όχημα μεταφοράς και διανομής ζωοτροφής	Zetor 140 hp	10	2hr
Όχημα απομάκρυνσης στρωμνής	Zetor 140 hp	10	3hr



**Εικόνα 2.7: Πολύδισκο ελαφρού τύπου (δισκοσβάρνα) (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.8: Προετοιμασία του εδάφους πριν την καλλιέργεια - Όργωμα (Γκατζώλης Ιωάννης).**





**Εικόνα 2.9:** Καλλιεργητής ελατηριωτός ελαφρού τύπου για την ενσωμάτωση λιπασματος και ψιλοτεμαχισμό εδάφους (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.10:** Κοπροδιανομέας (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.11: Σβολοκόπτης για ψιλοτεμαχισμό του εδάφους  
(Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.12: Ψιλοτεμαχισμός εδάφους (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.13: Πνευματική μηχανή σποράς γραμμικών καλλιεργιών  
(Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.14: Λιπασματοδιανομέας μεταβλητής δόσης (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.15: Μηχανική καταστροφή ζιζανίων με ταυτόχρονη λίπανση (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.16: Εγκατάσταση αρδευτικού (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.17:** Μηχάνημα απλώματος και μαζέματος λάστιχων στάγδην άρδευσης (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.18:** Αλωνιστική μηχανή αραβοσίτου (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.19: Στελεχοκόπτης (καταστροφέας) ψιλοτεμαχισμός υπολείμματος καλλιέργειας (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.20: Στελεχοκόπτης (Γκατζώλης Ιωάννης).**





**Εικόνα 2.21: Μηχάνημα τροφοδοσίας και μεταφοράς καλαμποκιού (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.22: Συμπύεση ενσιρώματος για την αφαίρεση του αέρα**  
(Γκατζώλης Ιωάννης).

### **Δειγματοληψία εδάφους**

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία πριν την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Η συνολική έκταση της καλλιέργειας ήταν 13,6 στρέμματα. Οι θέσεις λήψης των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν σε σχήμα W της τη χρήση εδαφολήπτη τύπου Elderman. Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε βάθος 0-30 και 30-60 cm και τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες. Στη συνέχεια, μεταφέρθηκαν σε εργαστήριο ανάλυσης, όπου προσδιορίστηκαν οι φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και οι συγκεντρώσεις των διαθέσιμων μορφών των θρεπτικών στοιχείων.

### **Σύστημα ISOBUS (<https://www.landini.it/as/what-is-isobus/>)**

Το ISOBUS είναι το τυπικό πρωτόκολλο που καθιστά δυνατή τη διαχείριση της επικοινωνίας μεταξύ του ελκυστήρα, του λογισμικού και του εξοπλισμού μεγάλων κατασκευαστών, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών με μια καθολική γλώσσα μέσω μιας μόνο κονσόλας ελέγχου στην καμπίνα του ελκυστήρα. Το πρωτόκολλο ISOBUS είναι το αποτέλεσμα μιας συμφωνίας μεταξύ των κύριων

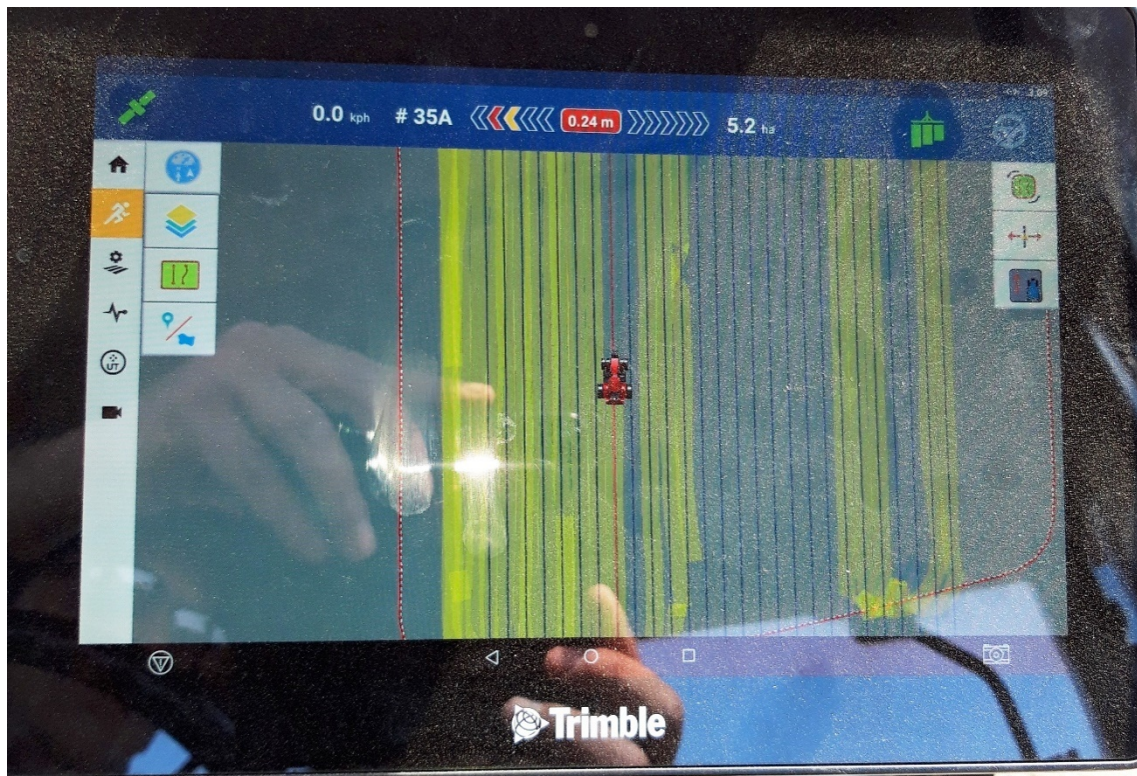
κατασκευαστών γεωργικών μηχανημάτων και εξοπλισμού για την επίλυση προβλημάτων συμβατότητας, τυποποιώντας την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών εργαλείων, ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή. Χάρη στο ISOBUS, η καμπίνα μετατρέπεται σε έναν αυθεντικό υπολογιστή που μπορεί να ελέγξει τα εργαλεία και να τα εφαρμόσει, διασφαλίζοντας την ανταλλαγή πληροφοριών.

Η ραγδαία πρόοδος στην τεχνολογία πληροφοριών και των επικοινωνιών και η επέκταση των γεωργικών εξαρτημάτων έχουν οδηγήσει στην εισαγωγή συστημάτων ελέγχου σύμφωνα με το πρότυπο ISOBUS. Τα σύγχρονα μηχανήματα και τα εργαλεία είναι εξοπλισμένα με πολλαπλούς αισθητήρες και φορείς. Όλα αυτά επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του συστήματος ISOBUS. Κατά τη διάρκεια γεωργικών εργασιών, ο αισθητήρας ανταλλάσει συνεχώς πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Γενικότερα, στο πλαίσιο της γεωργίας ακριβείας το σύστημα ISOBUS συμβάλει σημαντικά στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών, στην αύξηση των αποδόσεων, στη βελτιστοποίηση των πόρων και συνεπώς στη βιωσιμότητα του (Oksanen et al., 2005 & International Organization for Standardization, Tractors and machinery for agriculture and forestry, 2007).



**Εικόνα 2.23:** Αυτόματο τιμόνι που λαμβάνει πληροφορίες από την ψηφιακή καταγραφή για την τήρηση των σωστών αποστάσεων (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.24:** Τήρηση των σωστών αποστάσεων (Γκατζώλης Ιωάννης).

### **Υβρίδιο καλαμποκιού P<sub>1921</sub>**

Τα κύρια χαρακτηριστικά του υβριδίου καλαμποκιού που χρησιμοποιήθηκε είναι τα ακόλουθα:

- Ο βιολογικός κύκλος του είναι 130 -135 ημέρες.
- Πρώτης σπορά.
- Παρουσιάζει ανθεκτικότητα στο ελμυθοσπόριο και στο γυμνό άνθρακα.
- Επικαλυμμένο με την τεχνολογία Limuposa G25 για την καταπολέμηση της *Agrotis ypsilon*.

### **Καλλιεργητικές πρακτικές**

Για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων στην καλλιέργεια καλαμποκιού πρέπει να γίνει σωστή επιλογή υβριδίου, σποράς, άρδευσης και ορθολογικής λίπανσης. Οι ορθές καλλιεργητικές πρακτικές ενισχύουν την αποδοτικότητα του υβριδίου και συμβάλουν στη διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους. Σπάρθηκαν 8.000 σπόροι αραβόσιτου/στρ. σε βάθος 5 cm, εξασφαλίζοντας τον υγιή ανταγωνισμό σε θρεπτικά στοιχεία και στο νερό. Πραγματοποιήθηκε ομοιομορφία σποράς επιτυγχάνοντας τη μη σκίαση των διπλανών φυτών, αποφεύγοντας τη μείωση στις τελικές αποδόσεις.

### **Μέτρηση ύψους των φυτών**

Κατά την διάρκεια του πειράματος συνολικά πραγματοποιήθηκαν τέσσερις μετρήσεις. Οι ημερομηνίες αυτές ήταν 08.07.2019, 25.07.2019, 27.07.2020 και 25.08.2020. Σκοπός των μετρήσεων ήταν να διαπιστωθεί η επίδραση των λιπασμάτων στο ύψος της καλλιέργειας του καλαμποκιού. Οι μετρήσεις έγιναν με την βοήθεια μετροταινίας.

## Άρδευση

Το πρόγραμμα άρδευσης που εφαρμόστηκε και στις δύο χρονιές του πειραματισμού παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες:

**Πίνακας 2.3: Πρόγραμμα αρδεύσεων για τα έτη 2019 & 2020.**

Ημ/νία άρδευσης	Ποσότητα νερού m <sup>3</sup>	Ημ/νία άρδευσης	Ποσότητα νερού m <sup>3</sup>
15/6/2019	1230	16,18/5/2020	2840
18/6/2019	1200	3,4/6/2020	800
22/6/2020	1400	20/6/2020	1320
21/7/2020	1260	22/6/2020	2090
		2/7/2020	1250



**Εικόνα 2.25: Εφαρμογή αρδευτικού δικτύου στην καλλιέργεια (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.26: Εγκατάσταση αρδευτικών σωλήνων στην καλλιέργεια  
(Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.27:** Αρδευτικό δίκτυο στην καλλιέργεια (Γκατζώλης Ιωάννης).



## Λίπανση

Οι λιπάνσεις που εφαρμόστηκαν κατά τα δύο έτη του πειραματισμού παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

### Λίπανση για το έτος 2019

**Πίνακας 2.4: Απλή χημική λίπανση για το έτος 2019.**

Σύνθεση	Χημική Σύσταση	Ποσότητα
NPK 16-20-0	Άζωτο	68
	Φώσφορος (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
	Κάλιο (K <sub>2</sub> O)	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	
N λίπασμα	Ουρία 46-0-0	136
N λίπασμα	Ουρία 46-0-0	68

### Λίπανση για το έτος 2020

**Πίνακας 2.5: Απλή χημική λίπανση για το έτος 2020.**

Σύνθεση	Χημική σύσταση	Ποσότητα (kg/στρ.)
NPK 16-20-0	Άζωτο	68
	Φώσφορος (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
	Κάλιο (K <sub>2</sub> O)	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	
N λίπασμα	Ουρία 46-0-0	136
N λίπασμα	Ουρία 46-0-0	68



**Εικόνα 2.28: Γέμισμα λιπασματοδιανομέα με απλό λίπασμα**  
(Γκατζώλης Ιωάννης).

**Πίνακας 2.6: Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης για το έτος 2019.**

Σύνθεση	Χημική Σύσταση	Ποσότητα (kg/στρ.)
NPK 16-20-0	Ολικό Άζωτο	68
	Φώσφορος (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
	Κάλιο (K <sub>2</sub> O)	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	
	ουρία 40-0- 0+14S	136
stabil N-M 40-0- 0+14S	N ουρίας	68
	N αμμωνιακό	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	

**Πίνακας 2.7: Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης για το έτος 2020.**

Σύνθεση	Χημική Σύσταση	Ποσότητα (kg/στρ.)
NPK 16-20-0	Ολικό Άζωτο	68
	Φώσφορος (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
	Κάλιο (K <sub>2</sub> O)	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	
	ουρία 40-0-0+14S	136
stabil N-M 40-0-0+14S	N ουρίας	68
	N αμμωνιακό	
	Θείο (SO <sub>3</sub> )	



**Εικόνα 2.29: Ρίψη λιπάσματος με τον λιπασματοδιανομέα (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.30: Ενσωμάτωση γλωρής λίπανσης (Γκατζώλης Ιωάννης).**

### Οργανική Λίπανση (κοπριά)

Για τα έτη 2019 και 2020 εφαρμόστηκαν συνολικά 8.400 kg/στρέμμα, δηλαδή για το κάθε έτος η οργανική λίπανση ήταν 4.200 kg/στρέμμα.

Πίνακας 2.8: Εφαρμογή κοπριάς για τα έτη 2019 & 2020.

ΛΙΠΑΝΣΗ 2019 & 2020
Χημική Σύσταση
N
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
K <sub>2</sub> O
CaO
MgO



Εικόνα 2.31: Μηχάνημα κοπροδιανομέα (Γκατζώλης Ιωάννης).



**Εικόνα 2.32: Κοπροδιανομή (Γκατζώλης Ιωάννης).**

### Διαχείριση των ζιζανίων

Η αποτελεσματική διαχείριση των ζιζανίων είναι κρίσιμη για το ευαίσθητο στάδιο της πρώτης ανάπτυξης. Η δυσμενής επίδραση των ζιζανίων στην ανάπτυξη του αραβοσίτου οφείλεται στον ανταγωνισμό και στην αλληλοπάθεια. Επομένως, πραγματοποιήθηκαν ψεκασμοί με μηχανική ζιζανιοκτονία (σκαλιστήρι) με τα παρακάτω σκευάσματα.

**Πίνακας 2.9: Σκευάσματα ζιζανιοκτόνων για τα έτη 2019 & 2020.**

ZIZANIOKTONIA 2019		ZIZANIOKTONIA 2020	
Όνομασία	Ποσότητα	Όνομασία	Ποσότητα
Laudis	2 lit/13,6 στρ.	Calaris	3,06 lit/13,6 στρ.
Monsoon	2 lit/13,6 στρ.	Nicosh	4,93 lit/13,6 στρ.

Laudis: Δραστική ουσία: tembotrione 20% β/β (Crop Science, 2021).

Εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο της ομάδας των τρικετονών για την μεταφυτρωτική καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων στον αραβόσιτο και στον γλυκό αραβόσιτο. Παρεμποδίζει τη δράση του ενζύμου 4-HPPD (αναστέλλοντας τη βιοσύνθεση των καροτινοειδών) προκαλώντας έντονο μεταχρωματισμό (λεύκανση) των φύλλων των ζιζανίων. Τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται στα φύλλα 3 με 4 ημέτης μετά την εφαρμογή με το Laudis 30 WG και, στη συνέχεια, σταδιακά εξαφανίζονται. Τελικά τα ζιζάνια νεκρώνονται μέσα σε 2 εβδομάδες.

Monsoon: foramsulfuron-sodium 3,15% β/ο, thiencarbazone-methyl 1% β/ο (Crop Science, 2021).

Διασυστηματικό εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για τη μεταφυτρωτική καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων στον αραβόσιτο. Το Monsoon Active είναι μίγμα δύο δραστικών ουσιών, του foramsulfuron-sodium και του thiencarbazone-methyl, οι οποίες δρούν μέσω της παρεμπόδισης του ενζύμου οξειγαλακτική συνθετάση (ALS). Το foramsulfuron-sodium απορροφάται κυρίως από τα φύλλα και σε πολύ μικρό βαθμό από τις ρίζες και στη συνέχεια μεταφέρεται τόσο με τον ανιόντα, όσο και με τον κατιόντα, στο χυμό. Η ανάπτυξη των ζιζανίων σταματά αμέσως μετά την εφαρμογή με το Monsoon Active, ενώ η πλήρης νέκρωσή τους επέρχεται σε διάστημα 1-3 εβδομάδων.

Calaris: (Terbuthylazine 33%, Mesotrione 7%) (K&NE, 2021).

Διασυστηματικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση ετήσιων αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων στον αραβόσιτο που μετακινείται ανοδικά και καθοδικά στο φυτό. Τα ζιζάνια απορροφούν το ζιζανιοκτόνο από τα φύλλα, τους βλαστούς και τις ρίζες και σταματούν την ανάπτυξή τους σύντομα μετά την εφαρμογή. Η δ.ο. mesotrione παρεμποδίζει τη βιοσύνθεση της πλαστοκινόνης και των καροτινοειδών με δράση στο ένζυμο 4-HPPD. Η δ.ο. terbuthylazine δρα ως παρεμποδιστής της φωτοσύνθεσης.

Nicossh 4OD: Nicosulfuron 4% (β/ο) (Agrology, 2021)

Διασυστηματικό και μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση ορισμένων αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες αραβοσίτου. Το nicosulfuron δρα παρεμποδίζοντας το ένζυμο ALS (οξειγαλακτική συνθετάση).



**Εικόνα 2.33: Προετοιμασία ζιζανιοκτονίας (Γκατζώλης Ιωάννης).**



**Εικόνα 2.34: Εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων με ψεκαστικό μηχανήμα μεταβλητής δόσης (Γκατζώλης Ιωάννης).**



## **Μέρος τρίτο: Αποτελέσματα και συζήτηση**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

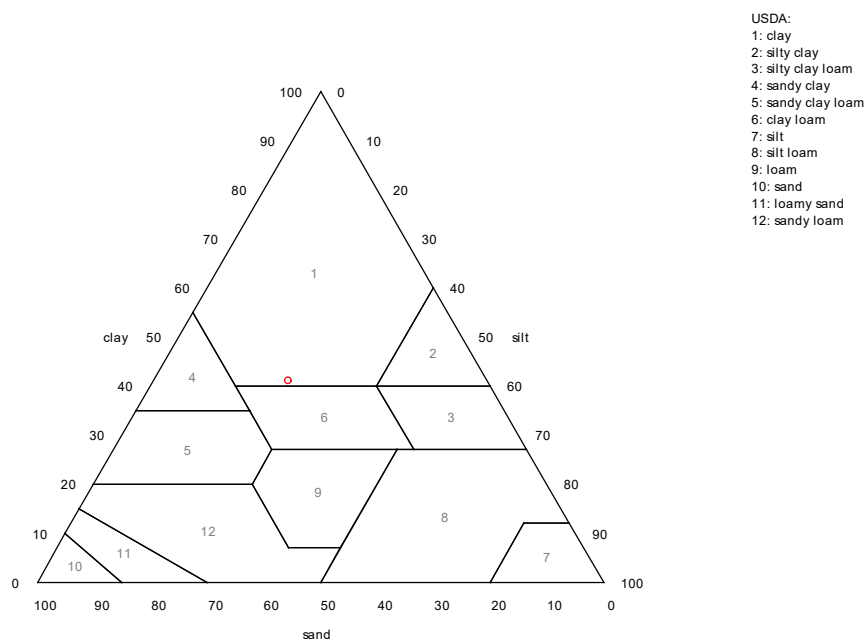
### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Αποτελέσματα αναλύσεων του εδάφους

Τα αποτελέσματα των βασικών αναλύσεων του εδάφους (μηχανική σύσταση, pH, οργανική ουσία, CaCO<sub>3</sub>, ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (CEC)) όπως και οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων παρουσιάζονται στον Πίνακα.3.1.

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα εδαφολογικής ανάλυσης.

Εδαφικές παράμετροι	Οριακές τιμές	Μετρήσιμες τιμές
Άμμος (%)		35,2
Ιλύς (%)		23,4
Άργιλος (%)		41,4
pH	6,5 - 8,5	8,1
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, EC (mS/cm)	<2,0	0,91
Οργανική Ουσία (%)	6	2,92
CaCO <sub>3</sub> (%)	0,5-20	11,18
Νιτρικό άζωτο N-NO <sub>3</sub> (ppm)	5-9	47,88
Αφομοιώσιμος φώσφορος (ppm)	12-15	9,22
Ασβέστιο, Ca (ppm)	500	5467,78
Μαγνήσιο, Mg (ppm)	26-50	668,68
Νάτριο, Na (ppm)		326,86
Κάλιο, K (ppm)	100-150	1352,55
Χαλκός, Cu (ppm)	0,4-0,8	1,30
Ψευδάργυρος, Zn (ppm)	0,6-1,0	1,33
Σίδηρος, Fe (ppm)	5,0-10,0	6,82
Μαγγάνιο, Mn (ppm)	5,0-8,0	10,82
Βόριο, B (ppm)	0,4-0,6	1,97
Ικανότητα Ανταλλαγής κατιόντων		34,62 meq/100g



**Σχήμα 3.1: Τρίγωνο μηχανικής (κοκκομετρικής) σύστασης του εδάφους.**

Το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι αργιλώδες (Σχήμα 3.1), με pH μέτρια αλκαλικό, ασβεστούχο, μη αλατούχο, με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (για τα ελληνικά δεδομένα), ενώ η CEC δείχνει πως το έδαφος είναι υψηλής γονιμότητας.

Γενικά το καλαμπόκι προσαρμόζεται σε ποικιλία εδαφικών συνθηκών, όμως το άριστο εδαφικό περιβάλλον για την καλλιέργειά του είναι: έδαφος μέσης σύστασης, βαθύ, καλώς αποστραγγιζόμενο, με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, pH 688 και ηλεκτρική αγωγιμότητα, EC γύρω στο mS/cm.

Συνολικά, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων είναι η εξής:

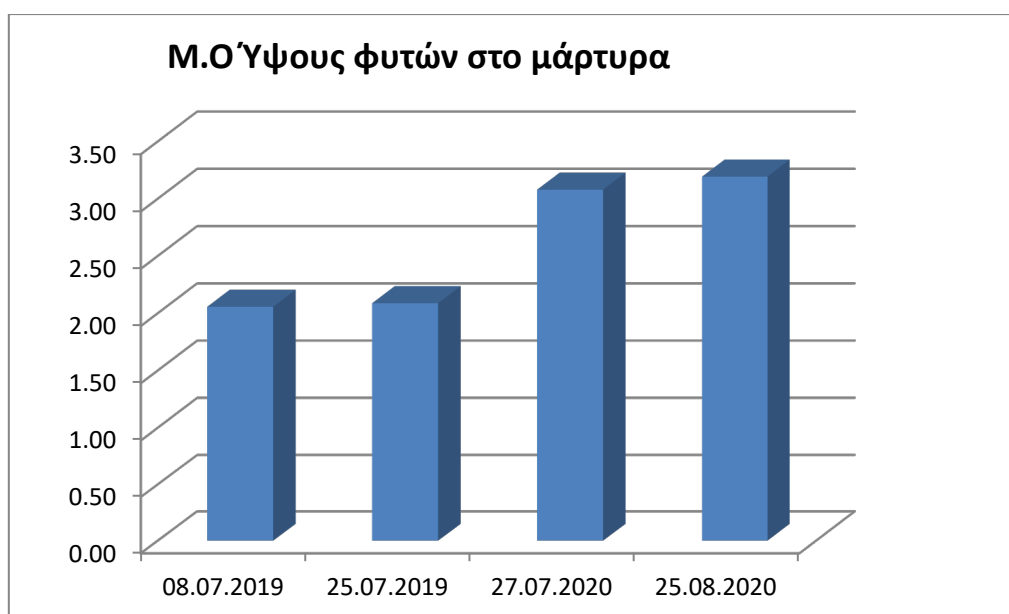
1. Υψηλή περιεκτικότητα σε NO<sub>3</sub>-N, Ca, Mg και K.
2. Επάρκεια σε Cu, Zn, Mn και B και οριακά επίπεδα Fe.
3. Χαμηλή περιεκτικότητα σε P.

### 3.2 Μετρήσεις ύψους φυτών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα ύψη των φυτών ανά λίπανση. Τέλος, παρουσιάζονται συγκριτικά όλα τα ύψη των φυτών μεταξύ των ειδών λίπανσης.

**Πίνακας 3.2: Ύψη φυτών στην επέμβαση του Μάρτυρα**

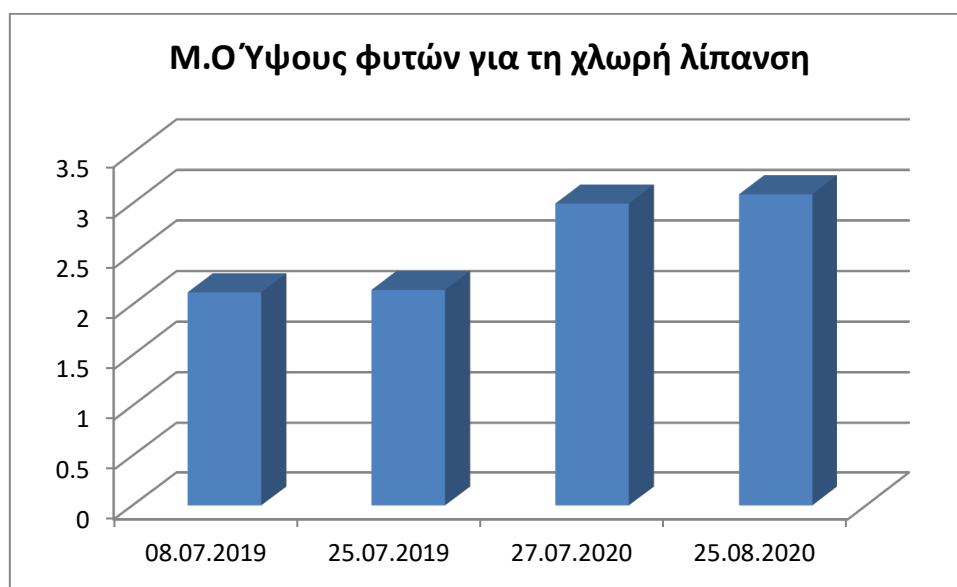
	Ύψη Φυτών - Μάρτυρας			
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
	2,00	2,02	3,05	3,17
	2,00	2,05	3,11	3,20
	1,90	1,95	3,17	3,27
	1,90	1,96	3,20	3,32
	2,13	2,14	2,94	3,21
	2,09	2,09	3,03	3,10
	2,23	2,28	3,03	3,12
	2,20	2,21	3,10	3,15
<b>Μ.Ο</b>	2,06	2,09	3,08	3,19



**Σχήμα 3.2: Μέσοι όροι ύψους φυτών στο μάρτυρα για τα έτη 2019-2020.**

**Πίνακας 3.3: Ύψη φυτών στην επέμβαση της Χλωρής Λίπανσης**

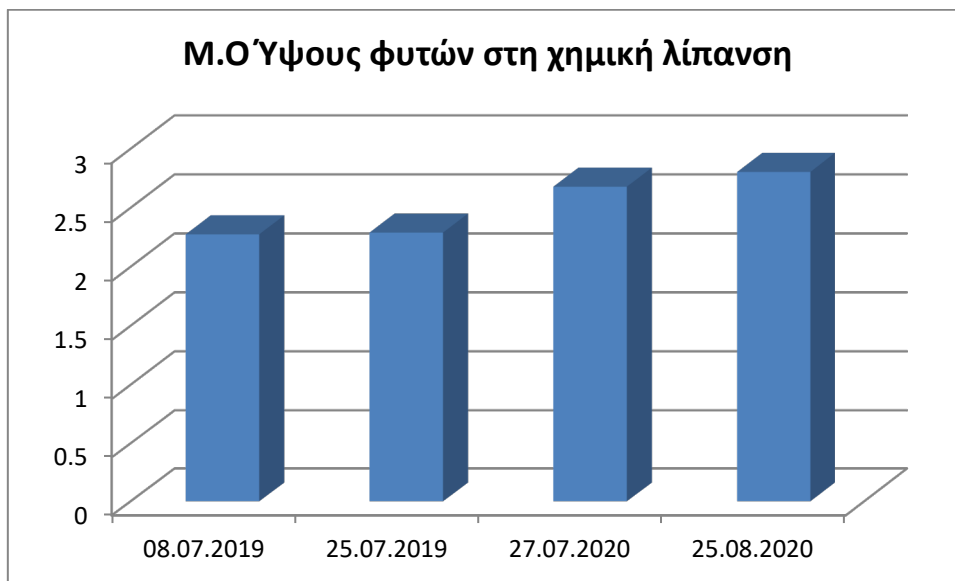
	Ύψη Φυτών - Χλωρά Λίπανση			
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
	2,10	2,12	2,75	2,88
	2,05	2,09	2,97	3,10
	2,13	2,16	3,07	3,12
	2,18	2,18	2,94	3,12
	2,13	2,12	2,96	3,03
	2,13	2,16	2,96	3,05
	2,14	2,15	3,20	3,27
	2,10	2,17	3,13	3,15
<b>Μ.Ο</b>	2,12	2,14	3,00	3,09



**Σχήμα 3.3: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη χλωρή λίπανση για τα έτη 2019-2020.**

**Πίνακας 3.4: Ύψη φυτών στην επέμβαση της χημικής λίπανσης**

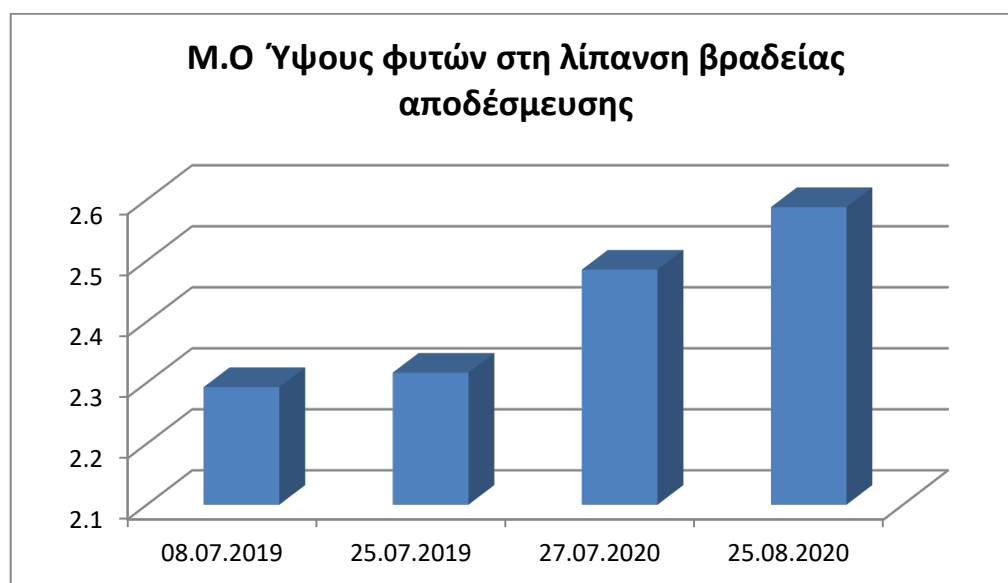
	Ύψη Φυτών - Χημική Λίπανση			
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
	2,30	2,33	2,86	3,12
	2,38	2,38	2,85	3,03
	2,30	2,33	2,83	2,95
	2,18	2,22	2,78	3,00
	2,25	2,27	2,46	2,59
	2,31	2,31	2,60	2,56
	2,23	2,24	2,58	2,57
	2,25	2,24	2,47	2,61
M.O	2,28	2,29	2,68	2,80



**Σχήμα 3.4: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη χημική λίπανση για τα έτη 2019-2020.**

**Πίνακας 3.5: Ύψη φυτών στην επέμβαση της λίπανση βραδείας αποδέσμευσης**

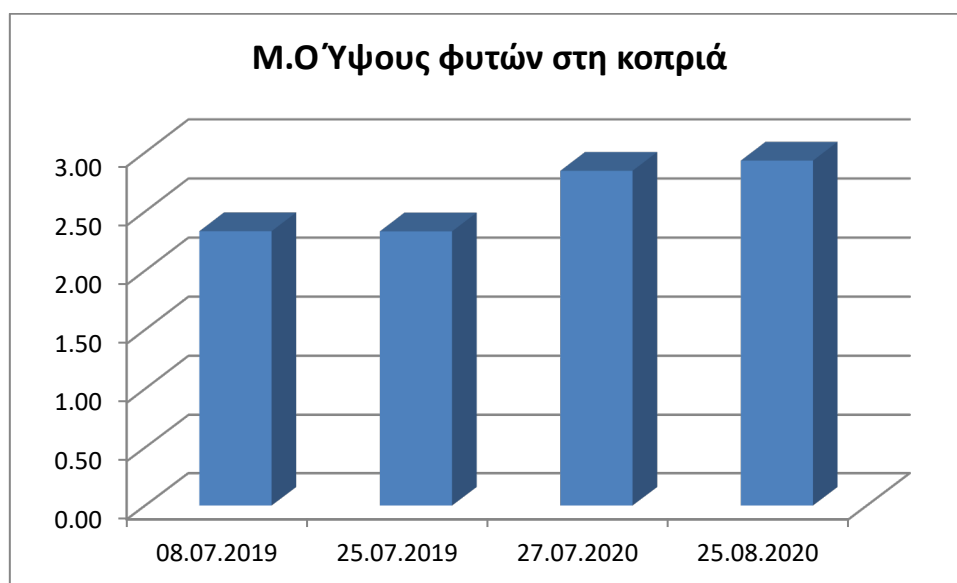
	Ύψη Φυτών – Λίπανση Βραδείας Αποδέσμευσης			
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
	2,30	2,34	2,57	2,64
	2,40	2,41	2,51	2,60
	2,29	2,29	2,48	2,58
	2,20	2,19	2,62	2,69
	2,36	2,38	2,30	2,54
	2,30	2,29	2,38	2,46
	2,29	2,34	2,40	2,55
	2,20	2,29	2,62	2,64
M.O	2,29	2,32	2,49	2,59



**Σχήμα 3.5: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη λίπανση βραδείας αποδέσμευσης για τα έτη 2019-2020.**

**Πίνακας 3.6: Ύψη φυτών στην επέμβαση με κοπριά**

	Ύψη Φυτών - Κοπριά			
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
	2,19	2,18	2,70	2,87
	2,27	2,27	2,94	2,96
	2,39	2,39	2,96	2,98
	2,32	2,31	2,88	2,97
	2,34	2,33	2,76	2,87
	2,40	2,42	2,83	2,99
	2,40	2,41	2,83	2,87
	2,35	2,34	2,85	2,93
M.O	2,33	2,33	2,84	2,93

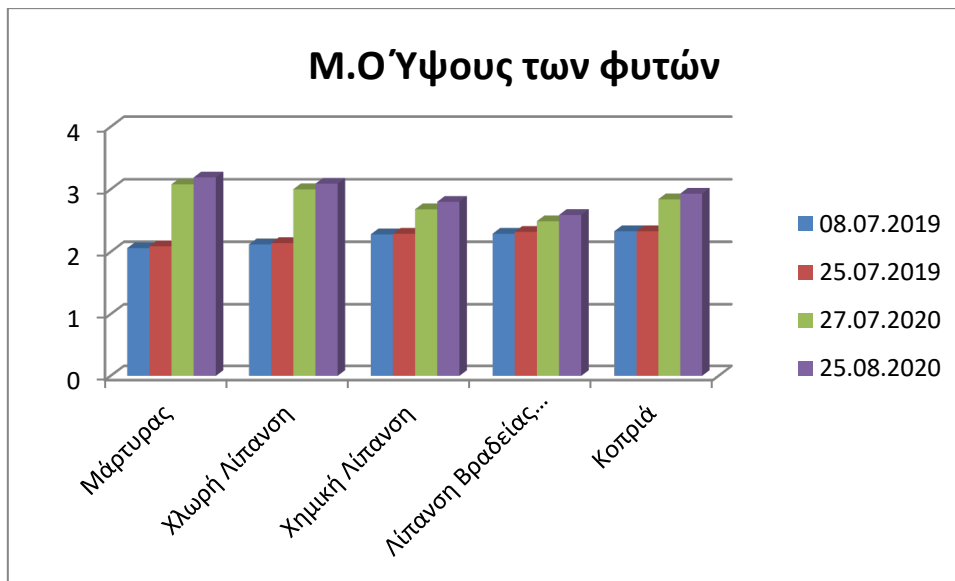


**Σχήμα 3.6: Μέσοι όροι ύψους φυτών στη λίπανση με κοπριά για τα έτη 2019-2020.**



**Πίνακας 3.7: Μέσοι όροι ύψους φυτών στην κάθε επέμβαση για τα έτη 2019-2020.**

Μ.Ο Ύψους Φυτών				
	08.07.2019	25.07.2019	27.07.2020	25.08.2020
Μάρτυρας	2,06	2,09	3,08	3,19
Χλωρή Λίπανση	2,12	2,14	3,00	3,09
Χημική Λίπανση	2,28	2,29	2,68	2,80
Λίπανση Βραδείας Αποδέσμευσης	2,29	2,32	2,49	2,59
Κοπριά	2,33	2,33	2,84	2,93



**Σχήμα 3.7: Μέσοι όροι ύψους φυτών στην κάθε επέμβαση για τα έτη 2019-2020.**

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, βάση της ημερομηνίας 8 και 25-7-2019 η μεγαλύτερη μέτρηση σε μέσους όρους ύψους φυτών σημειώθηκε στην επέμβαση της κοπριάς και αντίστοιχα τις ημερομηνίες 27-7-2020 και 25-08-2020 2019 σημειώθηκε στην επέμβαση του μάρτυρα. Ως πιθανή εξήγηση μπορεί να θεωρηθεί το γεγονός πως στον μάρτυρα το έδαφος είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία εξαιτίας λιπάνσεων προηγούμενων ετών. Η κοπριά ως οργανικό λίπασμα αφομοιώθηκε άμεσα από τα

φυτά, αφού ενσωματώθηκε στο έδαφος εξασφαλίζοντας την άμεση αξιοποίηση των θρεπτικών στοιχείων. Η λίπανση βραδείας αποδέσμευσης απελευθερώνει σταδιακά τα θρεπτικά στοιχεία της, με αποτέλεσμα τη μη έγκυρη επίδραση στα ύψη των φυτών. Η σύνθετη λίπανση σε ένα ήδη πλούσιο έδαφος δεν έχει ουσιαστική επίδραση στα φυτά. Οι υψηλές συγκεντρώσεις κάποιων στοιχείων παρεμποδίζουν την απορρόφηση άλλων στοιχείων, με αποτέλεσμα να λειτουργούν εις βάρος της καλλιέργειας. Τέλος, η χλωρή λίπανση έχει πολλούς περιοριστικούς παράγοντες και εξαρτάται σε άμεσο βαθμό από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες.

### 3.3 Μετρήσεις ποσότητας ενσιρώματος

Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζονται οι ποσότητες ενσιρώματος (kg/στρέμμα) στις επεμβάσεις.

**Πίνακας 3.8: Ποσότητες ενσιρώματος.**

Επέμβαση	Ποσότητα (kg/στρ.) (2019)	Ποσότητα (kg/στρ.) (2020)
Χημική λίπανση	3718	4.471
Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης	4647	5.088
Χλωρή ίπανση	3718	4.647
Κοπριά	2788	3.823,50
Μάρτυρας	4459	4.823,50

Η μεγαλύτερη ποσότητα ενσίρωματος και στα δύο έτη επιτεύχθηκε στην επέμβαση της λίπανσης βραδείας αποδέσμευσης, έπειτα ακολουθεί ο μάρτυρας, η χλωρή λίπανση, η χημική λίπανση και τέλος η κοπριά. Επομένως, η φθίνουσα σειρά απόδοσης σε ενσίρωμα έχει ως εξής:

Λίπανση βραδείας αποδέσμευσης > Μάρτυρας > Χλωρή λίπανση > Χημική λίπανση > Κοπριά

Η μεγαλύτερη απόδοση παρατηρήθηκε στην επέμβαση με το λίπασμα βραδείας αποδέσμευσης, διότι το λίπασμα επιτρέπει την αποδέσμευση των συστατικών του και τη διάθεσή των στοιχείων στα φυτά με βραδείς ρυθμούς, μειώνοντας τον κίνδυνο απωλειών (π.χ. λόγω έκπλυσης) της διαθέσιμης για τα φυτά ποσότητας θρεπτικών στοιχείων. Λιπάσματα βραδείας αποδέσμευσης υπάρχουν είτε ανόργανα είτε οργανικά. Στοχεύουν στη βελτιστοποιημένη χρονική απελευθέρωση θρεπτικών στοιχείων σύμφωνα με τις ανάγκες θρέψης της καλλιέργειας, αποφεύγοντας τις αέριες απώλειες, τις απώλειες λόγω απορροής και την νιτρορύπανση.

Δεύτερη απόδοση σε ενσίρωμα παρατηρήθηκε στο μάρτυρα. Παρόλο που ο μάρτυρας δεν υπέστη καμία εδαφοβελτιωτική επεξεργασία φανερώνει την πλούσια θρεπτική κατάσταση του εδάφους. Αυτό γίνεται φανερό από την εδαφοανάλυση. Επιπλέον, η θρεπτικότητα του εδάφους οφείλεται σε προηγούμενες επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν τα προηγούμενα χρόνια.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η χλωρή λίπανση. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της χλωρής λίπανσης είναι η διαθεσιμότητα του αζώτου στο έδαφος για την καλλιέργεια που ακολουθεί, ενώ παράλληλα αντιμετωπίζει την ζιζανιοχλωρίδα. Αν και παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, η αποτελεσματικότητά της εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η κατάσταση το εδάφους το είδος της ενσωματωμένης φυτομάζας, το κλίμα (θερμοκρασία και υγρασία) και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού. Συμπερασματικά, η αποδοτικότητα της χλωρής λίπανσης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και εκεί πιθανότατα οφείλεται η μειωμένη ποσότητα σε ενσίρωμα συγκριτικά με τις άλλες επεμβάσεις.

Η τέταρτη, κατά σειρά, απόδοση σε ενσίρωμα παρατηρήθηκε στην επέμβαση της χημικής λίπανσης. Η χημική λίπανση είναι οποιαδήποτε ουσία φυσική ή τεχνητή η οποία περιέχει ένα ή περισσότερα θρεπτικά στοιχεία και συμβάλλει στην ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών. Αυτό σημαίνει ότι εφαρμόζονται μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, τις οποίες τα φυτά δεν μπορούν να

απορροφήσουν στο σύνολό τους προκαλώντας ακόμη και φαινόμενα ρύπανσης (π.χ. νιτρορύπανση). Σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίζονται προβλήματα έλλειψης σε άλλα θρεπτικά στοιχεία, κυρίως λόγω φαινομένων ανταγωνισμού.

Τέλος, η μικρότερη απόδοση σε ενσίρωμα παρατηρήθηκε στην επέμβαση με κοπριά. Η χρησιμοποίησή της είναι υποβοηθητική τόσο για το φυτό όσο και για το έδαφος, πρέπει όμως να είναι καλά χωνεμένη και απαλλαγμένη από άλατα, σπόρους και βλαβερούς μικροοργανισμούς. Η χώνεψη της κοπριάς πραγματοποιείται στο έδαφος με αργό ρυθμό. Ανάλογα με το είδος της κοπριάς π.χ από βοοειδή, αιγοπρόβατα, πουλικά κ.λπ. η περιεκτικότητα σε άζωτο διαφέρει. Επομένως, η μικρότερη απόδοση σε ενσίρωμα στην περίπτωση αυτή οφείλεται είτε στο γεγονός πως άργησε να αφομοιωθεί στο έδαφος, είτε γιατί ήταν φτωχή σε θρεπτικά στοιχεία.

## Βιβλιογραφία

### Α. Ελληνική

- Αναλογίδης Δ., 2007 *Τα μικροθρεπτικά στοιχεία στο αγροτικό οικοσύστημα*, Εκδόσεις Αγρότυπος.
- Γαλανοπούλου Α., 2002. *Βιομηχανικά φυτά: Βαμβάκι και υπόλοιπα κλωστικά, ελαιοδοτικά, ζαχαρότευτλα, καπνός*. Σταμούλης, Αθήνα.
- Γεωργία Κτηνοτροφία, 2003. *Η κατάσταση της γεωργίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση*
- Δερμάνης, Α., 1999. Γεωλογικές Επιστήμες, Εκδόσεις Ζήτη, Αθήνα, σελ 470.
- Δόρδας, Χ., 2018. Γενική Γεωργία, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Αθήνα, σελ 338.
- Καρκάνης Ανέστης, 2007. *Επίδραση της άρδευσης και της χλωρής λίπανσης στη ζιζανιοχλωρίδα*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διδακτορική Διατριβή.
- Λυκουργιώτης Σ., 2020. *Γεωργική Διερεύνηση με και χρήση πρώτων υπολειμματικών πρώτων υλών σε συνδυασμό με την αξιοποίηση ελληνικών ορυκτών ως καταλυτών για την παραγωγή βιοκαυσίμων και πράσινων βιοκαυσίμων*. Διδακτορική διατριβή. Πάτρα.
- Μίχα, Ι. 2017. *Ανάπτυξη αυτόματου εργαλείου σε περιβάλλον Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών για την εκτίμηση του κινδύνου των κατολισθήσεων με στόχο τη βελτιστοποίηση χάραξης αγωγών και τη διευκόλυνση της ενόργανης παρακολούθησής τους*. Διπλωματική διατριβή. Αθήνα.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. 2008. *Ειδική γεωργία Ι (Τεύχος Α')* Σιτηρά (Χειμερινά-Εαρινά). Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2013. Εθνικό σχέδιο στρατηγικής Αγροτικής Ανάπτυξης 2007-2013. Διαθέσιμο στο: (<https://www.informea.org/sites/default/files/legislation/gre110014.pdf>)
- Φλωράς Σ., 2004. Παραδόσεις του μαθήματος Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών. Βόλος.
- Φουντάς, Σ. & Γέμτος, Θ., 2015. Γεωργία Ακριβείας, Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Χαλκιάς Χ., 2016. *Γεωγραφική ανάλυση με την αξιοποίηση της γεω-πληροφορικής*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/454>

## B. Ξενογλώσση

AABSyS IT, 2018. *Agriculture*.

Retrieved from: (<https://www.aabsys.com/industries/gis-for-natural-resource-management/gis-agriculture>)

Abdelrahman M.A., Natarajan A., Hegde R., 2016. *Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India*. Egypt. J. Remote Sens. Space Sci., 19 (1), 125–141.

Acharya S.M., Pawar S.S., Wable N.B., 2018. *Application of Remote Sensing & GIS in Agriculture*. *International Journal of Advanced Engineering Research και Science (IJAERS)*, Vol-5, Issue-4, <https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.5.4.10>

Adams M.L., Norvell W.A., Philpot W.D., Peverly J.H., 2000. *Spectral detection of micronutrient deficiency in 'Bragg' Soybean*. *Agronomy Journal*, 92, 261–268.

Aggarwal P.K., 1995. *Uncertainties in crop, soil και weather inputs used in growth models: Implications for simulated outputs και their application*. *Agricultural Systems*, 48, 361–384.

Agrology, 2021. Nicosh 4OD. (<https://agrology.eu/product/nicosh-4od/>)

Agrotis.com.gr. n.d. [online] Available at: <<https://www.agrotis.com.gr/>> [Accessed 27 March 2021].

Akinci H., Özalp A.Y., Turgut B., 2013. *Agricultural land use suitability analysis using GIS και AHP technique*. *Comput. Electron. Agric.*, 97, 71–82.

Asadi S.S., Vasantha Rao B.V.T., Raju M.V., Anji Reddy, 2012. *M. Analysis and interpretation of land resources using remote sensing and GIS: a case study*, *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Vol. 2, Issue 1, pp. 309-314.

Baligar VC, Fageria NK, He ZL. 2001. *Nutrient use efficiency in plants*. *Comm Soil Sci Plant Anal* 32: 921–950.

Bansal, V.K. 2014. *Use of geographic information systems in spatial planning: A case study of an institute campus*. *J. Comput. Civil Eng.*, 28.

Beinroth F.H., Jones J.W., Knapp E.B., Papajorgji P., Luijten J., 1998. *Evaluation of land resources using crop models και a GIS*. In: G. Y. Tsuji et al. (eds) *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, Netherlands, 293–311.

- Bibby, P.; *Shepherd, J.* 2000. *GIS, land use, and representation*. Environ. Plan. B Plan. Des., 27, 583–598.
- Blackmore, S., 2000. The Interpretation of Trends from Multiple Yield Maps. Computers and Electronics in Agriculture, 26, 37-51. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00075-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00075-7)
- Blackmore, S., Godwin, R. J., & Fountas, S., 2003. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. Biosystems Engineering, 84(4), 455–466. doi:10.1016/s1537-5110(03)00038-2
- Blasch G., Spengler D., Hohmann C., Neumann C., Itzerott S., Kaufmann H. , 2015. *Multitemporal soil pattern analysis with multispectral remote sensing data at the field-scale*. Comput. Electron. Agric., 113, 1–13.
- Bongiovanni, R. and Lowenberg-DeBoer, J., 2004. Precision Agriculture and Sustainability. Precision Agriculture, 5: 359-387.
- Booltink H.W.G., Verhagen J., 1997. *Using decision support systems to optimize barley management on spatially variable soil*. In: M. J. Kropff et al. (eds) *Applications of systems approaches at the field level*. Systems approaches for sustainable agricultural development. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, Netherlands, 6, 219– 233.
- Bouman B.A.M., Wopereis M.C.S., Riethoven J.J., 1994. *The use of crop growth models in agroecological zonation of rice*. SARP Research Proceedings of DLO Research Institute for Agro-Biology and Soil Fertility. Wageningen Agricultural University and IRRI, Manila, Philippines.
- Brail R.K., Klosterman R.E., 2001. *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools*. ESRI Inc.
- Bronson K., Knezevic I., 2016. *Big Data in food and agriculture*. Big Data Soc. 3 (1) p. 2053951716648174.
- Bullock D.S., Lowenberg-DeBoer J., Swinton S.M., 2002. *Adding value to spatially managed inputs by understanding site-specific yield response*. Agricultural Economics: The Journal of the International Association of Agricultural Economists, 27, 233–245.
- Burrough P.A., 1986. *Principles of geographical information systems for land resource assessment*. Oxford University Press, New York.

- Carbonell I., 2016. *The ethics of big data in big agriculture*. Internet Policy Rev. 5(1). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2772247>
- Chen, D., Shams, S., Moreno, C. and Leone, A., 2010. Assessment of open source GIS software for water resources management in developing countries. *Journal of Hydro-environment Research*, 4(3), 253-264.
- Cherr CM, Scholberg JMS, McSorley R. 2006. Green manure approaches to crop production: a synthesis. *Agron. J.* 98: 302–319.
- Clay D.E., Shanahan J.F., 2011. *GIS applications in agriculture, Volume two: Nutrient management for energy efficiency*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Collins M.G., Steiner F.R., Rushman M.J., 2001. *Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements*. *Environ. Manage.*, 28 (5), 611–621.
- Corwin D.L., Loague K., 1996. *Applications of GIS to the modeling of non-point source pollutants in the vadose zone*. SSSA, Madison, WI, SSSA Special Publication No. 48.
- Crop Science, 2021. Laudis. (<https://www.cropscience.bayer.gr/Products/Crop-Protection/Herbicides/Laudis-WG>)
- Crop Science, 2021. MONSOON Active OD. (<https://www.cropscience.bayer.gr/Products/Crop-Protection/Herbicides/Monsoon-Active-OD.aspx>)
- Lei, X., Wang, Y., Liao, W., Jiang, Y., Tian Y. and Wang, H., 2011. Development of efficient and cost-effective distributed hydrological modeling tool MWEasyDHM based on open-source MapWindow GIS. *Computers & Geosciences*, 37, 1476-1489.
- Deosthali V., Akmanchi A., Salunke C., 2005. *Soybean agriculture in India: A spatial analysis*. *Transactions of the Institute of Indian Geographers*, 27, 13–13.
- Directive INSPIRE 2007/2/EC of European Parliament and the Council of 14 March 2007 *Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community*; *European Commission*: Brussels, Belgium, 2007.
- Fageria NK, Baligar VC, Li YC. 2008. *The Role of Nutrient Efficient Plants in Improving Crop Yields in the Twenty First Century*. *J Plant Nutr* 31: 1121–1157.



- FAO (2007): *Land evaluation, towards a revised framework. Land and Water Discussion Paper 6*. Rome: FAO Electronic publishing division
- FAOSTAT, 2014. *Corn Production*
- García-Ayllón S., 2018. *Retro-diagnosis methodology for land consumption analysis towards sustainable future scenarios: application to a Mediterranean coastal area*. J. Clean. Prod.
- GIS Data Depot., 2000. Internet publication; *GeoComm International Corporation*. Available from: <http://www.gisdatadepot.com>
- Goodchild M.F., 2009. *Geographic information system., Encyclopedia of Database Systems*. Springer US: 1231-1236.
- Hartkamp A.D., White J.W., Hoogenboom G., 1999. *Interfacing geographic information systems with agronomic modeling*. *Agronomy Journal*, 91, 761–772
- Haskett J.D., Pachepsky Y.A., Acock B., 1995. *Use of the beta distribution for parameterizing variability of soil properties at the regional level for crop yield estimation*. *Agricultural Systems*, 48, 73–86.
- Hicks et al., 2004. In: Smith, C. W.; Betrán, J.; Runge, E. C. A. (Eds), *Corn: Origin, History, Technology, Production*. p: 481-522. John Wiley & Sons, Inc.
- Hingray B., Picouet C., Musy A., 2009. *Hydrologie 2. Une science pour l'ingénieur*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse.
- Hinojosa L., Napoléone C., Moulery M., Lambin E.F., 2016. The “mountain effect” in the abandonment of grasslands: insights from the French Southern Alps. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 221, 115–124.
- Hoogenboom G., Lal H., Gresham D.D., 1993. *Spatial yield prediction*. Paper, ASAE, St. Joseph, MI, 93–3550.
- Hopkins L.D., 1977. *Methods for generating land suitability maps: a comparative evaluation*. *J. Am. Inst. Planners*, 43 (4), 386–400.
- Huuskonen J., Oksanen T., 2018. *Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture*. *Comput. Electron. Agric.*, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.039>
- Index mundi, 2021. European Union (EU-27) Corn Total Supply by Year. (<https://www.indexmundi.com/agriculture/?country=eu&commodity=corn&graph=total-supply>)

- Ines A.V., Gupta A.D., Loof R. 2002. *Application of GIS and crop growth models in estimating water productivity*. *Agric. Water Manage*, 54 (3), 205–225.
- International Organization for Standardization, 2007. *Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network – Parts 1–14, ISO 11783- {1–14}:2007–17*.
- Jager A., Putter H., 1999. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. *Acta Horticulturae* 120: 103-110.
- Janes, D.B., Novak, J.M., Moorman, T.B. and Cambardella, C.A., 1994. Estimating Herbicide Partition Coefficients from Electromagnetic Induction Measurements. *Journal of Environmental Quality*, 24: 36-41.
- Jones J.W., Antle J.M., Basso B., Boote K.J., Conant R.T., Foster I., Godfray H.C.J., Herrero M., Howitt R.E., Janssen S., Keating B.A., 2017. *Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: state of agricultural systems science*. *Agric. Syst.*, 155, 269–288.
- K&NE Earth matters, 2021. Calaris 400 SC. (<https://www.efthymiadis.gr/default.aspx?lang=el-GR&page=447&prodid=1938>)
- Karthikeyan R, Hoogenboom G, McClendon R.W., 1996 *Regional yield forecasting using crop models and GIS: A conceptual framework*. Paper.; ASAE, St. Joseph, MI, 96–5010.
- Kokhan S., Moskalenko A., Shkvir I., 2013. *GIS mapping for soil quality evaluation*. 2nd International Conference of Informatics and Management Sciences, March 25–29, 2013. ICTIC, Kyiv, Ukraine.
- Kranz et al., 2008. *Management of Corn Under Limited Irrigation or Rainfall*. *Better Crops*: 70.
- Kumar N., Yamaç S.S., Velmurugan A., 2015. *Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management*, 20(1), 1-6.
- Kurowska, K.; Kryszk, H.; Bielski, S., 2014. *Determinants of biomass production for energy purposes in North-Eastern Poland*. In *Proceedings of the 13th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development*, Jelgava, Lotwa, pp. 417–422. [Google Scholar]
- Kurowska, K.; Kryszk, H.; Kietlińska, E., 2015. *Photovoltaics as an element of intelligent transport system development*. In *Geoinformatics for Intelligent*

- Transportation*; Springer: Cham, Switzerland, pp. 187–199. [Google Scholar]  
[CrossRef]
- Landini., 2017. What is Isobus and how does it work. [<https://www.landini.it/as/what-is-isobus/>] (accessed 10 April 2021)
- Lee J.G., Kang, M. , 2015. *Geospatial big data: challenges and opportunities*. *Big Data Res.*, 2 (2), 74–81.
- Lee T.J., Pielke R.A., Kittel T.G.F., Weaver J.F., 1993. *Atmospheric modelling and its spatial representation of land surface characteristics*. In: M. F. Goodchild et al. (eds) *Environmental modelling with GIS*. Oxford University Press, New York, 108–122.
- Li G., Messina J.P., Peter B.G., Snapp S.S., 2017. *Mapping land suitability for agriculture in Malawi*. *Land Degrad. Dev.*, 28 (7), 2001–2016.
- Li Q., Yan J., 2012. *Assessing the health of agricultural land with emergy analysis and fuzzy logic in the major grain-producing region*. *Catena*, 99, 9–17.
- Lillesand T. M., Kiefer R. W., Chipman J.W., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, Fifth edition, reprint by Wiley India Pvt. Ltd., New Delhi, page 215.
- Linsenbarth, A.; Ney, B.; Wysocka, E. 2001. *Concept of the Polish spatial information system*. In *Proceedings of the 7th EC GI&GIS Workshop*, Potsdam, Germany, 13–15 June
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J and Rhind D.W. (2005). *Geographical Information System: Principles; Techniques; Management and Applications* (abridged edition). Hoboken, N.J.: Wiley.
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2016. *Geographic information systems and science*, 2nd edition, Wiley, New York. ISBN 0-470-87001-X paperback.
- Lund, E.D., Christy, C.D. and Drummond, P.E., 1999. Practical applications of soil electrical conductivity mapping. *Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture*, July, 1999.
- Mamillapalli S., Srinivasan R., Arnold J.G., Engel B.A., 1996. *Effect of spatial variability on Basin scale modeling*. In: *Proceedings of International Conference/Workshop of Integrating GIS and Environmental Modeling*, 3rd

- edition, Santa Fe, NM, 21–25, January. National Center for Geographic Information και Analysis, Santa Barbara, CA.
- Manchan M.L., Kudrat M., Tiwari A.K., 2002. *Soil survey και mapping using remote sensing*. Tropical Ecology, 43(1), 61–74.
- Mason, H., Navabi, A., Frick, B., O’ Donovan , J. and Spaner, D., 2007. Cultivar and seeding rate effects on the competitive ability of spring cereals grown under organic production in Northern Canada. *Agronomy Journal*, 99: 1199-1207.
- McBride, R.A., Gordon, A.M. and Shrive, S.C., 1990. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 290-293.
- McHarg I.L. 1969. *Design with Nature*. American Museum of Natural History, New York.
- McKinion J.M., Willers J.L., Jenkins J.N., 2010. *Spatial analyses to evaluate multi-crop yield stability for a field*. *Comput. Electron. Agric.*, 70 (1), 187–198.
- Miller W. M. and Salyani, M., 2005. Stewardship Monitoring and Control of Aldicarb Application to Florida Citrus. 2005. ASAE Paper N. 051041.
- Miller, W.M., Whitney, J.D., Shumann, A. and Buchanon, S., (2003). A Test Program to Assess VRT Granular Fertilizer Applications for Citrus. 2003. ASAE Paper N. 031126.
- Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F., Rosa, P., Casagrande, L. and Cenci, M., 2014. An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels. *Environmental Impact Assessment Review*, 49, 70-78.
- Mohd M. I. S., Mansor M. A., 1999. *Flood Prediction from LKAISAT Thematic Mapper Data και Hydrological Modeling*. GIS Development.
- Nagarajan N., Poongothai S, 2011. *Identification of Land use and Land cover Changes using Remote Sensing and GIS IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 5.570-576.
- National Coastal Data Development Centre (NCDDC), 2012. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA (<https://www.bing.com/images/search?view>)
- National Research Council, 1997. Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management. National Academy Press, Washington.

- Neteler, M., Bowman, H., Landa, M. and Metz, M., 2012. GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, 31, 124-130.
- Oshunsanya S.O., Aliku O., 2016. *GIS Applications in Agronomy. Geospatial Technology - Environmental and Social Applications*. doi:10.5772/64528.
- Pareta K., 2013. *Remote sensing and GIS based land use/land cover, soil and land capability analysis for agricultural resource management in Sagar district of Madhya Pradesh (India)*, *Indian journal of engineering*, 5(12), 18-26.
- Perry, C., Pocknee, S., Hansen, O., Kvien, C., Velidis, G. and Hart, E., 2002. Development and Testing of a Variable-Rate Pivot Irrigation Control System. ASAE Paper N. 022290.
- Pierce F.J., Clay D., 2007. *GIS applications in agriculture*. CRC Press Taylor & Francis Group
- Pradhan A., Jayasuriya H.P., Mbohwa C., 2016. *Status and Potentials of Agricultural Mechanization in Sunsari District, Nepal*. *Appl. Eng. Agric.*, 32 (6), 759–768.
- Radinger, J., Kail, J. and Wolter C., 2013. FIDIMO — A free and open source GIS based dispersal model for riverine fish. *Ecological Informatics*, 24, 238-247.
- Rao B.R.M., 2007. Remote sensing and GIS-Its applications in soil science. *Proceedings of National Symposium on Soil Science Research*, December 7–9, Indian Society of soil Science, Kolkata, 25–30.
- Rao B.R.M., Ravishankar T., Dwivedi R.S., Thammappa S.S., Venkataratnam L, Sharma RC, Das SN., 1995. *Spectral behaviour of salt affected soils. International Journal of Remote Sensing.*; 16: 2125–2136.
- Ravensberg S., 2018. *GIS in Agriculture*. Integrate Sustainability Environment.
- Rey D., Holman I.P., Daccache A., Morris J., Weatherhead E.K., Knox J.W., 2016. *Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate*. *Agric. Water Manage*, 173, 13–22.
- Ritchie KB , Hoefl RG, Nafziger ED, Gonzi LC. 1996. *Starter Fertilizers for No-till Corn*. *Better Crops/Vol. 80*.
- Rosenzweig C., 1990. *Crop response to climate change in the southern Great Plains: A simulation study*. *Professional Geography*, 42, 20–37.
- Rymaszewska, A., Helo, P., & Gunasekaran, A., 2017. IoT powered servitization of manufacturing – an exploratory case study. *International Journal of Production Economics*, 192, 92–105. doi:10.1016/j.ijpe.2017.02.016

- Dunderski J.(2004): “*Improving Water Management of the Drainage Systems for Sustainable Agriculture*”, International Conference on Sustainable Agriculture και European Integration Processes, Abstracts, 141.
- Sarmah K., Deka C.R., Sharma U., Sarma R. , 2018. *Role of GIS Based Technologies in Sustainable Agriculture Resource Planning & Management Using Spatial Decision Support Approach*. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM), Volume-5, Issue-1.
- Setia R., Verma V., Sharma P., 2012. *Soil informatics for evaluating and mapping soil productivity index in an intensively cultivated area of Punjab, India*. Journal of Geographic Information System, 4, 71–76.
- Sexton, B. T., Moncrief, J. F., Rosen, C. J., Gupta, S. C., & Cheng, H. H., 1996. *Optimizing Nitrogen and Irrigation Inputs for Corn Based on Nitrate Leaching and Yield on a Coarse-Textured Soil*. *Journal of Environment Quality*, 25(5), 982. doi:10.2134/jeq1996.00472425002500050008x
- Shahbandeh M., 2020. Corn production share worldwide by country 2019/20. Statista (<https://www.statista.com/statistics/254294/distribution-of-global-corn-production-by-country-2012/>)
- Shanmugapriya P., Rathika S., Ramesh T., Janaki P., 2019. *Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review*. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 8(1), 2270-2283.
- Sharma R., Kamble S.S., Gunasekaran A., 2018. *Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 103–120.
- Shaw, D., 1988. *On-site samples’ regression*. *Journal of Econometrics*, 37(2), 211–223. doi:10.1016/0304-4076(88)90003-6
- Shumann, A. W., Miller, W. M., Zaman, Q. U., Hostler, K. H., Buchanon, S. and Cugati, S., 2006. Variable Rate Granular Fertilization of Citrus Groves: Spreader Performance with SingleTree Prescription Zones. *Applied Engineering in Agriculture*, 22: 19-24.
- Singh A.K., Dubey O.P., Ghosh S.K., 2016. *Irrigation scheduling using intervention of Geomatics tools-a case study of Khedli minor*. *Agric. Water Manage.*, 177, 454–460.

- Sivakumar, M.V.K., 2004. *Evolution of Agrometeorology at the Global Level. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 6: 127-139.
- Solanelles, F., Escola, A., Planas, S., Rosell, J.R., Camp, F. and Gracia., F., 2006. An Electronic Control System for Pesticide Application Proportional to the Canopy Width of Tree Crops. *Biosystems Engineering*, 95: 473-481.
- Statista. 2020. Crop Production. USDA, NASS.
- T. Oksanen, M. Öhman, M. Miettinen, A. Visala, ISO 11783 – Standard and its implementation, *IFAC Proc. Vol. 38 (1) (2005) 69–74*, <https://doi.org/10.3182/20050703-6-CZ-1902.02102>
- Tayyebi A., Meehan T.D., Dischler J., Radloff G., Ferris M., Gratton C., 2016. *SmartScape™: a web-based decision support system for assessing the tradeoffs among multiple ecosystem services under cropchange scenarios. Comput. Electron. Agric.*, 121, 108–121.
- Tomlinson RF., 1969. *A geographic information system for regional planning.*, *Journal of Geographical Information Science (ChigakuZasshi)* 78: 45-48.
- Uchiyama H., Sakurai S., Hashimoto Y., Hanasaki A., Arita D., Okayasu T., Shimada A., Taniguchi R.I., 2017. *Sensing technologies for advanced smart agricultural systems*. In: Eleventh International Conference on In Sensing Technology (ICST), December 2017. IEEE, 1–4.
- USDA, 2021. Forecasts Record-High Corn and Soybean Production in 2021
- USDA, 2021. Crop Production. National Agricultural Statistics Service (NASS), Agricultural Statistics Board, United States Department of Agriculture (USDA), 1936-3737.
- Wachowiak M.P., Walters D.F., Kovacs J.M., Wachowiak-Smolíková R., James A.L., 2017. *Visual analytics and remote sensing imagery to support community-based research for precision agriculture in emerging areas. Comput. Electron. Agric.*, 143, 149–164.
- Wanjohi K., 2020. *The future of GIS*. <http://www.lifeingis.com/the-future-of-gis/>
- Wei H., Li J.L., Liang T.G, 2005. Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. *Agric. Water Manage.*, 71 (1), 33–45.

- Wei Y., Hoogenboom G., McClendon R.W., Gresham D.D., 1994. *Impact of global climate change on crop production at a farm level. Paper*, ASAE, St. Joseph, MI, 94-3523.
- Welsh, J. P., Wood, G. A., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., Blackmore, S. and Knight, S.M., 2003. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals, PartI: Winter Barley. *Biosystems, Engineering*, 84: 481-494.
- Welsh, J. P., Wood, G. A., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R., Blackmore, S. and Knight, S.M., 2003. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals, Part II: Wheat. *Biosystems, Engineering*, 84: 495-511.
- Whelan B.M. and McBratney A.B., 2000. *Precision Agriculture*. Australian Centre for Precision Agriculture, University of Sydney, Kluwer Academic Publishers, 2, 65-279.
- Williams, B. and Hoey, D., 1987. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils. *Australian Journal Soil Research*, 25: 21-27.
- Wood , G. A., Welsh, J. P., Godwin, R. J., Taylor, J. C., Earl, R. and Knight, S.M., 2003. Real-time measures of canopy size as a basis of spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. *Biosystems Engineering*, 84: 513-531.
- Wu Q., Liang Y., Li Y., Liang Y., 2017. *Research on intelligent acquisition of smart agricultural big data*. Conference Paper.
- Yang D., Kanae S., Oki T., Koike T., Musiak T., 2003. *Global potential soil erosion with reference to land use and climate change*. *Hydrological Processes* 17(14):2913–2928.
- Ye J., Chen B., Liu Q., Fang Y., 2013. *A precision agriculture management system based on Internet of Things and WebGIS*. In: 21st International Conference on Geoinformatics (GEOINFORMATICS), IEEE, 1–5.
- Zaman, Q., Schuman, W. A. and Miller W.M., 2005. Variable rate nitrogen application in florida citrus based on ultrasonically-sensed tree size. *Applied Engineering in Agriculture* 1:331- 335.
- Zhang X., 2011. *Digital Northern Great Plains and Zone Mapping Application for Precision Agriculture*, Chapter 7 in GIS applications in agriculture by Clay



D.E., Shanahan J.F., Volume two: Nutrient management for energy efficiency. CRC Press Taylor & Francis Group,123-135.

Zhao Q., Lenz-Wiedemann V.I., Yuan F., Jiang R., Miao Y., Zhang F., Bareth G., 2015. *Investigating within-field variability of rice from high resolution satellite imagery in Qixing Farm County, Northeast China*. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 4 (1), 236–261.