



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΑΡΔΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΤΟ ΒΑΜΒΑΚΙ

ΒΟΛΟΣ 2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1 Γενικά	6
1.2 Σύγχρονα προβλήματα στην βαμβακοκαλλιέργεια	8
1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά βαμβακιού.....	9
1.4 Γεωργία Ακριβείας.....	12
1.4.1 Περιγραφή ολοκληρωμένου συστήματος	
Γεωργίας Ακριβείας	18
1.5 Γεωργία Ακριβείας στην Ελλάδα μέσω του Εργαστηρίου..	
Γεωργικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας .	20
1.6 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται	
στη Γεωργία Ακριβείας	22
1.7 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσεως	
(Global Positioning System, GPS)	27
1.7.1 Ακρίβεια GPS	29
1.7.2 Εγκατάσταση του Δέκτη GPS	29
1.7.3 Τεχνολογία του Δέκτη GPS.....	30
1.7.4 Ο Αριθμός και η Θέση των Δορυφόρων.....	30
1.7.5 Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (Selective Availability).....	31
1.7.6 Λήψη Δορυφορικού Σήματος.....	32
1.7.7 Διαφορική Διόρθωση	33
1.7.8 Σχέση Ακρίβειας προς Κόστος	34
1.8 Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)	34
1.8.1 Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης	36
1.9 Εδαφική Φαινομενική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	
(Soil Electrical Conductivity).....	37
1.9.1 Ορισμός της Φαινομενικής.....	
.Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC)	39
1.9.2 Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την Φαινομενική	
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	41
1.9.3 Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την.....	
Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή EM38.....	42
1.9.4 Με το Veris	42
1.9.5 Πώς παράγεται ο τελικός χάρτης της Φαινομενικής	
Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας.....	45
1.9.6 Τι μπορεί να μας δείξει ο χάρτης της Φαινομενικής	
Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας	46

1.9.7 Πως μπορεί ένας χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής	
.....Αγωγιμότητας να οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση.....	
... του αγρού και της καλλιέργειας.....	46
1.9.8 Σύστημα χαρτογράφησης της Αγωγιμότητας του	
Εδάφους.....	48
1.9.9 Συσχέτιση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και.....	
Παραγωγής.	49
1.10 Χαρτογράφηση Παραγωγής.	50
1.11 Αισθητήρες (Sensors).....	52
1.11.1 Σιτηρά	53
1.11.2 Βαμβάκι	53
1.11.3 Ζαχαρότευτλα, Πατάτα, Βιομηχανική τομάτα	54
1.12 Προβλήματα Εφαρμογής.....	54
1.13 Βαθμονόμηση των Μετρητών Παραγωγής.....	55
1.14 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών	
(Geographic Information System, GIS)	56
1.15 Τεχνολογία Διαφοροποιούμενης Δόσης	
(Variable Rate Technology, VRT)	59
2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	62
2.1 Γενικά	
2.2 Ανάλυση δεδομένων	67
2.2.1 Περιγραφή συστήματος καταμέτρησης παραγωγής.....	67
2.2.2 Εισαγωγή	67
2.2.3 GPS.....	70
2.2.4 Κεντρική Μονάδα	71
2.2.5 Αισθητήρες καταγραφής παραγωγής.....	73
2.2.6 Αισθητήρες ταχύτητας και διακοπής λειτουργίας.....	76
2.2.7 Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	78
2.2.8 Μέτρηση ύψους φυτών	79
2.2.9 Μέτρηση πυκνότητας φυτών	79
2.2.10 Εδαφικές αναλύσεις	80
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	81
3.1 Αγρός Αποθήκη	81
3.2 Αγρός Βασούλα	99
3.3 Αγρός Φουλούλη.....	117
4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	126
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	129
6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	131

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους εκείνους που με τη βοήθειά τους συνέβαλαν σημαντικά στην πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας κ. Θεοφάνη Γέμτο, για την πολύτιμη βοήθειά του σε όλα τα στάδια της μελέτης, η οποία ολοκληρώθηκε με την επίβλεψη και καθοδήγησή του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής, κ. Κωνσταντίνο Κίττα και κ. Πέτρο Λόλα που δέχθηκαν να αξιολογήσουν και να βαθμολογήσουν την παρούσα εργασία.

Επιπρόσθετα, σημαντικός ήταν ο ρόλος του διδάκτορα κ. Σπύρου Φουντά καθώς και των υποψηφίων διδασκόντων κ. Αθανασίου Μαρκινού και κα. Αικατερίνης Αγγελοπούλου με τη βοήθεια των οποίων ολοκληρώθηκε επιτυχώς το εργαστηριακό μέρος της εργασίας.

Σημαντική παράλειψη θα ήταν αν δεν ανέφερα για την πολύτιμη βοήθεια του διδάκτορα κ. Αθανάσιο Γκέρτση τόσο στην παροχή του κατάλληλου εξοπλισμού για την ολοκλήρωση του εργαστηριακού μέρους όσο και στις συμβουλές του για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής διατριβής.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Αθανάσιο Χατζηνίκο και κ. Παναγιώτη Βαμβακάρη για τις συμβουλές τους και τη βοήθειά τους στη διαδικασία του πειράματος και στη συγγραφή της εργασίας.

Περίληψη

Σε τρία διαφορετικά αγροτεμάχια στην αγροτική περιοχή Ομορφοχωρίου Λάρισας, πραγματοποιήθηκε πείραμα Γεωργίας Ακριβείας στην καλλιέργεια του βαμβακιού. Είναι γνωστό ότι υπάρχει παραλλακτικότητα ως προς την παραγωγή μέσα στο ίδιο το αγροτεμάχιο. Με την χρήση των εφαρμογών Γεωργίας Ακριβείας, αυτή η παραλλακτικότητα μπορεί πλέον να τη συσχετίσει ο παραγωγός με άλλες ιδιότητες (π.χ. εδαφικές).

Σε πρώτη φάση καταγράφηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους για κάθε αγροτεμάχιο χωριστά, κατόπιν δημιουργήθηκαν χάρτες και μέσω αυτών διαμορφώθηκαν 6 ζώνες με όμοια χαρακτηριστικά. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης βοήθησε να γίνει κατευθυνόμενη δειγματοληψία εδάφους. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης είναι η με τη μέθοδο Krigging.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε δειγματοληψία εδάφους. Ελήφθησαν 48 δείγματα εδάφους, δύο δείγματα διαφορετικού βάθους από κάθε σημείο (0-30cm και 30-60cm) και τέσσερα από κάθε ζώνη. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών όπως και οι χάρτες της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατέδειξαν την παραλλακτικότητα του εδάφους στα αγροτεμάχια.

Στο τρίτο στάδιο της παρούσας εργασίας χαρτογραφήθηκε η παραγωγή. Έγινε σύγκριση των στοιχείων με τα αποτελέσματα και προέκυψε ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και των εδαφικών συστατικών για το βάθος 0-30cm στον αγρό Αποθήκη, ενώ στον αγρό Βασούλα παρατηρείται μέτρια συσχέτιση για το ίδιο βάθος. Αντίθετα, στο βάθος 30-60cm παρατηρείται μέτρια συσχέτιση και για τους δύο αγρούς.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Το βαμβάκι είναι φυτό τροπικών και υποτροπικών περιοχών και καλλιεργείται από τους προϊστορικούς χρόνους. Σύμφωνα με ιστορικά δεδομένα στον παλαιό κόσμο πριν από 5.500 χρόνια καλλιεργήθηκαν τα διπλοειδή είδη *Gossypium arboreum* και *Gossypium herbaceum*, ενώ κάπως αργότερα αλλά και ανεξάρτητα άρχισαν να καλλιεργούνται στον Νέο Κόσμο τα τετραπλοειδή βαμβάκια *Gossypium hirsutum* (Κ. Αμερική) και *Gossypium barbadense* (Ν. Αμερική) (Γαλανοπούλου, 1995).

Το βαμβάκι στην Ελλάδα φαίνεται ότι καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Ηλεία, τον 2ο μ.Χ αιώνα με το όνομα Βύσσος. Το σημερινό όνομα (βάμβαξ) αναφέρεται για πρώτη φορά στην νομοθεσία του Ιουστινιανού (6ο μ.Χ. αιώνα). Τον 10ο αιώνα είχε διαδοθεί σε όλη την Ελλάδα. Στην εποχή της Τουρκοκρατίας καλλιεργείται στη Θεσσαλία, Σέρρες και στην κοιλάδα του Κηφισού. Το 1911 καλλιεργήθηκε σε 90.500 στρέμματα και το 1930 σε 201.980 στρέμματα. (Τόλης, 1998)

Γρήγορη και συστηματική πρόοδος στο βαμβάκι σημειώθηκε στην Ελλάδα με την ίδρυση του Ινστιτούτου και του Οργανισμού Βάμβακος το 1931. Σε λίγα χρόνια η καλλιέργεια διαδόθηκε σε όλες τις ελληνικές επαρχίες, εκτός από τις ορεινές όπου το βαμβάκι δεν ευδοκιμεί για κλιματικούς λόγους. Το 1963 οι εκτάσεις σε βαμβάκι έφτασαν το επίπεδο των 2.4εκ. στρεμμάτων και κυμάνθηκαν στο επίπεδο του 1.5εκ. στρεμμάτων μέχρι το 1981, ενώ με την ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα δόθηκε νέα ώθηση στην καλλιέργεια με αποτέλεσμα η συνολική έκταση να κυμαίνεται σήμερα στα 4εκ. στρέμματα. Παράλληλα σημαντική πρόοδος σημειώθηκε στην αύξηση της στρεμματικής απόδοσης και στη βελτίωση της ποιότητας του

ελληνικού βαμβακιού. Η μέση στρεμματική απόδοση της χώρας τετραπλασιάστηκε από το 1938 και διπλασιάστηκε σε σχέση με την απόδοση της πενταετίας 1960-4 ώστε η Ελλάδα να περιλαμβάνεται μεταξύ των πέντε χωρών με τη μεγαλύτερη στρεμματική απόδοση παρόλο που βρίσκεται στα όρια της ζώνης καλλιέργειας του βαμβακιού. Εξάλλου η ποιοτική βελτίωση του βαμβακιού συνέβαλε ώστε το ελληνικό βαμβάκι να συγκαταλέγεται στα καλύτερα του τύπου Upland (*Gossypium hirsutum*) και να θεωρείται αναντικατάστατο στην εσωτερική αγορά και περιζήτητο στην ξένη (Γαλανοπούλου, 1995).

Η βαμβακοκαλλιέργεια, αν και αντιμετωπίζει ορισμένες δυσκολίες στη χώρα μας, λόγω κλιματικών, εγγειοδιαρθρωτικών και άλλων συνθηκών, θεωρείται, ότι βρίσκεται σε ένα ιδιαίτερα ικανοποιητικό επίπεδο σε ότι αφορά την τεχνική της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται σύγχρονες τεχνικές καλλιέργειας, τεχνικά μέσα και εφόδια σύγχρονης τεχνολογίας, ενώ η καλλιέργεια είναι στο σύνολο της σχεδόν αρδευόμενη και πλήρως εκμηχανισμένη. Επιπλέον, η στροφή στη μονοκαλλιέργεια είχε ως αποτέλεσμα να εξειδικευτεί ο βαμβακοπαραγωγός στο αντικείμενο της δουλείας του και να αποκτήσει περισσότερες γνώσεις.

Παρόλα αυτά, καθώς το ενδιαφέρον των παραγωγών εστιάζεται κυρίως στην αύξηση της στρεμματικής απόδοσης, παραβλέποντας διάφορες άλλες παραμέτρους που σχετίζονται με την οικονομικότητα της καλλιέργειας, όπως για παράδειγμα η συμπίεση του κόστους παραγωγής με τον περιορισμό των εισροών, η επιδίωξη στρεμματικών αποδόσεων που να εξασφαλίζουν μια συνολική παραγωγή με μειωμένες εισροές ώστε να επιτύχει μία καλή στρεμματική απόδοση με ένα συγκρατιμένο κόστος παραγωγής, ώστε να εξασφαλίζεται το μεγαλύτερο οικονομικό όφελος (έσοδα μείον έξοδα) για τον παραγωγό, η ποιότητα, η προστασία του περιβάλλοντος κ. α.

1.2 Σύγχρονα προβλήματα στη βαμβακοκαλλιέργεια

Τα σημαντικότερα σύγχρονα προβλήματα, που συνδέονται με το βαμβάκι στη χώρα μας απορρέουν από την εντατικοποίηση της καλλιέργειας. Μια εντατικοποίηση που έχει ως κύριο σκοπό την αύξηση των αποδόσεων και έχει οδηγήσει παράλληλα σε μια, χωρίς προηγούμενο, μη ορθολογική χρήση χημικών λιπασμάτων και φαρμάκων, σε υπερβολική άρδευση των καλλιεργειών και στη χρησιμοποίηση γεωργικών μηχανημάτων βαρέως τύπου, τα οποία προκαλούν συμπίεση του εδάφους. Δεν πρέπει να ξεχνά κανείς, ότι η καλλιέργεια του βαμβακιού στη χώρα μας έχει εκτοπίσει κάθε άλλο αγροτικό προϊόν από πολλές περιοχές, με αποτέλεσμα η αμειψισπορά να έχει εγκαταλειφθεί εξ' ολοκλήρου και στη θέση της να υπάρχει αμιγής μονοκαλλιέργεια.

Το καθεστώς που έχει επικρατήσει για την καλλιέργεια στη χώρα μας, έρχεται σε άμεση αντίθεση με τις προταγές των νέων μορφών αγροτικής τεχνικής. Αυτής δηλαδή που θέλει την παραγωγή πιο «καθαρών» προϊόντων, με την ελαχιστοποίηση χημικών εισροών στο έδαφος. Τα αποτελέσματα της αλόγιστης χρήσης χημικών και γενικότερα της εντατικής γεωργίας, έχουν γίνει εμφανή ήδη από τη δεκαετία του 1980, αποκτώντας ολοένα και μεγαλύτερη βαρύτητα για τον ευρύτερο πληθυσμό, πέρα του αγροτικού.

Το βαμβάκι έχει αναδειχθεί σε έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές αγροχημικών προϊόντων, όχι μόνο για να αυξηθούν οι αποδόσεις του, αλλά και λόγω της συνεχούς ανθοφορίας του φυτού και του μεγάλου βιολογικού κύκλου που το κάνει να παραμένει στο χωράφι για μεγάλο διάστημα και επομένως να είναι ευάλωτο από πολλούς εχθρούς και ασθένειες. Αποτέλεσμα των προηγούμενων είναι η κατακόρυφη αύξηση του κόστους παραγωγής, σε σημείο η αξία των αγροεφοδίων να αποτελεί σήμερα το 50% περίπου του συνολικού κόστους παραγωγής σύσπορου βαμβακιού, εξαιρώντας τα ενοίκια των χωραφιών και άλλα πάγια έξοδα (I.C.A.C., 1994).

Πίνακας 1. Σημαντικότερες χώρες παραγωγής βαμβακιού.

Χώρα	Έκταση	Ποσότητα
	(εκατ. στρεμ.)	(χιλ. τον. εκκοκ. Βαμβάκι)
Κίνα	44	4.330
Η.Π.Α.	50	2.800
Ινδία	86	2.700
Πακιστάν	29	1.500
Ουσμπεκιστάν	15	1.000
Τουρκία	7,3	833
Αυστραλία	4,4	760
Βραζιλία	9,5	425
Αργεντινή	9	405
Ελλάδα	4,2	360
Αίγυπτος	3,5	316

Πηγή: (Θεοδοσιάδου,1999)

1.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά βαμβακιού

Τα κύρια χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αξία μιας ποικιλίας βαμβακιού είναι η απόδοση σε σύσπορο, η αναλογία ινών και η ποιότητα της ίνας. Η καταλληλότητα μιας ποικιλίας μπορεί να κριθεί και από άλλες ιδιότητες (προσαρμογή της ποικιλίας στις συνθήκες της μηχανικής συγκομιδής, ικανοποίηση ειδικών αναγκών της κατανάλωσης, κτλ.).

Η παραγωγικότητα μιας ποικιλίας αποτελεί βασικό επιδιωκόμενο χαρακτηριστικό για μια ποικιλία. Η πρωιμότητα έχει μεγάλη σημασία για χώρες, όπως η Ελλάδα, όπου οι κλιματικές συνθήκες περιορίζουν την περίοδο βλάστησης του βαμβακιού. Ο τρόπος καρποφορίας του φυτού και το άνοιγμα της κάψας είναι μορφολογικά χαρακτηριστικά που έχουν

αποκτήσει ενδιαφέρον με τη διάδοση της μηχανικής συγκομιδής. Επιδιώκονται φυτά με κανονικό σχήμα και καλή κατανομή καρποφορίας. Σε πολλές περιπτώσεις είναι επιθυμητές ποικιλίες με αντοχή σε ασθένειες (π.χ. αδρομυκώσεις), σε έντομα, σε ακραίες τιμές θερμοκρασίας, ξηρασία κτλ. (Τόλης, 1998).

Η εκατοστιαία αναλογία των ινών έχει μεγάλη οικονομική σημασία (η αξία της ίνας είναι 7-8 φορές υψηλότερη από αυτή του σπόρου). Η ίνα του βαμβακιού είναι μία από τις πρώτες φυσικές ίνες που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος για να κατασκευάσει νήματα και εξακολουθεί και σήμερα να κατέχει δεσπόζουσα θέση ανάμεσα στις φυσικές και τεχνητές ίνες που χρησιμοποιεί η κλωστοϋφαντουργία.

Η χρήση της ίνας του βαμβακιού στην κλωστοϋφαντουργία προϋποθέτει και απαιτεί την ύπαρξη ορισμένων χαρακτηριστικών που αφορούν τις φυσικές, μηχανικές και χημικές ιδιότητες της. Τα χαρακτηριστικά αυτά που καθορίζουν την ποιοτική αξία των ινών του βαμβακιού και κατά συνέπεια και την ποιότητα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που θα παραχθούν, επηρεάζουν αποφασιστικά τις τιμές του βαμβακιού.

Ο προσδιορισμός των τεχνολογικών ιδιοτήτων των ινών του βαμβακιού προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί από την κλωστοϋφαντουργία γίνεται στο εκκοκισμένο βαμβάκι. Ορισμένες από τις ιδιότητες μπορούν να επηρεαστούν κατά τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας του βαμβακιού (από την συγκομιδή μέχρι την νηματοποίηση). Οι ίνες π.χ. μέσα στην κάψα του βαμβακιού δεν έχουν μεγάλη διαφορά στο μήκος τους ούτε σχηματίζουν κόμβους (neps). Η μεγάλη ανομοιομορφία στο μήκος οφείλεται στα μηχανήματα πριν την επεξεργασία νηματοποίησης κατά την εκκόκκιση-καθαρισμό του συσπόρου ενώ ένα μεγάλο ποσοστό κόμβων (neps) σχηματίζεται κατά την συγκομιδή (Βουλγαράκη, 1996).

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ινών του βαμβακιού τα οποία προσδιορίζονται στα ταξινομητήρια και τα εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου και τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του είναι:

- το κυτίο
- το μήκος και η ομοιομορφία της ίνας
- η λεπτότητα και η ωριμότητα της ίνας
- η αντοχή και η επιμήκυνση των ινών κατά την θραύση

Συγκομιδή:

Η συγκομιδή και η εκκόκκιση επηρεάζουν τις διάφορες παραμέτρους του μήκους και το κυτίο. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι καθοριστικά για την τιμή του βαμβακιού και την αξία του ως κλώστικής ύλης. Ο τρόπος συγκομιδής, δηλαδή χειροσυλλογή ή μηχανοσυλλογή, έχει διαφορετική επίδραση στα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν και στις δύο περιπτώσεις όμως έγκαιρη συγκομιδή περιορίζει τις απώλειες σε ποσότητα, αλλά κυρίως σε ποιότητα. Τα προβλήματα δημιουργούνται κυρίως από την μηχανοσυλλογή, που είναι ο επικρατέστερος τρόπος συγκομιδής.

Υψηλή περιεκτικότητα του σύσπορου βαμβακιού σε υγρασία υποβαθμίζει την ποιότητα του προϊόντος. Βαμβάκι που μαζεύτηκε υγρό ποτέ δεν φτάνει την ποιότητα αντίστοιχου βαμβακιού που μαζεύτηκε στεγνό. Κατάλληλη χρήση αποφυλλωτικών επιτρέπει τη συγκομιδή στεγνού βαμβακιού, με ελάχιστες προσμίξεις.

Η σωστή ρύθμιση των συλλεκτικών μηχανών και η αποφυγή ρύπανσης των ινών με λάδια και λιπαντικά, τα οποία προκαλούν προβλήματα κατά την κλώση, το φινίρισμα και το βάψιμο, διατηρούν την ποιότητα του συγκομιζομένου βαμβακιού. Τέλος ένας σοβαρός παράγοντας υποβάθμισης, κυρίως του βαμβακιού χειροσυλλογής, είναι τα υπολείμματα πλαστικών σπάγκων ή σάκων.

1.4 Γεωργία Ακριβείας

Γενικά, πριν από την εκμηχάνιση της γεωργίας και την αύξηση του μεγέθους των αγροκτημάτων, ο γεωργός γνώριζε το χωράφι του και διαχειριζόταν τα διάφορα μέρη του σύμφωνα με τις ανάγκες που θεωρούσε ότι είχαν, ως για παράδειγμα έριχνε περισσότερο σπόρο σε σημεία του χωραφίου που δεν φύτρωναν. Με την εκμηχάνιση της γεωργίας και μέχρι σήμερα η διαχείριση των αγροκτημάτων γίνεται με βάση τους μέσους όρους της παραγωγής αλλά και των ιδιοτήτων του εδάφους και των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας. Η βασική υπόθεση ήταν ότι οι αγροί ήταν ομοιόμορφοι. Παρόλο που οι αγρότες γνώριζαν ότι υπήρχε ανομοιομορφία των αγρών τους δεν είχαν αρκετές δυνατότητες να διαφοροποιήσουν τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας σε κάθε σημείο του αγρού. Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη γεωργία επέτρεψε τη μέτρηση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των παραμέτρων της παραγωγής και του εδάφους και έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης των λεγόμενων συστημάτων Γεωργίας Ακριβείας. Με τον όρο Γεωργία Ακριβείας ορίζεται τη διαχείριση της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ή να επιτευχθεί μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την μη ορθολογική χρήση των εισροών (Gemtos et al., 2002). Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τα ηλεκτρονικά εφαρμοσμένα στη γεωργία, βοηθά το γεωργό στη λήψη αποφάσεων για τη καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος (Sigrimis 2000). Ο όρος καλύτερη διαχείριση μπορεί να σημαίνει βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος είτε με αύξηση της παραγωγής είτε με μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των

δύο. Επιπλέον μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των τυχόν αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Το χαρακτηριστικό είναι ότι αντί να γίνονται οι καλλιεργητικές φροντίδες με βάση τις μέσες τιμές παραγωγής και γονιμότητας του εδάφους είναι δυνατή η εφαρμογή διαφορετικών δόσεων εισροών για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες.

Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής τα τελευταία έτη δημιούργησαν τη δυνατότητα εφαρμογών διαφοροποιημένων επεμβάσεων μέσα στο ίδιο το αγροτεμάχιο με στόχο τη βελτιστοποίηση της παραγωγής. Η βελτίωση της ακρίβειας των συστημάτων γεωγραφικού εντοπισμού (GPS: Global Positioning System) και η μέτρηση της παραγωγής καλλιεργειών με την ανάπτυξη των αισθητήρων που προσαρμόζονται στις μηχανές συγκομιδής, έδωσε τη δυνατότητα χαρτογράφησης της παραγωγής. Οι πρώτες εφαρμογές άρχισαν τη δεκαετία του 1980 με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών (Stafford 2000). Στις εφαρμογές αυτές η ροή και η υγρασία των σιτηρών μετρούνταν κατά τη λειτουργία της μηχανής συγκομιδής και συνδυάζονταν με καταγραφή της ταχύτητας εργασίας και τη γεωγραφική θέση της μηχανής. Τα στοιχεία αυτά απετέλεσαν τη βάση για την παραγωγή χαρτών που εμφανίζουν τη χωρική κατανομή της παραγωγής με χρήση λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS).

Στη δεκαετία του 1990 και σήμερα ακόμα συνεχίζεται η έρευνα για την παραγωγή αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής των διάφορων καλλιεργειών. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται αισθητήρες για χαρτογράφηση παραγωγής σε καλλιέργειες όπως βιομηχανική τομάτα (Pelletier et al., 1999), ζαχαρότευτλα (Hoffman et al., 1995), πατάτα (Campbell et al., 1994) βαμβάκι (Wilkerson et al., 1994, 2001, Tomasson et al., 1999) κλπ. Τα τελευταία έτη έχουν εμφανιστεί

συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής σε καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών. Αναφέρονται ενδεικτικά εφαρμογές για παραγωγή ξηρών καρπών (Rains et al., 2002, Velidis, 2001) και αμπελιών (Bramley 2002a, b). Πολλές εφαρμογές, κυρίως σε σιτηρά έχουν εμπορική εφαρμογή από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 ενώ οι περισσότερες εφαρμογές στις άλλες καλλιέργειες άρχισαν στο τέλος της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές του 2000. Αρχικά οι εφαρμογές ξεκίνησαν στις ΗΠΑ και Βρετανία και ακολούθησαν σε άλλες χώρες κυρίως στη Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρώπη και Αυστραλία (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Αριθμός μηχανών συγκομιδής με αισθητήρες παραγωγής

Χώρα	Αριθμός μηχανών συγκομιδής με αισθητήρες παραγωγής
Η.Π.Α.	45.000
Αργεντινή	1.000
Αυστραλία	800
Αγγλία	400
Δανία	400
Γερμανία	150
Σουηδία	150

Πηγή: Griffin et al., 2004

Στη χώρα μας και γενικότερα στο Ευρωπαϊκό Νότο υπάρχει μια καθυστέρηση στην εφαρμογή των συστημάτων αυτών. Αυτό αποδίδεται στις επικρατούσες συνθήκες που χαρακτηρίζονται:

- Από μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις
- Από γεωργούς με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο
- Από γεωργούς προσκολλημένους στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και στις επιδοτήσεις των προϊόντων
- Από έλλειψη αναπτυγμένης τεχνολογίας εφαρμογής των μεθόδων Γεωργίας Ακριβείας για τις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου κυρίως για τα φρούτα και λαχανικά

Παρόλα αυτά, είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης του κόστους παραγωγής μέσω της περαιτέρω εκμηχάνισης της γεωργίας και μείωσης των εργατικών ημερομισθίων, όπως συμβαίνει στις χώρες του Βορρά. Επίσης ο αυξανόμενος καλλιεργούμενος κλήρος, όπως και η ανάγκη για ιχνηλασιμότητα των καλλιεργητικών επεμβάσεων θα έχουν ως άμεσο αποτέλεσμα τη χρησιμοποίηση πρακτικών, όπως η Γεωργία Ακριβείας και στις χώρες του Ευρωπαϊκού Νότου, όπως η Ελλάδα.

Μέχρι σήμερα η προσπάθεια επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ηλεκτρονικών συστημάτων, ενώ το πιο σημαντικό στάδιο στην εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας βρίσκεται στην επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Ο τρόπος με τον οποίο συνδυάζονται τα δεδομένα σε κάθε σύστημα εξαρτάται από την καλλιέργεια και τον αλγόριθμο που έχει υλοποιηθεί (McCauley, 1999, McKinion et al., 2001). Σε αυτό το στάδιο είναι αναγκαία η ύπαρξη της κατάλληλης ‘βιβλιοθήκης’ πάνω στην οποία θα στηρίζεται το πρότυπο για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Ο κύριος σκοπός αυτού του σταδίου είναι η ανεύρεση ζωνών διαχείρισης (management zones) εντός του αγροτεμαχίου, που χαρακτηρίζονται από

κοινά εδαφολογικά ή αγρονομικά χαρακτηριστικά (Blackmore et al, 2003).

Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων αποτελεί τη βάση εφαρμογής της Γεωργίας Ακριβείας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται πληροφορίες που συγκεντρώνονται με διάφορα μέσα. Εκτός των χαρτών παραγωγής που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιούνται αναλύσεις των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους, εικόνες από τον αέρα (αεροπλάνα ή δορυφόρους) και διάφορα μηχανήματα που μπορούν να χαρτογραφήσουν άμεσα ιδιότητες του αγρού. Ένα τέτοιο μηχανήμα είναι το VERIS[®] που μπορεί να κάνει άμεσα χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους όπως είναι γνωστό σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από την υφή του εδάφους, μια ιδιότητα που επηρεάζει σημαντικά τη γονιμότητά του.

Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων, παρέχει τη δυνατότητα για καλλιεργητικές επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις (variable rate applications). Αυτή η δυνατότητα είναι και ο απώτερος σκοπός της Γεωργίας Ακριβείας, δηλαδή η εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού, ανάλογα με τις πραγματικές του, ανά περιοχή, ανάγκες. Αυτές οι εφαρμογές επιφέρουν εξοικονόμηση πόρων, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων σε επίπεδο παραγωγού, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση των εισροών, που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας. Οι πιο σημαντικές εφαρμογές μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων έχουν σημειωθεί στην εφαρμογή λιπασμάτων και ειδικότερα σε N, P και K, όπως επίσης και στην εφαρμογή άσβεστου σε όξινα εδάφη (Gemtos et al., 2002). Επιπρόσθετα, συστήματα διαφοροποίησης εφαρμογής αρδευτικού νερού έχουν δώσει πολύ θετικά αποτελέσματα στην

καλύτερη αξιοποίηση και οικονομία του αρδευτικού νερού (Al-Kufaishi, et al., 2005).

Σε διεθνή κλίμακα, το σημερινό επίπεδο γνώσεων στη Γεωργία Ακριβείας, μετά από περίπου 15 χρόνια έρευνας και εφαρμογής, έχει επίσης επικεντρωθεί στην ανάλυση και επεξήγηση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας (Fountas et al., 2005a, b, McBratney et al., 2005). Στα πρώτα χρόνια η έρευνα είχε επικεντρωθεί στην ανάπτυξη τεχνολογικού εξοπλισμού, μετέπειτα στην συσχέτιση των διαφόρων παραγόντων και σε εφαρμογές νέων πρακτικών Γεωργίας Ακριβείας. Σ' αυτή τη φάση, η έμφαση βρίσκεται στην εφαρμογή ανώτατων μεθόδων γεωστατιστικής για την ευκολότερη και πιστότερη αξιοποίηση των δεδομένων και για τη δημιουργία ζωνών παραγωγής. Επιπρόσθετα, η δημιουργία συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems) για τη διαχείριση των δεδομένων Γεωργίας Ακριβείας από τους παραγωγούς, βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη.

1.4.1 Περιγραφή Ολοκληρωμένου Συστήματος Γεωργίας Ακριβείας

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μιας καλλιέργειας με τη μέθοδο της Γεωργίας Ακριβείας μπορεί να χωριστεί στα εξής στάδια:

1. Συλλογή δεδομένων
2. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
3. Εφαρμογή - υλοποίηση
4. Αξιολόγηση
5. Λήψη νέων αποφάσεων

Το πρώτο στάδιο είναι η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων από κάθε στάδιο της καλλιέργειας. Εδώ χρησιμοποιούνται δεδομένα προόδου της καλλιέργειας, δεδομένα καιρού και αναλύσεων εδάφους, καθώς και η χαρτογράφηση της παραγωγής που θα δούμε παρακάτω. Φυσικά η εισαγωγή και η μετατροπή όλων αυτών των παραμέτρων σε δεδομένα γίνεται με διάφορους αισθητήρες και όσο το δυνατόν πιο αυτοματοποιημένα.

Αφού συλλεχθούν όλες οι παράμετροι το επόμενο στάδιο είναι η επεξεργασία των δεδομένων με κάποιον αλγόριθμο ή πρότυπο. Το μοντέλο αυτό θα πρέπει να αναπαριστά όσο το δυνατόν πειστικά τις λειτουργίες των φυτών και τις αντιδράσεις τους στις μεταβολές των διαφόρων παραμέτρων. Επιπλέον, θα πρέπει να προτείνει επακριβώς τα βήματα της καλλιεργητικής πρακτικής που πρέπει να ακολουθηθεί σε κάθε σημείο του χωραφιού.

Το επόμενο στάδιο αναλαμβάνει να κάνει πράξη τα παραπάνω αποτελέσματα. Η αυτοματοποίηση και εδώ παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς ο γεωργός με τα κλασσικά μέσα που διαθέτει είναι αδύνατο να

εφαρμόσει τις προτεινόμενες μεθόδους που διαφέρουν χωρικά από σημείο σε σημείο στο χωράφι.

Στη συνέχεια αξιολογούνται όλες οι ενέργειες που έχει κάνει ο παραγωγός και λαμβάνονται νέες αποφάσεις για την τακτική που θα ακολουθήσει την επόμενη καλλιεργητική περίοδο.

Μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες που αφορούν το πρώτο στάδιο ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας είναι η συλλογή δεδομένων της παραγωγής που γίνεται στο τέλος κάθε καλλιεργητικής περιόδου. Μία κεντρική μονάδα υπολογιστή με την απαραίτητη μονάδα αποθήκευσης εγκαθίσταται στη μηχανή συλλογής. Κατάλληλοι αισθητήρες μέτρησης τοποθετούνται στη διαδρομή του συλλεγόμενου προϊόντος προς τον αποθηκευτικό χώρο και συνδέονται στην κεντρική υπολογιστική μονάδα. Ένας δέκτης GPS τοποθετείται στην κορυφή της βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής, ώστε να μεταδίδει την αρχική θέση της στην κεντρική μονάδα ανά πάσα στιγμή. Τα συλλεγόμενα δεδομένα (Yield data) αναλύονται στη συνέχεια σε προσωπικό υπολογιστή και παράγεται έτσι ο τελικός χάρτης που αναπαριστά τη χωρική κατανομή της παραγωγής σ' όλη την έκταση του αγρού. Στη συνέχεια και με βάση τον παραπάνω χάρτη μπορούν να παρθούν δείγματα του εδάφους στις διάφορες ζώνες παραγωγής και να προκύψουν έτσι και άλλοι θεματικοί χάρτες για τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους.

1.5 Γεωργία ακριβείας στην Ελλάδα μέσω του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στη καλλιέργεια του βαμβακιού άρχισε στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πριν από πέντε έτη. Έχουν εξοπλιστεί δύο μηχανές συγκομιδής βαμβακιού με αισθητήρες χαρτογράφησης παραγωγής. Η πρώτη βαμβακοσυλλεκτική μηχανή που βρίσκεται στο νομό Καρδίτσας φέρει τους αισθητήρες της Farm scan[®], ενώ η δεύτερη που βρίσκεται στο νομό Λάρισας της AgLeader[®]. Παράλληλα ελήφθησαν στοιχεία για τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους από ένα πλέγμα σημείων καθώς και παρατηρήσεις στα αντίστοιχα σημεία για τη φυτεία, όπως πληθυσμός και ανάπτυξη φυτών, ζιζάνια, σημεία του αγρού με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως πολύ μεγάλη ανάπτυξη βαμβακιού που δεν ωρίμασε. Ένα από τα πιο εξελιγμένα πακέτα λογισμικού για την επεξεργασία των δεδομένων, SSToolbox[®], έχει αποκτηθεί και αυτή τη στιγμή το εργαστήριο βρίσκεται στη φάση ερμηνείας και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών στο βαμβάκι στην περιοχή της Καρδίτσας έδειξαν σημαντική παραλλακτικότητα στην παραγωγή και στο έδαφος. Οι χάρτες παραγωγής τα τέσσερα πρώτα έτη έδειξαν σταθερή τάση στην παραλλακτικότητα, η οποία όμως τον τέταρτο χρόνο άλλαξε πιθανόν λόγω της επίδρασης των καιρικών συνθηκών (Markinos et al., 2002, Gemtos et al., 2004).

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα έδειξε να συσχετίζεται με την παραγωγή και οι χάρτες που προκύπτουν μπορούν χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ζωνών παραγωγής, Επιπρόσθετα, το 2003 λήφθηκαν τρεις

πολυφασματικές δορυφορικές εικόνες SPOT κατά την διάρκεια της βλαστικής περιόδου του βαμβακιού, στις 12/7, στις 28/7 και στις 18/9. Από την ανάλυση των δορυφορικών εικόνων υπολογίστηκε ο δείκτης βλάστησης NDVI, ο οποίος έδειξε σημαντική συσχέτιση με την παραγωγή, ιδιαίτερα την περίοδο Ιουλίου, που άγγιξε το 72% (Toullos et al., 2005).

Πέρα από την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στο βαμβάκι, υπάρχουν εφαρμογές σε διάστημα δύο ετών, σε αμπέλι και μήλα, με αντίστοιχες μετρήσεις.

Η έρευνα στα μήλα επικεντρώθηκε σε δύο μηλεώνες και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Πύργων Πτολεμαΐδας, σε ένα αγροτεμάχιο έκτασης 8 στρεμμάτων καθώς και στην περιοχή Αγιάς Λάρισας σε ένα αγροτεμάχιο 50 στρεμμάτων. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής και χάρτες ποιοτικών χαρακτηριστικών και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ παραγωγής και ποιότητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική παραλλακτικότητα στην παραγωγή και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Επίσης βρέθηκε ότι όταν η απόδοση ανά δέντρο είναι υψηλή υποβαθμίζεται η ποιότητα καρπού όσον αφορά τα διαλυτά στερεά συστατικά και την περιεκτικότητα του χυμού των καρπών σε μηλικό οξύ, υπάρχει δηλαδή αρνητική συσχέτιση μεταξύ παραγωγής και ποιότητας καρπών (Aggelopoulou et al., 2006)

Αντίστοιχα πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί σε δύο περιοχές αμπελώνων στην Ελλάδα. Η πρώτη περιοχή είναι της Ραψάνης και η δεύτερη του Δαμασίου Τυρνάβου. Στους αμπελώνες αυτούς έγινε χαρτογράφηση παραγωγής ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών και εδαφικών ιδιοτήτων (Tagarakis et al., 2006).

1.6 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην Γεωργία Ακριβείας

Στο παρελθόν, οι γεωργοί εκτελούσαν τις καλλιεργητικές τους εργασίες χειρονακτικά και είχαν άμεση επαφή με το έδαφος, την καλλιέργεια και τις διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την παραγωγή τους. Έτσι, γνώριζαν, με μεγαλύτερη ακρίβεια, τα τμήματα στο χωράφι τους με διαφορετικά χαρακτηριστικά και είχαν τη δυνατότητα να διαφοροποιήσουν τη διαχείριση του κάθε τμήματος του αγρού τους, αλλά και να καλλιεργείες που συγκομίζονται με το χέρι, πολλές φορές ανάλογα ρυθμίσουν ανάλογα τις εισροές του, όπως σπόρο, νερό, οργανική ουσία κ.λ.π. Σ' ένα βαθμό αυτή η στενότερη διαχείριση εξακολουθεί και παρατηρείται και σήμερα, ιδιαίτερα σχετικά με το βαθμό ωρίμανσής τους, όπως π.χ. οι δενδρώδεις καλλιέργειες και η βιομηχανική τομάτα.

Με την ανάπτυξη και εξέλιξη των γεωργικών μηχανημάτων, οι παραγωγοί έχουν τη δυνατότητα να εκμεταλλεύονται μεγαλύτερες εκτάσεις, χάνουν όμως την άμεση επαφή με τον αγρό και εφαρμόζουν τις καλλιεργητικές εισροές τους σε δοσολογίες που αντιπροσωπεύουν μέσους όρους. Ακόμα και στις περιπτώσεις που οι παραγωγοί γνωρίζουν κάποιες διαφοροποιήσεις στο έδαφος των αγρών τους, η τεχνολογία των μηχανημάτων εφαρμογής των εισροών που χρησιμοποιούν δεν τους βοηθά στη διαφορετική αντιμετώπιση των τμημάτων αυτών.

Σήμερα, με την βελτίωση των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας γενικότερα, είναι δυνατή η αντιμετώπιση της παραλλακτικότητας ενός αγρού. Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture, Precision Farming or Site Specific Farming), είναι μια νέα προσέγγιση στη διαχείριση των αγρών και των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ως στόχο έχει να αντιμετωπίσει την

παραλλακτικότητα των παραμέτρων που επηρεάζουν την γεωργική παραγωγή, όπως ο τύπος του εδάφους, το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, η οργανική ουσία, το νερό, η προσβολή από ζιζάνια, η στράγγιση κ.α. Αυτό επιτυγχάνεται με το διαχωρισμό της έκτασης του αγρού σε μικρότερα ομοιογενή τμήματα (ζώνες διαχείρισης, management zones) και την διαχείριση αυτών, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Σκοπός είναι η εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών (π.χ. του λιπάσματος, της οργανικής ουσίας) με διαφοροποιούμενη δόση, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ζωνών που ορίστηκαν. Με την Γεωργία Ακριβείας επιτυγχάνεται **η εφαρμογή της κατάλληλης εισροής, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και στο σωστό χρόνο, με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος**. Το αποτέλεσμα είναι η ακριβέστερη εφαρμογή των κανόνων της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής ή μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης της γεωργικής εκμετάλλευσης και η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος.

Θεμέλιο στοιχείο στην Γεωργία Ακριβείας αποτελεί το Παγκόσμιο Σύστημα Καθαρισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS), ένα δίκτυο 24 δορυφόρων που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς. Με τη βοήθεια του GPS κάθε σημείο στην επιφάνεια της υδρογείου περιγράφεται με μεγάλη ακρίβεια με δύο αριθμούς : το γεωγραφικό μήκος (longitude) και το γεωγραφικό πλάτος (latitude). Η μεγάλη του αξιοπιστία και η πρόσβαση σε αυτό από οποιονδήποτε, καθιστούν το GPS χρήσιμο σε πολλές εφαρμογές, όπως στην πλοήγηση αεροσκαφών, πλοίων κ.λ.π. Η νέα αυτή τεχνολογία έχει σημαντικές εφαρμογές και στη Γεωργία.

Ένας δέκτης GPS μπορεί να τοποθετηθεί σ' ένα γεωργικό μηχάνημα και να καταγράφει στοιχεία συνδεδεμένα με συντεταγμένες. Με το

κατάλληλο λογισμικό μπορούν να δημιουργηθούν γεωστατιστικοί χάρτες διαφόρων παραμέτρων του αγρού, όπως της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, της παραγωγής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών αυτής. Με ένα φορητό υπολογιστή ή μ' έναν υπολογιστή παλάμης είναι δυνατή και η καταγραφή εντοπισμένων παραγόντων της παραγωγής π.χ. νεροκρατήματα ή προσβολές από εχθρούς και ασθένειες. Σκοπός είναι η συλλογή γεωδεμένων πληροφοριών υπό τη μορφή χαρτών, που θα βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων για τον εντοπισμό της παραλλακτικότητας του αγρού και το διαχωρισμό του σε ομοιόμορφες ζώνες και στη συνέχεια στην εντοπισμένη αντιμετώπιση των περιοριστικών παραγόντων που αναγνωρίστηκαν στη κάθε ζώνη.

Ο διαχωρισμός της έκτασης ενός αγρού σε επιμέρους ομοιόμορφες ζώνες μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος που προσφέρει ευκολία, ταχύτητα και χαμηλό κόστος, είναι αυτός που έχει ως βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι συνισταμένη πολλών παραγόντων που επηρεάζουν και την παραγωγικότητα του εδάφους. Η Veris Technologies, ΗΠΑ έχει αναπτύξει έναν ευέλικτο μηχανισμό χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (soil electrical conductivity mapping system), με το οποίο μπορεί να γίνουν μετρήσεις αγωγιμότητας σε όλη την έκταση ενός αγρού εύκολα και γρήγορα. Σαρώνοντας με τον μηχανισμό αυτόν την επιφάνεια του εδάφους, γίνεται καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε δύο στρώματα ταυτόχρονα, βάθους 0-30cm και βάθους 0-90cm. Παράλληλα με τη βοήθεια του GPS καταγράφεται και το στίγμα του μηχανήματος και κάθε μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το γεωγραφικό στίγμα του σημείου στο οποίο αναφέρεται. Κατόπιν, με την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων από συγκεκριμένα σημεία μέσα από τις περιοχές με ομοιόμορφη αγωγιμότητα και την κατάλληλη στατιστική ανάλυση, δημιουργείται ένας ψηφιακός χάρτης που

απεικονίζει τον διαχωρισμό του εδάφους του αγρού σε ομοιογενές περιοχές που μπορούν να οριστούν ως ζώνες ενιαίας διαχείρισης.

Βασικό εργαλείο στη Γεωργία Ακριβείας είναι οι μετρητές παραγωγής (yield monitors). Πρόκειται για μηχανισμούς που τοποθετούνται στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων (θεριζοαλωνιστικές, βαμβακοσυλλεκτικές, τευτλοεξαγωγείς κ.α.) καταγράφουν την παραγωγή σε κάθε σημείο του αγρού και το συνδέουν με το γεωγραφικό στίγμα του σημείου. Τέτοιοι μηχανισμοί έχουν αναπτυχθεί από διάφορες εταιρείες. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες της AgLeader ΗΠΑ, για την καλλιέργεια του βαμβακιού. Με τη βοήθεια του GPS και του κατάλληλου λογισμικού τα δεδομένα αυτά μετατρέπονται σε ψηφιακό χάρτη παραγωγής. Η αντιστοίχιση των χαρτών παραγωγής με τους χάρτες των άλλων παραμέτρων του αγρού οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τους περιοριστικούς παράγοντες της παραγωγής σε κάθε ζώνη διαχείρισης. Αφού πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες ενέργειες για την διόρθωση των παραγόντων αυτών, ο χάρτης παραγωγής βοηθά και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των διορθωτικών αυτών ενεργειών.

Οι χάρτες πληροφοριών που συγκεντρώνονται, διαχειρίζονται και αναλύονται με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού, του SSTobox®, που είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS), της SST Development Group®, inc ΗΠΑ. Στο λογισμικό αυτό εισάγονται πληροφορίες σε πολλαπλά επίπεδα π.χ. χάρτες εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, χάρτες εδαφικών αναλύσεων, χάρτες πυκνότητας και ύψους φυτών χάρτες παραγωγής κ.λ.π. Με την επεξεργασία των χαρτογραφημένων πληροφοριών εξάγονται συμπεράσματα ως προς τους γεωγραφικά εντοπισμένους περιοριστικούς παράγοντες της παραγωγής. Οι πληροφορίες αυτές αξιοποιούνται με τη δημιουργία περεταίρω χαρτών εφαρμογής εισροών που στόχο έχουν τη

διόρθωση ή εξάλειψη των περιοριστικών παραγόντων που εντοπίστηκαν στον αγρό.

Η τεχνολογία που χρησιμοποιεί τους παραπάνω ψηφιακούς χάρτες για να διαφοροποιήσει την εφαρμογή εισροών λέγεται Τεχνολογία Μεταβλητής Δόσης (Variable Rate Technology). Κατάλληλοι μηχανισμοί τοποθετούνται στα μηχανήματα εφαρμογής εισροών και διαφοροποιούν τη δόση, με βάση το γεωγραφικό στίγμα και τον ψηφιακό χάρτη εφαρμογής εισροών που έχει δημιουργήσει ο χρήστης.

Η Γεωργία Ακριβείας εισάγει μια νέα φιλοσοφία και νέες μεθόδους στη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων που σαν στόχο έχει τη μετάβαση από την αντιμετώπιση ενός αγρού ως ενιαία μονάδα στο διαχωρισμό του σε ζώνες διαχείρισης, στη διαφοροποιημένη εφαρμογή εισροών, αλλά και στην χαρτογράφηση της παραγωγής, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής σε κάθε ζώνη και την εξάλειψή τους. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα πολύτιμο εργαλείο που βοηθά τον παραγωγό στην βελτίωση της οικονομικής απόδοσης της γεωργικής εκμετάλλευσης, στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

1.7 Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS)

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικά δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικάνικο Υπουργείο Αμύνης και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης σε γνωστές τροχιές. Μικρές αποκλίσεις από τις τροχιές τους που παρατηρούνται, οφείλονται στις επιδράσεις της βαρύτητας από τον Ήλιο και τη Σελήνη.



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης, GPS.

Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από τον κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή. Οι δορυφόροι φέρουν ατομικά ρολόγια υψηλής ακρίβειας και είναι ουσιαστικά συγχρονισμένοι μεταξύ τους.

Ο δέκτης GPS λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα των δορυφόρων και υπολογίζει την χρονική υστέρηση στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την απόστασή του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει την γεωγραφική του θέση (στίγμα) στην επιφάνεια της γης, που εκφράζεται σε γεωγραφικό μήκος (longitude) και γεωγραφικό πλάτος (latitude). Όταν λαμβάνει σήματα και από τέταρτο δορυφόρο μπορεί να υπολογίσει και το υψόμετρο (altitude, elevation) της θέσης που βρίσκεται.

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό της θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης αρκεί να υπάρχει «οπτική επαφή» με τους δορυφόρους. Σε κλειστούς ή στεγασμένους χώρους ο δέκτης GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κ.λ.π., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του στη Γεωργία.

1.7.1 Ακρίβεια GPS

Η ακρίβεια GPS εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Την εγκατάστασή του
- Την τεχνολογία του
- Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα, καθώς και τις σχετικές θέσεις τους
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα (Selective Availability)
- Τις παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που οφείλονται στον καιρό, στις επιδράσεις των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρας, ιονόσφαιρας), καθώς και σε ανακλάσεις των δορυφορικών σημάτων σε αντικείμενα της περιοχής
- Την δορυφορική διόρθωση (Differential Correction)

1.7.2 Εγκατάσταση του Δέκτη GPS

Η κεραία του GPS πρέπει να τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του γεωργικού μηχανήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής «οπτική επαφή» με τους δορυφόρους. Η τοποθέτηση της κεραίας συνιστάται να γίνεται σε όσο γίνεται πιο ανοιχτές (χωρίς εμπόδια) επιφάνειες για να αποφεύγονται ανακλάσεις στις επιφάνειες του γεωργικού μηχανήματος που μπορεί να προκαλέσουν παραμορφώσεις του σήματος. Επίσης, παρεμβολές στα δορυφορικά σήματα μπορεί να δημιουργηθούν από τμήματα του κινητήρα, όπως το ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης και το δυναμό, καθώς και από ηλεκτρομαγνητικά πεδία ηλεκτρικών κινητήρων, ασυρμάτων και κινητών τηλεφώνων, όταν η κεραία

βρίσκεται πολύ κοντά σε αυτές τις πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Ωστόσο τα προβλήματα αυτά μπορούν να προληφθούν με τη σωστή εγκατάσταση της κεραίας και τη σταθερή σύνδεση των καλωδίων.

1.7.3 Τεχνολογία του Δέκτη GPS

Οι παλαιάς τεχνολογίας δέκτες GPS λαμβάνουν σήματα από έναν δορυφόρο κάθε φορά. Όμως, υπάρχουν πλέον δέκτες πιο ακριβείς, που μπορούν να λάβουν σήματα από 8 έως 12 δορυφόρους ταυτόχρονα και χρησιμοποιούν εξελιγμένα γεωμετρικά μοντέλα για τον καθορισμό της θέσης τους. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ο χρόνος επανάκτησης (reacquisition time), που είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μέχρι ο δέκτης να επαναφέρει τις ενδείξεις, όταν για κάποιο λόγο (π.χ. ψηλά κτίρια) διακοπεί η επαφή του με τους δορυφόρους. Αυτός ο χρόνος είναι σημαντικά μικρότερος στους δέκτες που μπορούν να λαμβάνουν σήματα από περισσότερους δορυφόρους ταυτόχρονα.

1.7.4 Ο Αριθμός και η Θέση των Δορυφόρων

Όταν ο δέκτης βρίσκεται στην βάση ορεινών όγκων ή ανάμεσα σε ψηλά κτίρια έχει επαφή με λίγους και συγκεντρωμένους δορυφόρους σε ένα μικρό τμήμα του ουρανού. Στην περίπτωση αυτή υπεισέρχονται σφάλματα στην γεωμετρική – αναλυτική μέθοδο που χρησιμοποιεί για τον καθορισμό της θέσης του (Σχήμα 3). Το σφάλμα αυτό εξαλείφεται και η ακρίβεια αυξάνει όταν ο δέκτης έχει επαφή με

περισσότερους και διασκορπισμένους δορυφόρους σε μεγαλύτερο τμήμα του ουρανού (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Καλή θέση των δορυφόρων του GPS.

Αύξηση της ακρίβειας του δέκτη του GPS



Σχήμα 3. Κακή θέση των δορυφόρων του GPS.

Μείωση της ακρίβειας του δέκτη του GPS

1.7.5 Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (Selective Availability)

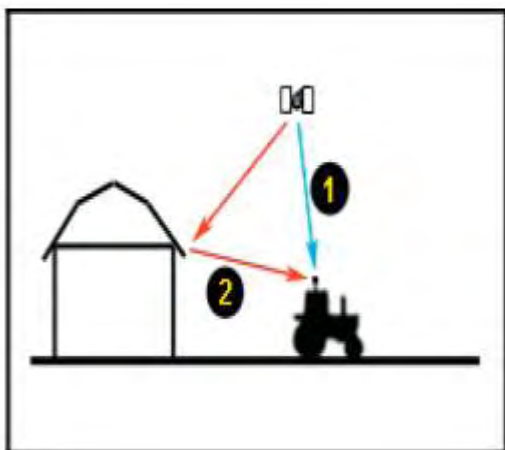
Το Αμερικάνικο Υπουργείο Αμύνης για να προστατέψει τα συμφέροντά του, εισήγαγε κατά το παρελθόν, σε τυχαίες χρονικές στιγμές, εσκεμμένο σφάλμα στο σήμα που εξέπεμπαν οι δορυφόροι, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ακρίβεια και την αξιοπιστία του συστήματος. Αυτή η υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος ονομάζεται επιλεκτική διαθεσιμότητα (selective availability). Οι στρατιωτικοί δέκτες είναι εξοπλισμένοι με ειδικό λογισμικό που εξαλείφει την επίδραση αυτή. Από την 1^η Μαΐου 2000 με απόφαση του Αμερικάνικου Υπουργείου Αμύνης, η κατάσταση της επιλεκτικής

διαθεσιμότητας τέθηκε εκτός λειτουργίας και πλέον η ακρίβεια του συστήματος παραμένει υψηλή χωρίς διακοπές.

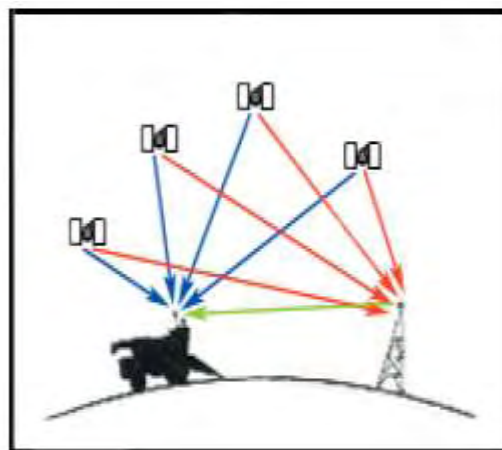
1.7.6 Λήψη του Δορυφορικού Σήματος

Οι επιδράσεις του καιρού (τροπόσφαιρας) και των ανωτέρων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (φορτισμένα μόρια στην περιοχή της ιονόσφαιρας), προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα που λαμβάνει ο δέκτης και σφάλματα στον καθορισμό της θέσης του. Παραμορφώσεις προκαλούνται ακόμα όταν ο δέκτης λαμβάνει σήματα μετά από ανάκλασή τους π.χ. σε κτίρια. Το σήμα που φτάνει στο γεωργικό μηχάνημα μετά από ανάκλαση σε κάποιο εμπόδιο δημιουργεί αποκλίσεις στις ενδείξεις του δέκτη. Αντίθετα, το σήμα που φτάνει απευθείας στο δέκτη είναι το σωστό για τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Οι δέκτες υψηλότερης τεχνολογίας έχουν αλγόριθμους που αφαιρούν τα σήματα από ανάκλαση και διορθώνουν το λάθος αυτό (Σχήμα 4).

Μία μέθοδος βελτίωσης της ακρίβειας των ενδείξεων ενός δέκτη GPS είναι με τη διαφορική διόρθωση. Ένας επίγειος σταθμός μετράει τις αποκλίσεις στις τροχιές των δορυφόρων που μπορεί να προέλθουν από δυνάμεις βαρύτητας (του ήλιου ή της σελήνης) που ασκούνται πάνω στους δορυφόρους και τις μεταβιβάζει στο δέκτη του GPS ο οποίος και τις συνεκτιμά στον υπολογισμό του στίγματός του (Σχήμα 5).



Σχήμα 4. Απόκλιση στο στίγμα από ανάκλαση του σήματος GPS.



Σχήμα 5. Διαφορική διόρθωση dGPS.

1.7.7 Διαφορική Διόρθωση (Differential Correction)

Η διαφορική διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του δέκτη GPS που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση. Εφόσον και η θέση των δορυφόρων είναι επίσης γνωστή, είναι γνωστή και η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων και του διαφορικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός μετράει συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα των δορυφόρων με τους οποίους έχει επαφή. Στην συνέχεια στέλνει σήματα στον κινητό δέκτη GPS (που π.χ. μπορεί να βρίσκεται πάνω στο γεωργικό μηχάνημα), ο οποίος λαμβάνοντας σήματα από το σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξή του. Η διαφορική διόρθωση παρέχεται σαν υπηρεσία από διάφορους κρατικούς ή ιδιωτικούς φορείς με κάποια

συνδρομή. Το GPS που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή ονομάζεται Differentially Corrected GPS ή DGPS και είναι ακριβέστερο του απλού.

1.7.8 Σχέση Ακρίβειας προς Κόστος

Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του. Ένας οικονομικός δέκτης χωρίς διαφορική διόρθωση αξίας 300€ παρέχει ακρίβεια 5 έως 15m και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή επισημάνσεων – παρατηρήσεων στον αγρό. Ένας δέκτης με DGPS αξίας 3.000€ παρέχει ακρίβεια 30cm και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται, αντί του απλού, στη δημιουργία χαρτών παραγωγής, στην εφαρμογή μεταβλητής δόσης εισροών και στον καθορισμό σημείων δειγματοληψίας εδάφους. Τέλος ένας δέκτης διπλής RTK-GPS (Real Time Kinematic) διάταξης αξίας 30.000€ επιτυγχάνει ακρίβεια ενός έως δύο εκατοστών και προτιμάται στην πλοήγηση αυτοοδηγούμενων γεωργικών μηχανημάτων ή άλλων εργασιών που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια.

1.8 Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)

Ο στόχος της Γεωργίας Ακριβείας είναι ο εντοπισμός και η ταυτοποίηση της παραλλακτικότητας ενός αγρού και η διαχείριση της με την εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών με διαφοροποιούμενη δόση. Κατά συνέπεια το πρώτο βήμα για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι ο εντοπισμός επιμέρους μικρότερων ομοιόμορφων τμημάτων ενός αγρού που χρήζουν διαφορετικής, μεταξύ τους, διαχείρισης.

Ως ζώνη διαχείρισης ορίζεται «ένα επιμέρους τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από έναν λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων». Η χρήση των ζωνών διαχείρισης είναι ο εύκολος τρόπος για την ταυτοποίηση, την ταξινόμηση και την χωροταξική κατανομή της παραλλακτικότητας των χαρακτηριστικών ενός αγρού.

Ένα απλό παράδειγμα ζώνης διαχείρισης και εφαρμογής εισροής με μεταβλητή δόση που εφαρμόζεται σήμερα στη πράξη είναι η χειροκίνητη διαφοροποίηση της δόσης εφαρμογής του λιπάσματος από τον παραγωγό ή η εντοπισμένη εφαρμογή κοπριάς ή άλλων εισροών. Ο παραγωγός το πραγματοποιεί αυτό βασισμένος στην εμπειρία και την γνώση του, όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας σε προηγούμενα χρόνια ή το είδος του εδάφους στη συγκεκριμένη περιοχή του αγρού. Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας το τελικό στάδιο είναι ένας ψηφιακός χάρτης του αγρού που απεικονίζει τις ζώνες διαχείρισης, το είδος των εισροών και τις δόσεις που εφαρμόζονται.

Η διαφοροποιημένη διαχείριση των επιμέρους ζωνών του αγρού βελτιώνει το οικονομικό αποτέλεσμα της γεωργικής εκμετάλλευσης με τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής, στην έκταση και την έντασή τους.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για την δημιουργία ζωνών διαχείρισης, που ως βάση είχε την δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling). Κατά την μεθοδολογία αυτή, διαιρείται ο αγρός σε τμήματα με οριζόντιες και κάθετες γραμμές υπό τη μορφή πλέγματος (Doerge, 1999). Με την ανάλυση αυτών των δειγμάτων εντοπίζονται οι περιοχές του αγρού με ενιαία χαρακτηριστικά οι οποίες αποτελούν και τις ζώνες διαχείρισης του συγκεκριμένου αγρού. Η δειγματοληψία πλέγματος έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει διαφορές στα επίπεδα των παραμέτρων που αναλύονται σε όλη την έκταση του αγρού. Ωστόσο αυτή η μεθοδολογία έχει αρκετούς περιορισμούς:

- ✓ Οι περιοχές μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας δεν χαρακτηρίζονται με ακρίβεια
- ✓ Οι στατιστικές μέθοδοι απαιτούν μεγάλο αριθμό δειγμάτων για την δημιουργία ψηφιακών χαρτών ικανοποιητικής ακρίβειας
- ✓ Η δειγματοληψία είναι χρονοβόρα και έχει μεγάλο κόστος σε ανθρώπινο δυναμικό
- ✓ Το κόστος ανάλυσης είναι υψηλό.

1.8.1 Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης

Σε ένα ευέλικτο και ακριβές σύστημα διαχωρισμού ζωνών διαχείρισης οι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την δημιουργία των ζωνών πρέπει να έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά:

- ❖ Σταθερότητα στον χρόνο
- ❖ Ευκολία στην μέτρηση
- ❖ Σχέση με την παραγωγή
- ❖ Χαμηλό κόστος δημιουργίας

Στο σύστημα Γεωργίας Ακριβείας που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία ο παράγοντας που ελήφθη υπόψη στη δημιουργία ζωνών διαχείρισης ήταν αρχικά η εδαφική φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Η εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα συγκεντρώνει όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος και την

υψηλή ταχύτητα με την οποία μπορούν να χαρτογραφηθούν πολλά στρέμματα εδάφους.

1.9 Εδαφική Φαινομενική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Soil Electrical Conductivity)



Σχήμα 6. Χρήση του Veris για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης

Η Γεωργία Ακριβείας στηρίζεται στη διαχείριση της παραλλακτικότητας του εδάφους και κατ' επέκταση της καλλιέργειας μέσα στον ίδιο αγρό. Η ύπαρξη αυτής της διαφοροποίησης είναι η αρχή της Γεωργίας Ακριβείας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η παραλλακτικότητα ανιχνεύεται από το αποτέλεσμα που είναι η παραγωγή. Ενώ δηλαδή, ο παραγωγός διαχειρίζεται το χωράφι του θεωρώντας το ομοιόμορφο με σταθερές εισροές σ' όλη την έκτασή του, αυτό στο τέλος δεν αποδίδει ομοιόμορφα. Τα αίτια αυτής της διαφοροποίησης μπορεί να είναι πολλά: από την προβληματική εφαρμογή των εισροών κατά την καλλιεργητική περίοδο, τους εχθρούς,

τα ζιζάνια αλλά κυρίως από τη διαφοροποίηση των χαρακτηριστικών του εδάφους από σημείο σε σημείο μέσα στο ίδιο χωράφι.

Παλιότερα ο κάθε παραγωγός που καλλιεργούσε μια μικρή έκταση με τα μέσα της εποχής, ήξερε τα χαρακτηριστικά του χωραφιού σε κάθε σημείο και προσάρμοζε τις καλλιεργητικές τακτικές του ανάλογα. Με την πάροδο των ετών, την εκμηχάνιση και τη μεγέθυνση των εκμεταλλεύσεων η διαφοροποιημένη διαχείριση κατέστη πολύ πιο δύσκολη. Η Γεωργία Ακριβείας με την χρήση των νέων τεχνολογιών και των αυτοματισμών μπορεί να κάνει πλέον αυτή τη διαφοροποίηση ευκολότερη και ακριβέστερη.

Η μεταβλητότητα στη δομή του εδάφους, την οργανική ουσία, την αλατότητα και την υδατοικανότητα είναι βασικοί παράγοντες που οδηγούν στη διαφοροποίηση της παραγωγής. Η ουσιαστικότερη επέμβαση που μπορεί να γίνει σ' έναν αγρό με παραλλακτικότητα στο έδαφος είναι η μεταβλητή εφαρμογή των αγροεφοδίων ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε εδαφικού τύπου. Για να γίνει κάτι τέτοιο απαιτούνται λεπτομερείς χάρτες που να παρουσιάζουν τη μεταβλητότητα του εδάφους εντός του χωραφιού. Η δημιουργία ενός χάρτη του εδάφους με τον κλασσικό τρόπο της εδαφοανάλυσης δεν ενδείκνυται για τη συγκεκριμένη περίπτωση καθώς απαιτεί πολύ κόπο, χρόνο και κόστος. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους φαίνεται ότι αποτελεί έναν απλό, φθηνό και ταυτόχρονα ακριβή τρόπο για τη χαρτογράφηση της παραλλακτικότητας του εδάφους σ' έναν αγρό (Doerge, 1999).

1.9.1 Ορισμός της Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μία φυσική ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από τη μάζα του. Η αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται κυρίως μέσω των τριχοειδών διαστάσεων πόρων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα εδαφικά συσσωματώματα. Οι πόροι αυτοί περιέχουν νερό με ιόντα σε διάλυση (εδαφικό διάλυμα). Κατά δεύτερο μέρος από τα στερεά σωματίδια που όσο μικρότερα είναι τόσο ευκολότερα περνά. Τέλος ο αέρας είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετράται σε milliSiemens/m και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που έχουν επίδραση και στην παραγωγικότητά του (Lund, et al., 1999). Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι:

- ✓ Η μηχανική σύσταση. Η άμμος έχει μικρή, η ιλύς μέση και η άργιλος υψηλή αγωγιμότητα. Κατά συνέπεια τα αργιλώδη εδάφη που έχουν πολλούς πόρους τριχοειδών διαστάσεων έχουν μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αντίθετα, τα αμμώδη εδάφη έχουν λίγους τέτοιους πόρους και μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- ✓ Η μηχανική καταπόνηση – Η συμπίεση του εδάφους αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- ✓ Η περιεκτικότητα σε νερό – Η υγρασία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.
- ✓ Η αλατότητα – Η αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων (ηλεκτρολύτες) στο έδαφος αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.

- ✓ Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity, CEC) – Εδάφη που περιέχουν υψηλά ποσοστά μοντμοριλλονίτη, ιλλίτη και βερμικουλίτη έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και συγκρατούν πολλά κατιόντα. Η παρουσία αυτών των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.
- ✓ Η οργανική ουσία – Η οργανική ουσία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους γιατί συγκρατεί υγρασία.
- ✓ Η θερμοκρασία του εδάφους – Κατά την μεταβολή της θερμοκρασίας σε τιμές άνω του μηδενός η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται ελάχιστα. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω του μηδενός (συνθήκες παγετού), η ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώνεται σημαντικά.

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα έδαφος δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Οι παράγοντες που μπορούν να επιφέρουν δραστικές αλλαγές στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα έδαφος είναι:

- Η μεταφορά εδάφους από αλλού π.χ. μπάζωμα ή ισοπέδωση
- Η βαθιά άροση
- Η χρήση αρδευτικού νερού επιβαρυσμένου με άλατα
- Η προσθήκη υπερβολικής ποσότητας οργανικής ουσίας
- Η προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων εδαφοβελτιωτικών, π.χ. ασβέστη για διόρθωση pH

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, η μέτρηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ομοιογενών ζωνών διαχείρισης στο έδαφος του αγρού που χαρακτηρίζονται σαφέστερα με την ανάλυση εδαφικών δειγμάτων.

1.9.2 Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την Φαινομενική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

Μέθοδοι χαρτογράφησης εδαφών με βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται από Γεωλόγους και Γεωφυσικούς εδώ και αρκετές δεκαετίες στον χαρακτηρισμό πετρωμάτων, στον εντοπισμό νερού, γεωθερμικών πεδίων και μεταλλευμάτων.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους:

- ❖ Με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (EM38)
- ❖ Με επαφή (Veris)

Οι δύο τρόποι δίνουν παρόμοια αποτελέσματα.

1.9.3. Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την Ηλεκτρομαγνητική Επαγωγή EM38

Με την μέθοδο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (electromagnetic induction), μετριέται η επίδραση του εδάφους σε κάποιο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Η επίδραση αυτή σχετίζεται με την εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέθοδος αυτή είναι δύσκολη στην εφαρμογή, απαιτεί συχνή βαθμονόμηση είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές μεταλλικών αντικειμένων και δίνει μετρήσεις που αφορούν μόνο ένα βάθος.

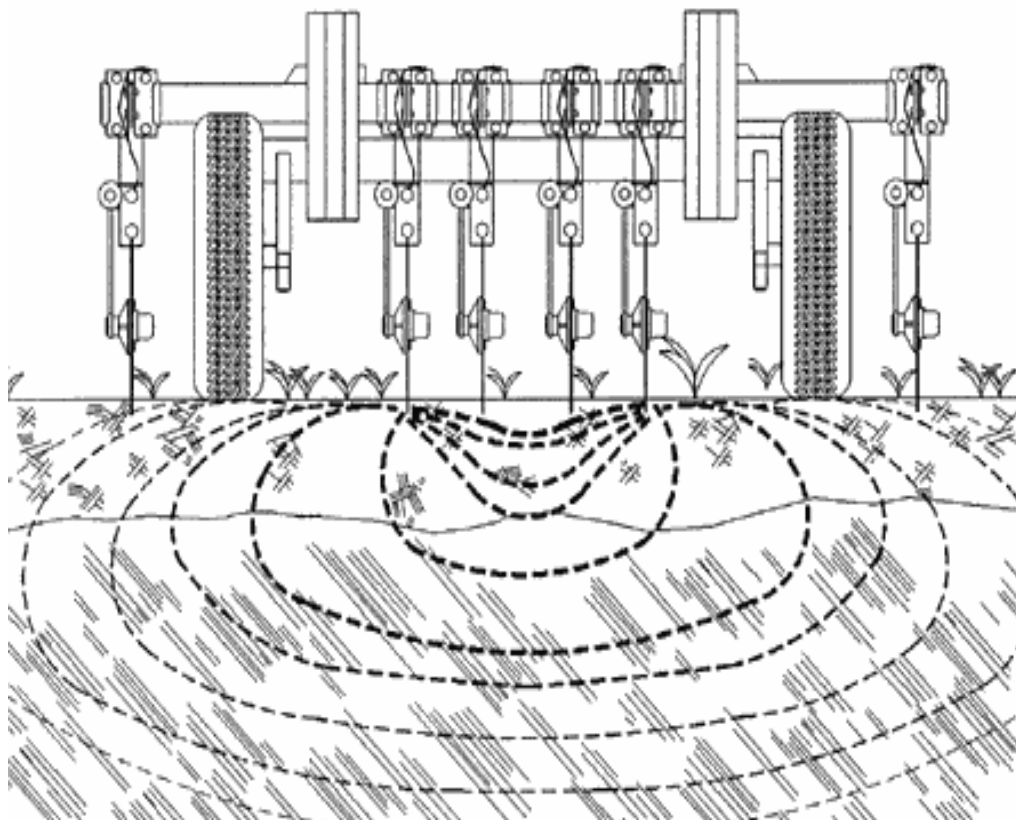
1.9.4. Με επαφή με το Veris

Μία από τις γνωστότερες συσκευές μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε πραγματικό χρόνο είναι το Veris 3100. Είναι όργανο που έλκεται πίσω από αυτοκινούμενο όχημα (π.χ. τρακτέρ) και διαγράφει την επιφάνεια του χωραφιού. Αποτελείται από έξι δίσκους που εφάπτονται του εδάφους δρώντας ως ηλεκτρόδια, ώστε να μετρούν την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα σε δύο βάθη ταυτόχρονα 0-30cm και 0-90cm.



Σχήμα 7. Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το σύστημα Veris

Η όλη διάταξη φέρει μια κεραία κι ένα δέκτη GPS ώστε να καταγράφεται το σημείο της κάθε μέτρησης στη κεντρική μονάδα. Το σύστημα καταγράφει μία μέτρηση ανά δευτερόλεπτο και μπορεί να κινηθεί με σχετικά μεγάλη ταχύτητα από 5-20km/h σε παράλληλα διαδρομές απόστασης από 4 έως 15m.



Σχήμα 8. Αναλυτικά η καταμέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με δίσκους στο βάθος των 0-90cm

Για βάθος 0 – 30cm οι δίσκοι 2 και 5 δίνουν ρεύμα στο έδαφος και οι δίσκοι 3 και 4 μετρούν τη διαφορά δυναμικού. Για βάθος 0 – 90cm η διαφορά δυναμικού μετριέται στους δίσκους 2 και 5, ενώ στους δίσκους 1 και 6 διοχετεύεται ρεύμα στο έδαφος.

1.9.5. Πως παράγεται ο τελικός χάρτης της Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας



Σχήμα 9. Το Veris σε στιγμή μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Για κάθε χωράφι που μετρήθηκε με την παραπάνω διαδικασία παράγεται ένα αρχείο δεδομένων που αποθηκεύεται στην κεντρική μονάδα και περιλαμβάνει την κάθε μέτρηση μαζί με τις συντεταγμένες του σημείου που μετρήθηκε. Τα δεδομένα αυτά μπορούν έπειτα ν' αναπαρασταθούν γραφικά ώστε να μορφοποιηθούν οι περιοχές με όμοια χαρακτηριστικά. Για να γίνει κάτι τέτοιο απαιτείται η επεξεργασία των δεδομένων από εξειδικευμένο λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS). Ο τελικός χάρτης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει πιο ομοιόμορφος, συνεχής και με διαφορετικά χρώματα να αναπαρίστανται οι διαφορετικές ζώνες της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο ίδιο χωράφι μαζί με τα όριά τους.

1.9.6. Τι μπορεί να μας δείξει ένας χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

Οι διαφορές στην φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα προκαλούνται από τη διαφορετική εδαφική σύνθεση (άργιλος, άμμος, οργανική ουσία, υγρασία, ιόντα κ.λ.π.). Ένας χάρτης φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να μας δείξει με διαφορετικά χρώματα τις διαφορές στην εδαφική σύνθεση μέσα στο ίδιο χωράφι. Εν γένει υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας δίνουν τα εδάφη με υψηλότερο ποσοστό αργίλου και οργανικής ουσίας. Για την καλύτερη και ακριβέστερη ταξινόμηση των εδαφικών ζωνών είναι καλό σε κάθε ζώνη του χάρτη της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας να λαμβάνεται ένας αριθμός δειγμάτων εδάφους προς ανάλυση. Με τον τρόπο αυτό μπορεί τελικά να δημιουργηθούν ζώνες διαχείρισης σ' έναν αγρό με βάση τη μηχανική σύσταση και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία των τεμαχίων και επαληθεύτηκαν με στοιχεία για την κάθε ζώνη με βάση τις αναλύσεις του εδάφους.

1.9.7. Πως μπορεί ένας χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας να οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση του αγρού και της καλλιέργειας

Όταν ο παραγωγός γνωρίζει την εδαφική σύσταση σε κάθε σημείο του χωραφίου του μπορεί να οδηγηθεί σε εφαρμογές διαφοροποιημένης δόσης εισροών ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους σε κάθε περιοχή. Μπορεί να ρυθμίσει για παράδειγμα, ώστε μεγαλύτερη ποσότητα σπόρου να πέφτει στο ελαφρό έδαφος απ' ότι στο βαρύ, για να εξισορροπήσει τις απώλειες κατά το φύτευμα ή τα πρώτα στάδια ανάπτυξης. Φαίνεται ότι υπάρχουν άμεσα αγρονομικά και οικονομικά

πλεονεκτήματα από τη χαρτογράφηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και που μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Γρήγορη επιβεβαίωση της παραλλακτικότητας του εδάφους ενός χωραφιού
- Χρήση της κατευθυνόμενης δειγματοληψίας που είναι πιο αξιόπιστη και οικονομική από τη δειγματοληψία πλέγματος
- Βέλτιστη επιλογή των περιοχών εγκατάστασης πειραματικών στο ίδιο αγρό
- Παραγωγή «ζωνών διαχείρισης» με βάση των οποίων μπορεί να γίνει η μεταβλητή εφαρμογή αγροεφοδίων
- Εύρεση ζωνών με χοντρόκοκκο έδαφος που έχει μικρότερη ικανότητα αποθήκευσης νερού με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο επιρρεπή σε συνθήκες έλλειψης νερού
- Εκτίμηση των περιοχών (ζωνών) που έχουν σχετικά μεγαλύτερο δυναμικό παραγωγής κυρίως όπου τα ποσοστά της αργίλου και της οργανικής ουσίας είναι μεγαλύτερα
- Εύρεση περιοχών με κακή αποστράγγιση
- Μόνο ισχυρές παρεμβάσεις (π.χ. ισοπέδωση) μπορούν να αλλάξουν ριζικά τις ιδιότητες του εδάφους

Ο χάρτης φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας του χωραφιού καταρχήν δεν αλλάζει με το πέρασμα των ετών για το ίδιο χωράφι.

Η έρευνα μέχρι στιγμής δείχνει ότι η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα επηρεάζεται σημαντικά από την παρουσία της υγρασίας. Αυτό που δεν αλλάζει όμως για ένα χωράφι είναι η μορφή των ζωνών του χάρτη ηλεκτρικής αγωγιμότητας καθώς οι διαφορές της από ζώνη σε ζώνη παραμένουν. Αυτό οφείλεται κυρίως στην εξάρτηση της

αγωγιμότητας από την παρουσία άμμου, αργίλου και οργανικής ουσίας τα οποία αποτελούν χαρακτηριστικά του κάθε τύπου εδάφους και δεν μεταβάλλονται εφόσον δεν γίνει κάποια δραστική ενέργεια, όπως μετακίνηση σημαντικής ποσότητας εδάφους από περιοχή σε περιοχή. Επομένως η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μια χρονιάς σκιαγραφεί τη μορφή των ζωνών του εδάφους που θα ισχύουν και για τα επόμενα χρόνια.

1.9.8. Σύστημα Χαρτογράφησης της Αγωγιμότητας του Εδάφους

Το σύστημα χαρτογράφησης της αγωγιμότητας εδαφών (soil electrical conductivity mapping system), Veris® της εταιρείας Veris Technologies® ΗΠΑ συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους με την μέθοδο της επαφής και τις δυνατότητες που παρέχει το Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS). Με το σύστημα αυτό μπορούν να χαρτογραφηθούν μεγάλες εκτάσεις εύκολα και γρήγορα. Ο μηχανισμός σύρεται στην επιφάνεια του εδάφους με έναν γεωργικό ελκυστήρα ή ένα αυτοκίνητο και πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κάθε δευτερόλεπτο, ενώ με τη βοήθεια του GPS καταγράφει και τη θέση του στον αγρό. Διαφοροποιώντας την ταχύτητα σάρωσης μεταβάλλεται ο αριθμός των μετρήσεων ανά επιφάνεια.

Το μοντέλο Veris 2000 XA® καταγράφει την ηλεκτρική αγωγιμότητα μόνο σε ένα βάθος εδαφικού προφίλ (από 0–60cm ή από 0–90cm), ενώ το μοντέλο Veris 3100® καταγράφει τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτόχρονα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0–30cm), αλλά και στο υπέδαφος (0–90cm). Στην συνέχεια οι μετρήσεις τις ηλεκτρικής

αγωγιμότητας σε συνδυασμό με το γεωγραφικό στίγμα των σημείων στα οποία αναφέρονται, μεταφέρονται με μια δισκέτα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού μετατρέπονται σε ψηφιακό χάρτη.

Εδώ αξίζει να αναφερθεί πως για την καταγραφεί της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη χρήση του Veris θα πρέπει να αντιμετωπιστούν μερικά προβλήματα και αυτά είναι:

1. Θα πρέπει για τη σωστή μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας η υγρασία του εδάφους να κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα και να μην είναι το έδαφος ούτε πολύ υγρό, ούτε υπερβολικά ξηρό.

2. Κατά την κίνηση του μηχανήματος στον αγρό πρέπει να υπάρχει συνεχείς επαφή των δίσκων με το έδαφος έτσι ώστε να γίνεται η καταγραφή των μετρήσεων χωρίς διακοπή.

3. Ακατάλληλο για αλατούχα εδάφη.

1.9.9. Συσχέτιση Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Παραγωγής

Η έρευνα με αντικείμενο την σχέση που συνδέει ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και την παραγωγή παρουσιάζει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Missouri (Kitchen et al., 1996), δείχνει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και παραγωγής και ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι γραμμική. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Iowa (Lund et al., 1999), έδειξε ότι οι περιοχές του αγρού με μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι εκείνες που δίνουν σταθερά μεγαλύτερη παραγωγή. Αντίστοιχα, αποτελέσματα έχουν δώσει μετρήσεις που γίνανε στην Ελλάδα στην

περιοχή της Καρδίτσας σε ένα αγροτεμάχιο 45 στρεμμάτων που καλλιεργήθηκε με βαμβάκι.(Vardoulis et al., 2006).

1.10 Χαρτογράφηση Παραγωγής (Yield Mapping)

Η ποσότητα του προϊόντος που συγκομίζει ο παραγωγός δεν είναι η ίδια σε κάθε σημείο του αγρού του. Κάποιοι από τους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η διαφοροποίηση αυτή είναι οι εξής:

- ✓ Ανομοιομορφία της μηχανικής σύστασης ή του ανάγλυφου του εδάφους
- ✓ Υδατική καταπόνηση σε ένα μέρος του αγρού (χαμηλή ή υψηλή υγρασία)
- ✓ Ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων
- ✓ Χαμηλή διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους λόγω διαφοροποιήσεων του pH
- ✓ Διαφορετική προσβολή από έντομα, ασθένειες και ζιζάνια
- ✓ Λάθη κατά την εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών, με αποτέλεσμα κάποια σημεία του αγρού να δέχονται διπλή δόση και κάποια να μένουν ακάλυπτα

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, η μέτρηση της παραλλακτικότητας της παραγωγής, συνδυάζεται με τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της. Η χαρτογράφηση της παραγωγής (yield mapping), αποτελεί έναν τρόπο για να εκτιμηθεί εάν υπάρχει αρκετή παραλλακτικότητα στον αγρό, ώστε να απαιτείται η διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την

αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαφοροποιούμενης εφαρμογής οποιασδήποτε εισροής. Κατά συνέπεια, οι μετρητές παραγωγής (yield monitors) αποτελούν βασικό εξοπλισμό στην Γεωργία Ακριβείας.

Οι μετρητές παραγωγής (yield monitors) μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και μετρούν την παραλλακτικότητα της παραγωγής που εμφανίζεται στον αγρό. Είναι μηχανισμοί που λαμβάνουν δεδομένα από το Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS) μέσω δεκτών GPS και συνδέουν την παραγωγή κάθε σημείου του αγρού με το στίγμα του. Με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού διαμορφώνεται ένας ψηφιακός χάρτης παραγωγής του αγρού.

Το σύστημα μέτρησης παραγωγής (yield monitoring) που εγκαταστάθηκε στην βαμβακοσυλλεκτική του πειράματος είναι της εταιρείας AgLeader και αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Κονσόλα Ελέγχου
- Κεραίες και δέκτης GPS/DGPS
- Κάρτα δεδομένων PCMCIA
- Αισθητήρες (sensors) που χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση

1.11 Αισθητήρες (Sensors)

Πρόκειται για μηχανισμούς που μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και παρέχουν δεδομένα στην κονσόλα ελέγχου. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων:

✚ Αισθητήρας μέτρησης παραγωγής – Είναι ο βασικότερος. Εγκαθίσταται σε συγκεκριμένα σημεία των συγκομιστικών μηχανών και μετράει την ροή του γεωργικού προϊόντος.

✚ Αισθητήρας μέτρησης υγρασίας – Εγκαθίσταται και αυτός σε συγκεκριμένα σημεία των μηχανών συγκομιδής και μετράει το ποσοστό υγρασίας του συγκομιζόμενου προϊόντος.

✚ Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας – Εγκαθίσταται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράει την ταχύτητά της. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί οι νεότερης τεχνολογίας αισθητήρες που μετρούν την ταχύτητα της μηχανής συγκομιδής με τη βοήθεια του λέιζερ.

✚ Ζυγαριές ακριβείας – Χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του συστήματος.

Οι κυριότερες καλλιέργειες στον Ελληνικό χώρο στα οποίες εφαρμόζεται μηχανική συγκομιδή είναι τα σιτηρά, το βαμβάκι, τα ζαχαρότευτλα, οι πατάτες και η βιομηχανική τομάτα. Υπό ανάπτυξη βρίσκονται μηχανές συγκομιδής και για άλλα προϊόντα. Είναι φυσικό οι πρώτοι μετρητές παραγωγής να έχουν αναπτυχθεί γι' αυτές τις καλλιέργειες που εφαρμόζεται μηχανική συγκομιδή.

1.11.1 Σιτηρά

Οι πρώτοι μετρητές παραγωγής αναπτύχθηκαν για τα σιτηρά (καλαμπόκι, σιτάρι, ρύζι κ.λ.π.) και ανήκουν σε δύο κατηγορίες:

- Μετρητές όγκου (volumetric yield monitors)
- Μετρητές μάζας (mass flow yield monitors)

Οι μετρητές όγκου χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αισθητήρες πυκνότητας για να εξάγουν δεδομένα σε μάζα. Οι αισθητήρες μάζας χρησιμοποιούν βελτιωμένη τεχνολογία (ακτινοβολία, μέτρηση διηλεκτρικής σταθεράς) για να μετρήσουν την μάζα του προϊόντος. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί μετρητές πίεσης (impact monitors) που μετρούν την μηχανική πίεση που ασκεί η ροή του προϊόντος σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος. (Stafford 2000).

1.11.2 Βαμβάκι

Το ενδιαφέρον για μετρητές παραγωγής για το βαμβάκι είναι μεγάλο διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα λόγω της μεγάλης σημασίας του προϊόντος για τη χώρα. Οι μετρητές που έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιούν οπτικούς αισθητήρες για τη μέτρηση της μάζας του βαμβακιού καθώς περνά μέσα από τους σωλήνες μεταφοράς του στην βαμβακοσυλλεκτική μηχανή. (Wilkerson et al., 1994, 2001, Tomasson et al., 1999).

1.11.3 Ζαχαρότευτλα, Πατάτα, Βιομηχανική Τομάτα

Είναι μετρητές παραγωγής που ζυγίζουν την ποσότητα του προϊόντος, όταν κινείται πάνω σε κάποια ταινία μεταφοράς της μηχανής συγκομιδής. Αυτού του τύπου οι μετρητές έχουν και τη μεγαλύτερη ακρίβεια μεταξύ όλων των τύπων μετρητών που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα.

Ζαχαρότευτλα (Hoffman et al., 1995), Πατάτα (Campbell et al., 1994), Βιομηχανική Τομάτα (Pelletier et al., 1999).

1.12 Προβλήματα Εφαρμογής

Ένα σημαντικό σφάλμα που υπεισέρχεται κατά τη δημιουργία του χάρτη παραγωγής είναι η χρονική υστέρηση που υπάρχει από τη στιγμή που το προϊόν συγκομίζεται από την μηχανή μέχρι να φθάσει στο σημείο της μηχανής όπου μετριέται. Η υστέρηση αυτή μπορεί να είναι της τάξης των 5 δευτερολέπτων και αντιστοιχεί σε κάποια απόσταση, ανάλογα με την ταχύτητα της μηχανής συγκομιδής. Ο αισθητήρας δηλαδή καταγράφει τη συγκομισθείσα παραγωγή που αντιστοιχεί κάποια μέτρα πριν από το σημείο που βρίσκεται. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την ρύθμιση της κονσόλας ελέγχου, ώστε να συνδυάζει τα δεδομένα της παραγωγής με το γεωγραφικό στίγμα στο οποίο βρισκότανε η μηχανή συγκομιδής ορισμένα δευτερόλεπτα πριν από την στιγμή της μέτρησης.

1.13 Βαθμονόμηση των Μετρητών Παραγωγής

Ο σκοπός της μέτρησης της παραγωγής δεν είναι ο υπολογισμός της απόλυτης ποσότητας του προϊόντος που συγκομίζεται από την μηχανή. Κάτι τέτοιο βέβαια, είναι δυνατόν να γίνει αλλά απαιτεί συχνές βαθμονομήσεις (calibration) (Markinos et al., 2002). Σκοπός της μέτρησης παραγωγής σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, είναι η μέτρηση της παραλλακτικότητας (μέγεθος και τρόπος διακύμανσης) της παραγωγής στην έκταση του αγρού. Μετά το σχηματισμό του, ο

ψηφιακός χάρτης παραγωγής, αποτελεί ουσιαστικό εργαλείο που βοηθά στην εξεύρεση των εντοπισμένων περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής. Το γεγονός αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για την προσπάθεια διόρθωσης των περιοριστικών αυτών παραγόντων.

Κατά την μέτρηση του απόλυτου μεγέθους της παραγωγής η συχνή βαθμονόμηση των μετρητών παραγωγής είναι απαραίτητη (Markinos et al., 2004). Η βαθμονόμηση περιλαμβάνει σύγκριση της συνολικής ποσότητας που μετρήθηκε με τον μετρητή παραγωγής και της ζυγισμένης ποσότητας. Πιο απλά, συγκομίζεται μία έκταση μετρώντας την παραγωγή με τον μετρητή και στη συνέχεια ζυγίζεται. Όταν παρατηρηθούν διαφορές μεγαλύτερες από $\pm 3\%$ ρυθμίζεται ο μετρητής παραγωγής ανάλογα. Βαθμονόμηση πρέπει να γίνεται κάθε φορά που αλλάζει σημαντικά κάποιος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τις φυσικές ιδιότητες του συγκομιζόμενου προϊόντος π.χ. η ποικιλία της καλλιέργειας που συγκομίζεται, η σχετική υγρασία του προϊόντος, το χωράφι κλπ. Επίσης, είναι απαραίτητη όταν αλλάζει δραματικά το επίπεδο διακύμανσης της παραγωγής (π.χ. μεταξύ πρώτου και δεύτερου χεριού στο βαμβάκι).

1.14 Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS)

Σ' ένα σύστημα Γεωργία Ακριβείας οι διάφορες πληροφορίες που αφορούν στον αγρό, αντιπροσωπεύονται από αριθμούς οι οποίοι περιγράφουν μετρήσεις κάποιων παραμέτρων του (π.χ. εδαφοανάλυσεις), επιτόπιες παρατηρήσεις (όπως π.χ. εντοπισμένα νεροκρατήματα), εφαρμογή κάποιας εισροής με διαφοροποιημένη δόση κλπ. Οι πληροφορίες αυτές με τη βοήθεια του GPS συνοδεύονται με το

γεωγραφικό στίγμα των αντίστοιχων σημείων του αγρού όπου αναφέρονται. Κατά τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών μεγάλης ακρίβειας, ο όγκος των πληροφοριών είναι τεράστιος, έτσι ώστε η χρήση κάποιου λογισμικού για την επεξεργασία τους είναι απαραίτητη.



Σχήμα 10. Ο ρόλος του GIS στα Συστήματα Γεωργίας Ακρίβειας

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) είναι ένα λογισμικό με τη βοήθεια του οποίου οι πληροφορίες οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες σ' ένα GIS απεικονίζονται πάντοτε ως ψηφιακοί χάρτες του υπό εξέταση αγρού, γιατί όλες οι πληροφορίες είναι προσδιορισμένες στο χώρο με τη βοήθεια του GPS. Πρόσθετα εργαλεία όπως στατιστικές αναλύσεις, προσομοιώσεις και άλλες αναλυτικές μέθοδοι, χρησιμοποιούνται από το GIS και βοηθούν στην εξαγωγή

συμπερασμάτων και στην λήψη αποφάσεων (Westervelt, 2000). Πέρα από την χαρτογράφηση, οι βάσεις δεδομένων που συνδέονται με το GIS και τα εργαλεία του για τον χειρισμό τους, καθιστούν το GIS πολύτιμο εργαλείο σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας.

Με την συστηματική συλλογή δεδομένων δημιουργείται ένας αριθμός χαρτών που απεικονίζουν την μεταβολή διαφόρων παραμέτρων του αγρού ή της καλλιέργειας. Η ανάλυση των παραπάνω δεδομένων οδηγεί στην εξεύρεση των εντοπισμένων περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής και στην προσπάθεια διόρθωσής τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με π.χ. μια εφαρμογή λιπάσματος με μεταβλητή δόση.

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που διαθέτει το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας είναι της SST Development Group®, Inc ΗΠΑ, μια εταιρεία που ειδικεύεται αποκλειστικά στην παραγωγή λογισμικού (software) για την Γεωργία Ακριβείας. Τα προϊόντα της είναι τα SSToolbox®, SSToolboxLite®, SSToolkit®, SST Stratus® και FiedRover®. Τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη και εξέλιξη.

Το SSToolkit® είναι το οικονομικότερο πακέτο που επιτρέπει τη δημιουργία κάποιων τύπων ψηφιακών χαρτών και στη συνέχεια την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά τη διαχείριση των αγρών.

Το SSToolboxLite® έχει όλες τις λειτουργίες του SSToolkit® με περισσότερες δυνατότητες στη δημιουργία χαρτών και κάποιες δυνατότητες στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων.

Το SSToolbox® έχει όλες τις λειτουργίες των δύο προηγούμενων, με μεγαλύτερες δυνατότητες στη συγκέντρωση, οργάνωση, χειρισμό, ανάλυση και επεξεργασία πληροφοριών που αφορούν τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Μπορεί, δε, να αναπτυχθεί και σε όλο το φάσμα μιας οργάνωσης και να καλύψει όλες τις εργασίες που αφορούν τον αγρό.

Το SST Stratus® είναι λογισμικό που βοηθά στην καταγραφή πληροφοριών όσον αφορά το ιστορικό της καλλιέργειας (π.χ. προσβολές

από εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια), καθώς και των διαφόρων επεμβάσεων (ψεκασμοί, καλλιεργητικές εργασίες, αρδεύσεις κ.α.) που πραγματοποιούνται σε αυτή. Συνεργάζεται με τα SStoolboxLite®, SStoolkit® και SStoolbox® και αποτελεί την βάση δεδομένων και το μέσο καταγραφής στοιχείων που αφορούν τη διαχείριση του αγρού της καλλιέργειας. Εγκαθίσταται σε υπολογιστές παλάμης (π.χ. Compak iPaq), καθιστώντας δυνατή την καταγραφή δεδομένων, ενώ ο χρήστης βρίσκεται στον αγρό και μπορεί να αφορά τμήμα ή το σύνολο του αγρού.

Το FiedRover® II εγκαταστημένο επίσης μόνο σε φορητό υπολογιστή ή υπολογιστή παλάμης, χρησιμοποιείται στη δημιουργία του περιγράμματος του αγρού (Field boundary), απαραίτητου στη δημιουργία ψηφιακού χάρτη οποιασδήποτε παραμέτρου του αγρού. Ακόμα είναι χρήσιμο εργαλείο για την καταγραφή οποιουδήποτε εντοπισμένου παράγοντα που επηρεάζει την καλλιέργεια π.χ. προσβολή από ζιζάνια. Επίσης, με τη βοήθειά του, μπορεί να δημιουργηθεί χάρτης των σημείων δειγματοληψίας του εδάφους.

1.15 Τεχνολογία Διαφοροποιούμενης Δόσης (Variable Rate Technology, VRT)


Η εφαρμογή εισροών με διαφοροποιούμενη δόση αποτελεί το πιο σημαντικό τμήμα της Γεωργίας Ακριβείας. Μέσα από τη διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών επιδιώκει να βελτιώσει τις αποδόσεις και να μεγιστοποιήσει το κέρδος από μία εκμετάλλευση.

Μέχρι τη δεκαετία του '90, η διαδικασία για την ανάπτυξη χαρτών εφαρμογής εισροών με μεταβλητή δόση βασίστηκαν στην δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling). Έρευνες έδειξαν ότι η παραλλακτικότητα του εδάφους είναι αρκετά υψηλή, ώστε να απαιτείται πολύ μεγάλος αριθμός

δειγμάτων για την διαμόρφωση χάρτη αποδεκτής ακριβείας, όπου θα βασίζονταν οι αποφάσεις για την διαφοροποίηση των εισροών (Berntsen et al., 2006). Η αύξηση των σημείων δειγματοληψίας για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας έχει ως αποτέλεσμα την γεωμετρική αύξηση του κόστους αναλύσεων εδάφους. Σε ένα σύστημα που βασίζεται στη διαχείριση της παραλλακτικότητας μέσα από τη χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας το κόστος μειώνεται σημαντικά.

Από τη σύγκριση ζωνών διαχείρισης που προκύπτουν από τους χάρτες της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και τους χάρτες της παραγωγής μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα πως κάποιες ζώνες απαιτούν διαφορετική διαχείριση από κάποιες άλλες. Η διόρθωση των παραγόντων που περιορίζουν την παραγωγή είναι ίσως το πρώτο βήμα στην προσπάθεια αύξησης των αποδόσεων του αγρού. Ο ευκολότερος και γρηγορότερος τρόπος για να γίνει αυτό με ένα πέρασμα με το μηχάνημα εφαρμογής κάποιας εισροής (υγρή ή στερεή) είναι μέσα από την τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης.

Με το σύστημα VRT επιχειρείται η διόρθωση των εντοπισμένων παραγόντων που περιορίζουν την παραγωγή. Περιλαμβάνει τον εξοπλισμό που επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της δόσης κάθε καλλιεργητικής εισροής και αποτελείται από τα εξής μέρη:

 **Κονσόλα ελέγχου.** Πρόκειται για την ίδια κονσόλα με αυτή της μέτρησης παραγωγής στην οποία γίνεται μία απλή αλλαγή λογισμικού της ώστε να διαχειριστεί τη μεταβλητή δοσομέτρηση. Το γεγονός ότι χρησιμοποιείται η ίδια κονσόλα είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί συμβάλει στη μείωση του κόστους επένδυσης από τον χρήστη.

☞ Κάρτα δεδομένων PCMCIA. Είναι η ηλεκτρονική κάρτα με την οποία μεταφέρονται οι πληροφορίες για την εφαρμογή με μεταβλητή δόση, από το κεντρικό GIS στην κονσόλα ελέγχου.

☞ Μηχανισμούς που προσαρμόζονται στα μηχανήματα εφαρμογής των καλλιεργητικών εισροών είτε αυτές είναι υγρή είτε σε στερεή μορφή. Οι μηχανισμοί αυτοί αυξομειώνουν τη δόση, σύμφωνα με τις εντολές που δέχονται από την κονσόλα ελέγχου. Πρόκειται για αντλίες και κινητήρας μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής, βαλβίδες με μεταβλητό άνοιγμα και κλείσιμο.

Με τη βοήθεια της τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση των καλλιεργητικών εισροών γιατί εφαρμόζεται η κατάλληλη δόση για τη βελτίωση, ποσοτική ή ποιοτική της παραγωγής και δεν εφαρμόζεται υπερβολική δόση προϊόντος στα σημεία όπου αυτό δεν αξιοποιείται. Τα οφέλη είναι πολλαπλά για τον παραγωγό, αφού επιτυγχάνει αύξηση της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων του, με τη βελτίωση της παραγωγής, με ταυτόχρονη μείωση εισροών ή την καλύτερη κατανομή τους στον αγρό (T.W. Rider et al, 2006).

Τα οφέλη είναι προφανή και για το περιβάλλον, γιατί μειώνεται δραστικά η πιθανότητα έκπλυσης ή επιφανειακής απορροής των επιπλέον ποσοτήτων των εισροών που δεν χρησιμοποιούνται από την καλλιέργεια. Έτσι, μειώνεται η ρύπανση του υδροφόρου, των ποταμών, των λιμνών και της θάλασσας από υπολείμματα λιπασμάτων ή άλλων φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Γενικά

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια βαμβακιού στην περιοχή Ομορφοχωρίου Λάρισας σε τρία αγροτεμάχια:

- Αποθήκη 1,76ha,
- Βασούλα 2,43ha και
- Φουλούλη 2,92ha.



Σχήμα 11. Αγρός Φουλούλη

Αρχικά στο δεύτερο δεκαήμερο του Νοεμβρίου του 2004 πραγματοποιήθηκε άροση σε βάθος 25–30cm και στους τρεις αγρούς. Στο τέλος Ιανουαρίου ακολούθησε ένας βαρύς καλλιεργητής για αρχικό θρυμματισμό του εδάφους και έλεγχο των ζιζανίων. Αρχές Μαρτίου έγινε βασική λίπανση με 0-46-0 (250kg/ha). Το λίπασμα ενσωματώθηκε με σβωλοκόπτη. Στη συνέχεια με ειδικό μηχάνημα (Veris® 3100) το οποίο προσαρτήθηκε στο πίσω μέρος γεωργικού ελκυστήρα, έγινε χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε αγροτεμάχιο. Η ταχύτητα εργασίας μέσα στα αγροτεμάχια ήταν της τάξεως των 10km/h κατά μέσο όρο, και η απόσταση από διαδρομή σε διαδρομή απείχε περίπου 8m. Μέχρι και το δεύτερο δεκαήμερο του Απριλίου δεν έγινε καμία εφαρμογή. Στις αρχές του τρίτου δεκαημέρου και μέσα σε δέκα μέρες πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες:

- Πέρασμα δύο φορές με σβωλοκόπτη για να ψιλοχωματιστεί και να ισοπεδωθεί το χωράφι και να υποδεχθεί το σπόρο.
- Πραγματοποιήθηκε η σπορά σε βάθος 2-3cm. Η ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Selia.
- Με ψεκαστικό μηχάνημα έγινε επιφανειακή χρήση ζιζανιοκτόνων για την αντιμετώπιση των ζιζανίων και η ενσωμάτωση έγινε με καταιονισμό.
- Άρδευση 20mm νερού εφαρμόστηκε στις 27/4/2005 για να ξεκινήσει να βλαστήσει ο σπόρος.

Ο σπόρος που χρησιμοποιήθηκε ήταν και για τους τρεις αγρούς της εταιρίας Fibermax και συγκεκριμένα η ποικιλία Selia. Μέσα στα δοχεία της σπαρτικής μηχανής που χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή φαρμάκων χρησιμοποιήθηκε κοκκώδη για την προστασία του φυτού από

εχθρούς του βαμβακιού, όπως για παράδειγμα από λίκκο, σιδεροσκώληκα κ.α.

Οι καιρικές συνθήκες που επικράτησαν εκείνη την περίοδο ήταν ευνοϊκές για την ομαλή εξέλιξη της καλλιέργειας, αλλά δεν υπήρξαν καθόλου βροχοπτώσεις. Επειδή, όμως, ο σπόρος δεν τοποθετήθηκε σε μεγάλο βάθος για να έχει μόνιμη υγρασία, έγινε ακόμη μία άρδευση 10mm νερού από τις 9-11 Μαΐου και στα τρία αγροτεμάχια. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι στο αγροτεμάχιο Αποθήκη εφαρμόστηκε ακόμη μία φορά άρδευση, στις 18 Μαΐου της τάξεως των 10mm νερού διότι σ' αυτό το χωράφι υπήρξαν έντονα προβλήματα ταρατσώματος. Η άρδευση που πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο και στα τρία αγροτεμάχια ήταν με μεγάλο ακροφύσιο. Στα αγροτεμάχια Βασούλα και Φουλούλη εφαρμόστηκε πάλι άρδευση με μεγάλο ακροφύσιο, ενώ στον αγρό Αποθήκη οι υπόλοιπες δύο αρδεύσεις έγιναν με καταιονισμό. Καθ' όλη τη διάρκεια του Μαΐου δεν εμφανίστηκαν προβλήματα μυκητολογικά, αλλά ούτε και εντομολογικά. Στη συνέχεια στο διάστημα από 15 Μαΐου μέχρι και 30 Ιουνίου πραγματοποιήθηκε τρεις φορές μηχανικό σκάλισμα και στα τρία αγροτεμάχια. Το τελευταίο σκαλιστήρι πραγματοποιήθηκε στα τέλη Ιουνίου όπου το βαμβάκι είχε ένα ύψος πενήντα εκατοστών περίπου με συνέπεια όταν περνάει ο σκαλιστήρι μέσα στο βαμβάκι να ρίχνει τα χτένια και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής. Μετά και το τελευταίο πέραςμα με σκαλιστήρι στον αγρό Αποθήκη τοποθετήθηκαν λάστιχα. Έτσι στάγδην άρδευση εφαρμόστηκε από τα τέλη Ιουνίου μέχρι και τα πρώτα δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου. Στον αγρό Βασούλα η άρδευση πραγματοποιήθηκε με αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο και ολοκληρώθηκε στις 28/8/2005. Στο αγροτεμάχιο Φουλούλη η άρδευση που εφαρμόστηκε ήταν χωρισμένη σε δύο μέρη. Στο ανατολικό μέρος του χωραφιού (0,92ha) περίπου, η άρδευση που εφαρμόστηκε ήταν με καταιονισμό, ενώ στο δυτικό μέρος του (2,0ha) με

αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο. Το τέλος της άρδευσης ήταν στις 25/8/2005.

Η επιφανειακή λίπανση που εφαρμόστηκε ήταν παρόμοια στα αγροτεμάχια Βασούλα και Φουλούλη. Στις 20 Ιουνίου όπου πραγματοποιήθηκε η πρώτη άρδευση αναπτύξεως εφαρμόστηκε γραμμική λίπανση (70kg/ha) νιτρικής αμμωνίας (34,5-0-0). Γραμμική λίπανση εφαρμόστηκε ακόμη μία φορά στις 3 Ιουλίου με 80kg/ha νιτρικής αμμωνίας (34,5-0-0) και στα δύο αγροτεμάχια. Αντίθετα, στον αγρό Αποθήκη επειδή η άρδευση ήταν στάγδην υπήρχε η δυνατότητα να εφαρμοστεί λίπανση σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Όπως και έγινε. Έτσι λίπανση εφαρμοζότανε κάθε φορά που γινότανε άρδευση και μέχρι το πρώτο δεκαήμερο του Αυγούστου. Στις έξι αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν από τα μέσα Ιουνίου μέχρι και αρχές Αυγούστου εφαρμόστηκε η ακόλουθη λίπανση:

- 40 kg/ha νιτρική αμμωνία (34,5-0-0)
- 80 kg/ha ουρία (46-0-0)
- 90 kg/ha λίπασμα (20-20-20)
- 15 kg/ha λίπασμα (13-61-0)

Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να αναφερθούν οι χημικές επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την καλλιεργητική περίοδο. Μετά τη σπορά και 2-3 ώρες πριν τη πρώτη άρδευση με κατάλληλο ψεκαστικό μηχάνημα εφαρμόστηκε στα αγροτεμάχια Αποθήκη και Βασούλα τα ακόλουθα χημικά σκευάσματα:

- Stomp (50%) 2,5 kg/ha
- Prometrine (50%) 2,5 kg/ha

Αντίθετα, στον αγρό Φουλούλη λόγω του ότι υπήρχαν προβλήματα με αγριοντοματιά εφαρμόστηκε διαφορετικό σχήμα.

Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτό το αγροτεμάχιο ήταν τα εξής:

- Cottonex (50%) 3 kg/ha
- Prometrine (50%) 2,5 kg/ha

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δεν παρουσιάστηκαν εντομολογικά προβλήματα. Έτσι δεν χρειάστηκε να γίνει κάποια χημική εφαρμογή. Η μόνη εφαρμογή που πραγματοποιήθηκε ήταν η ρύθμιση ανάπτυξης του ύψους των φυτών με χημικά μέσα. Εφαρμόστηκε το χημικό σκεύασμα PIX δύο φορές στον αγρό Αποθήκη και από μία στα αγροτεμάχια Βασούλα και Φουλούλη. Το PIX έχει την ιδιότητα να περιορίζει-αναστέλλει το ύψος των φυτών. Επειδή ο παραγωγός στα αγροτεμάχια του οποίου πραγματοποιήθηκε η έρευνα έχει ως αρχή του ότι για να πάρεις υψηλή απόδοση θα πρέπει να ρίξει πάνω από 700mm νερό γι' αυτό και κάνει εφαρμογή φαρμάκων, ώστε τα μεσογονάτια διαστήματα να μην έχουν απόσταση μεγαλύτερη των 3-4cm. Η εφαρμογή PIX που πραγματοποιήθηκε στον αγρό Αποθήκη ήταν την πρώτη φορά στις 21 Ιουνίου 2005 (1kg /2,5 ha ή 0,4kg /ha) και η δεύτερη στις 18 Ιουλίου 2005 (1kg/ha). Αντίθετα, στα αγροτεμάχια Βασούλα και Φουλούλη η εφαρμογή PIX έγινε μία μόνο φορά. Στον αγρό Βασούλα η εφαρμογή με το ανασταλτικό ύψους πραγματοποιήθηκε στις 13 Ιουλίου 2005 (1kg /1,5 ha ή 0,65kg / ha). Η ίδια δοσολογία PIX εφαρμόστηκε και στον αγρό Φουλούλη στις 15 Ιουλίου 2005. Τέλος στις 22-24 Σεπτεμβρίου 2005 εφαρμόστηκε και στους τρεις αγρούς αποφυλλωτικό Finish (2,5kg / ha).

2.2 Συγκέντρωση δεδομένων

Τα αρχικά δεδομένα (παραγωγή, Veris, ύψος φυτών και πυκνότητα φυτών) εισήχθησαν στη βάση δεδομένων του GIS λογισμικού SSToolbox. Πριν γίνει η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε φιλτράρισμα στις τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και απομακρύνθηκαν οι τιμές που ήταν μικρότερες ή ίσες του μηδενός οι οποίες δεν είχαν φυσική σημασία.

Στη συνέχεια έγινε στατιστική ανάλυση των δεδομένων όπου υπολογίστηκαν τα περιγραφικά στατιστικά (ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, μέση τιμή, τυπική απόκλιση και συντελεστής παραλλακτικότητας).

Με το πρόγραμμα SSToolbox δημιουργήθηκαν οι θεματικοί χάρτες για όλα τα δεδομένα χρησιμοποιώντας την μέθοδο παρεμβολής Kriging σ' ένα πλέγμα 20m X 20m. Με το ίδιο πρόγραμμα υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης r μεταξύ παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας και παραγωγής και ύψους φυτών και πυκνότητας φυτών.

2.2.1 Περιγραφή συστήματος καταμέτρησης παραγωγής

2.2.2 Εισαγωγή

Η συγκομιδή ξεκίνησε στις 8 Οκτωβρίου 2005 αρχικά από τον αγρό Αποθήκη και μέσα σε τρεις μέρες είχαν συγκομιστεί και τα άλλα δύο αγροτεμάχια, με πρώτο αυτό της Βασούλας και δεύτερο του Φουλούλη. Στις 21 Οκτωβρίου ξεκίνησε η συλλογή των ίδιων αγροτεμαχίων για

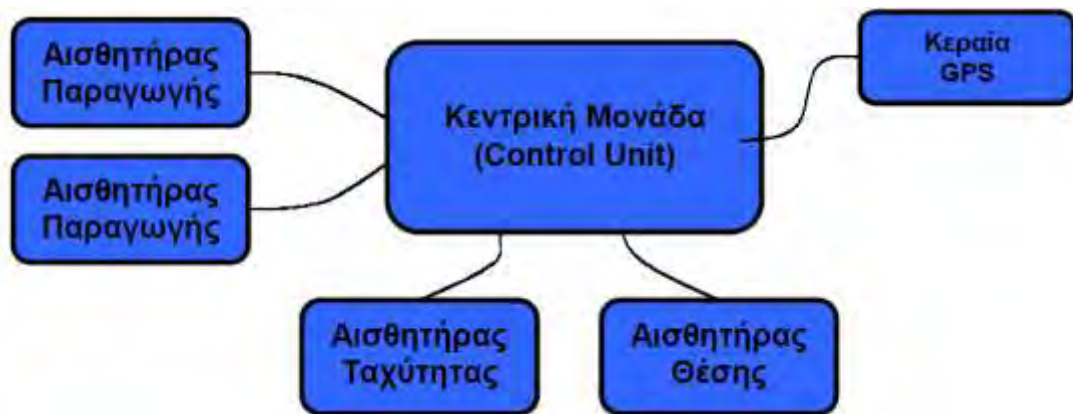
δεύτερη φορά. Η όλη διαδικασία ολοκληρώθηκε δύο μέρες αργότερα. Η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή ήταν μία John Deere 9920 δίσειρη. Στη βαμβακοσυλλεκτική μηχανή τοποθετήθηκαν κάποια όργανα και αισθητήρες για την καταγραφή της παραγωγής (Σχήμα 12).



Σχήμα 12. Βαμβακοσυλλεκτική μηχανή

Το σύστημα που επιλέχθηκε προέρχεται από την εταιρεία AgLeader®. Η επιλογή του συστήματος αυτού μεταξύ άλλων δεν ήταν τυχαία, αλλά βασίστηκε σε κριτήρια όπως η αξιοπιστία, η ευελιξία, η υποστήριξη και ο βαθμός επεκτασιμότητας. Η όλη διάταξη αποτελείται από τα κάτωθι που τοποθετήθηκαν πάνω στη βαμβακοσυλλεκτική μηχανή:

- ☒ Τον δέκτη GPS
- ☒ Κεντρική υπολογιστική μονάδα
- ☒ Τους υπέρυθρους αισθητήρες καταγραφής παραγωγής
- ☒ Τον αισθητήρα ταχύτητας
- ☒ Τον αισθητήρα της θέσης συλλεκτικών μονάδων
- ☒ Τις απαραίτητες καλωδιώσεις



Σχήμα 13. Σχηματική παράσταση για την χαρτογράφηση της παραγωγής

2.2.3 GPS

Η κεραία του συστήματος γεωγραφικού εντοπισμού (GPS) τοποθετείται στην οροφή της μηχανής και σε αρκετή απόσταση (πάνω από μέτρο) από άλλες κεραίες εκπομπής που μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές (Σχήμα 14). Η κεραία αυτή συνδέεται στον δέκτη του GPS που στην προκειμένη περίπτωση είναι ενσωματωμένος στην κεντρική μονάδα. Το Trimble Ag132 (Σχήμα 15) που χρησιμοποιήθηκε στην ερευνητική εργασία είναι μη μαγνητικό και έχει βάρος 0,76kg και μέγεθος 14,5cm x 19,5cm x 5,1cm και ακρίβεια κάτω του ενός μέτρου.



Σχήμα 14. Κεραία GPS



Σχήμα 15. Μη μαγνητική κονσόλα Trimble Ag132 GPS

2.2.4 Κεντρική μονάδα

Η κεντρική μονάδα ελέγχου και αποθήκευσης αποτελεί το βασικό μέρος του όλου συστήματος (Σχήμα16). Κατά τη λειτουργία της συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα των αισθητήρων, ενώ παράλληλα απεικονίζει στην ενσωματωμένη LCD οθόνη τα δεδομένα της παραγωγής. Η κεντρική μονάδα τοποθετήθηκε στην καμπίνα χειρισμού της βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής, ώστε να μπορεί ο χειριστής ανά πάσα στιγμή να έχει σαφή εικόνα της στιγμιαίας και ολικής παραγωγής, της έκτασης που συλλέχθηκε και της εκτιμώμενης ποσότητας βαμβακιού που βρίσκεται εκείνη τη στιγμή στο καλάθι. Μπορεί επίσης να έχει τον έλεγχο για την απρόσκοπτη λειτουργία της όλης διάταξης αφού αν κάτι προκύψει μπορεί να εντοπίσει και να ενημερώσει με κάποιο μήνυμα στην οθόνη σε ποιο σημείο παρουσιάστηκε το πρόβλημα.



Σχήμα 16. Η κεντρική μονάδα ελέγχου

Η κεντρική μονάδα αποθηκεύει όλα τα δεδομένα των αισθητήρων σε σταθερά χρονικά διαστήματα που ορίζονται από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή αυτό το χρονικό διάστημα ορίστηκε στο 1 δευτερόλεπτο. Για κάθε μέτρηση ομαδοποιούνται οι γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος) του στίγματος της μηχανής εκείνη τη στιγμή, η ταχύτητα και ένας αριθμός που αντιπροσωπεύει τη στιγμιαία παραγωγή στο σημείο αυτό. Όλα αυτά τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια κάρτα μνήμης (SRAM) των 2 και 20MB (Σχήμα 17). Η χωρητικότητα της κάρτας ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να προσφέρει αυτονομία συνεχούς αποθήκευσης που φτάνει και την ολοκλήρωση της συλλογής.

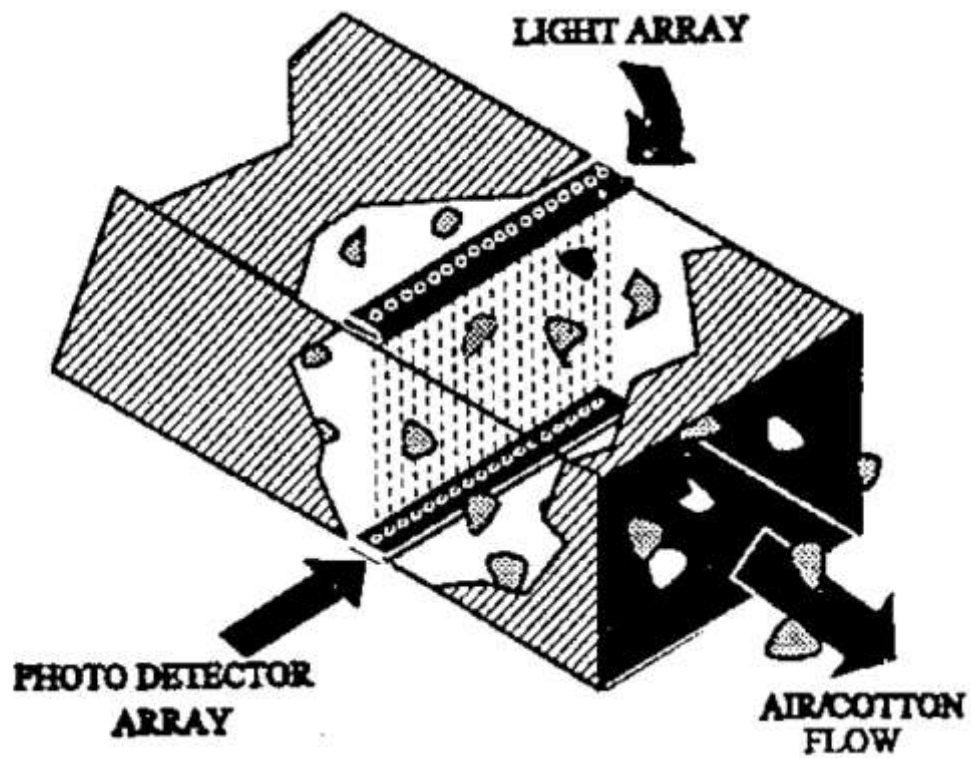


Σχήμα 17. Κάρτα αποθήκευσης δεδομένων

2.2.5 Αισθητήρες καταγραφής της παραγωγής

Οι αισθητήρες για τη μέτρηση της παραγωγής αποτελούν το άλλο σημαντικό τμήμα του συστήματος (Σχήμα 18). Ο κάθε αισθητήρας είναι ένα ζεύγος πομπού και δέκτη που τοποθετείται στον αγωγό μεταφοράς του βαμβακιού από τις συλλεκτικές μονάδες στην αποθήκη (καλάθι). Ο πομπός με τον δέκτη τοποθετούνται ακριβώς απέναντι ώστε να δημιουργείται μια δέσμη υπερύθρων ακτινών που διακόπτεται από το μεταφερόμενο βαμβάκι. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τοποθετήθηκαν δύο ζεύγη αισθητήρων στους δύο αγωγούς μεταφοράς του βαμβακιού που διέθετε η μηχανή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 18. Για να γίνει η τοποθέτηση απαιτήθηκε να κοπεί ο κάθε αγωγός στο πάνω και κάτω

μέρος του, ώστε οι δύο οπές να βρίσκονται η μία ακριβώς απέναντι από την άλλη.



Σχήμα 18. Σχηματική παράσταση της λειτουργίας των αισθητήρων



Σχήμα 19. Πομπός και δέκτης υπέρυθρων αισθητήρων που εγκαθίστανται στο σωλήνα μεταφοράς του βαμβακιού προς το καλάθι

Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν ροή όγκου παραγωγής και για να γίνει η μετατροπή σε ροή μάζας θα πρέπει να ρυθμιστεί ο Παράγοντας Μετατροπής (Calibration Factor), ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες συλλογής. Από την εφαρμογή προέκυψε ότι ο παράγοντας αυτός εξαρτάται κάθε φορά από την ποικιλία του βαμβακιού, την ώρα συλλογής (υγρασία), το ποσοστό ξένων υλών καθώς και από το εάν η παραγωγή προέρχεται από συλλογή πρώτου ή δεύτερου χεριού. Καλό είναι σε κάθε διαφορετικό χωράφι, να συγκομίζεται στην αρχή ένα καλάθι, να γίνεται ακριβής ζύγιση και να διορθώνεται ανάλογα ο παράγοντας αυτός. Βασικό πλεονέκτημα του συστήματος πρέπει να θεωρηθεί η δυνατότητα βαθμονόμησης και εκ των υστέρων μέσα από το λογισμικό ανάλογα με την τελική ζύγιση, οπότε και μετασχηματίζονται αντίστοιχα όλα τα δεδομένα της παραγωγής. Από τη λειτουργία του συστήματος γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι δεν ενδιαφέρει τόσο πολύ η

απόλυτη τιμή της παραγωγής σε κάποιο σημείο, όσο οι διαφορές από σημείο σε σημείο ώστε να ανιχνευθούν οι ζώνες διαφορετικής παραγωγής

2.2.6 Αισθητήρας ταχύτητας και διακοπής λειτουργίας

Η εγκατάσταση του συστήματος ολοκληρώνεται με την τοποθέτηση άλλων δύο βοηθητικών αισθητήρων. Ο αισθητήρας της ταχύτητας (Σχήμα 20) αποτελείται από μαγνήτες που προσαρμόζονται πάνω στον άξονα μεταφοράς της κίνησης στους κινητήριους τροχούς και ενός μαγνητικού διακόπτη που στερεώνεται σε μικρή απόσταση από τους μαγνήτες. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να θεωρηθεί περιττός αφού το σύστημα μπορεί να υπολογίσει την ταχύτητα από την μετατόπιση του GPS στη μονάδα του χρόνου, η ύπαρξή του όμως ελαχιστοποιεί το περιθώριο σφάλματος στον υπολογισμό της μετατόπισης και της ταχύτητας. Ο δεύτερος αισθητήρας ενημερώνει την κεντρική μονάδα για την αποδοχή ή απόρριψη των μετρήσεων ανάλογα με την θέση των συλλεκτικών μονάδων (Σχήμα 21). Όταν οι μονάδες είναι ανυψωμένες δεν γίνεται συλλογή, άρα οι μετρήσεις δεν πρέπει να αποθηκευτούν. Η περίπτωση αυτή συναντάται κατά τη διαδρομή της μηχανής στην άκρη του χωραφιού (κεφαλάρι) για να αλλάξει τη σειρά συλλογής αλλά και στις διακοπές λειτουργίας για άδειασμα καλαθιού, ρυθμίσεις, επισκευές κλπ.



Σχήμα 20. Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας εργασίας



Σχήμα 21. Διακόπτης On/Off στο ψαλίδι των μονάδων συλλογής

2.2.7 Μέτρηση φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους σε πραγματικό χρόνο πραγματοποιήθηκε με το Veris 3100. Είναι όργανο που έλκεται πίσω από αυτοκινούμενο όχημα (π.χ. τρακτέρ) και διαγράφει την επιφάνεια του χωραφιού. Περιλαμβάνει έξι δίσκους που εφάπτονται του εδάφους δρώντας ως ηλεκτρόδια, ώστε να μετρά την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα σε δύο βάθη ταυτόχρονα 0-30cm. και 0-90cm όπως φαίνεται και από το σχήμα 22.



Σχήμα 22. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το Veris® 3100

Η όλη διάταξη φέρει μια κεραία κι ένα δέκτη GPS στο υψηλότερο σημείο του αγροτικού μηχανήματος, ώστε να καταγράφεται το σημείο της κάθε μέτρησης στη κεντρική μονάδα, η οποία και αυτή βρίσκεται στο εσωτερικό του τρακτέρ. Το σύστημα καταγράφει μία μέτρηση ανά

δευτερόλεπτο και η ταχύτητα που κινήθηκε μέσα στα αγροτεμάχια ήταν περίπου στα 10km/h σε παράλληλα μονοπάτια απόστασης 8-10m.

Για κάθε χωράφι που μετρήθηκε με την παραπάνω διαδικασία παράγεται ένα αρχείο δεδομένων που αποθηκεύεται στην κεντρική μονάδα και περιλαμβάνει την κάθε μέτρηση μαζί με τις συντεταγμένες του σημείου που μετρήθηκε. Τα δεδομένα αυτά έπειτα αναπαραστάθηκαν γραφικά ώστε να μορφοποιηθούν οι περιοχές με όμοια χαρακτηριστικά. Για να γίνει κάτι τέτοιο έγινε επεξεργασία των δεδομένων από εξειδικευμένο λογισμικό γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS) και διαγράψαμε τις αρνητικές και ίσες με το μηδέν τιμές διότι δεν είχαν έννοια.

2.2.8 Μέτρηση ύψους φυτών

Οι μετρήσεις που έγιναν για το ύψος και την πυκνότητα των φυτών πραγματοποιήθηκαν στα τέλη Αυγούστου διότι μέχρι εκείνη την περίοδο περίπου τα φυτά συνέχιζαν να αναπτύσσονται. Το ύψος των φυτών μετρήθηκε σε μία ακτίνα 3m από το σημείο μέτρησης και εξήχθη ο μέσος όρος. Οι θέσεις μέτρησης του ύψους φυτών καταγράφηκαν με GPS για να είναι δυνατή η δημιουργία χαρτών. Οι μετρήσεις του ύψους των φυτών έγιναν σε πλέγμα 20m X 20m.

2.2.9 Μέτρηση πυκνότητας φυτών

Η μέτρηση της πυκνότητας των φυτών έγινε ταυτόχρονα, όπως προαναφέρθηκε, αλλά και στις ίδιες θέσεις με τις μετρήσεις του ύψους των φυτών. Σε κάθε θέση μέτρησης έγινε καταμέτρηση του αριθμού των φυτών πάνω στη γραμμή σε μήκος 5m και στη συνέχεια ανήχθη σε

αριθμό φυτών ανά στρέμμα. Κατόπιν, εξήχθησαν οι χάρτες πυκνότητας φυτών.

2.2.10 Εδαφικές αναλύσεις

Εδαφικές αναλύσεις έγιναν στους δύο από τους τρεις πειραματικούς αγρούς. Συγκεκριμένα, ελήφθησαν 46 εδαφικά δείγματα στα βάθη 0-30cm και 30-60cm στα αγροτεμάχια Αποθήκη και Βασούλας. Η περίοδος που έγιναν οι δειγματοληψίες ήταν στα τέλη Οκτωβρίου του 2005 και μετά τη στελεχοκοπή. Ο λόγος για τον οποίο καθυστέρησε τόσο πολύ η συγκέντρωση των δειγμάτων ήταν γιατί θα έπρεπε να γίνουν οι δειγματοληπτικοί εδαφικοί θεματικοί χάρτες με βάση τα αποτελέσματα της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Έτσι, αφού δημιουργήθηκαν οι χάρτες και οι ζώνες διαχείρισης μέσα στον κάθε αγρό ελήφθησαν τα εδαφικά δείγματα.

Αφού ελήφθησαν τα δείγματα, έγινε ξήρανση τους στον αέρα και ψιλοχωματίστηκαν. Στη συνέχεια κοσκινίστηκαν σε κόσκινο οπών 2mm. Μεταφέρθηκαν σε εδαφολογικό εργαστήριο και αναλύθηκαν για τις εξής φυσικές και χημικές ιδιότητες:

- ↗ Μηχανική σύσταση
- ↗ pH
- ↗ Οργανική ουσία (%)
- ↗ CaCO_3 (%)
- ↗ Νιτρικά (NO_3^-)
- ↗ Νιτρώδη (NO_2^-)
- ↗ Αμμωνιακά (NH_4^+)
- ↗ Ανταλλάξιμο K^+ , Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++}

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παραγωγής για το κάθε αγροτεμάχιο παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα. Επίσης υπάρχουν σχήματα που απεικονίζουν την φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το ύψος και την πυκνότητα των φυτών.

3.1 Αγρός Αποθήκη

Αρχικά στο σχήμα της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήμα 23) παρατηρείται ότι υπάρχουν τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη είναι αυτή που έχει υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας και βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του χωραφιού. Στο μέσο του χωραφιού υπάρχει μία άλλη ζώνη η οποία περιέχει μέσες τιμές και τέλος η τρίτη ζώνη που περιλαμβάνει και τις μικρότερες τιμές βρίσκεται στο νότιο μέρος του αγροτεμαχίου.

Όσον αφορά την πυκνότητα των φυτών από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν δείχνει να είναι ικανοποιητική σε όλο το εύρος του αγροτεμαχίου. Μάλιστα ο αριθμός των φυτών που υπάρχει στο χωράφι είναι πάνω από 100000 φυτά στο εκτάριο (Σχήμα 26).

Παρατηρώντας το χάρτη του ύψους των φυτών (Σχήμα 25) που υπάρχουν μέσα στον αγρό μπορεί κάποιος να συμπεράνει πως δεν υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις. Βέβαια, σε ορισμένα τμήματα παρατηρούνται ψηλότερα φυτά από κάποια άλλα μέρη. Εδώ προκύπτει το πρώτο ερώτημα για τις υψομετρικές διαφορές. Στο ερώτημα αυτό θα μπορούσε να απαντήσει κάποιος πως υπάρχουν πολλοί παράμετροι που επηρεάζουν το ύψος των φυτών σε κάθε σημείο.

Η πρώτη παράμετρος είναι τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του κάθε σημείου του χωραφιού. Όπως είναι γνωστό στο κάθε σημείο του αγρού το έδαφος δεν έχει τις ίδιες ιδιότητες. Έστω και κατά το ελάχιστο υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Στο βόρειο τμήμα του χωραφιού υπάρχει λακκούβα. Μέσα σ' αυτή δημιουργούνται ιδιαίτερα εδαφικά χαρακτηριστικά λόγω του ότι δεν γίνεται ομαλή απορροή του νερού από τις βροχοπτώσεις ή τις αρδεύσεις που εφαρμόζονται. Μαζεύονται και παραμένουν εκεί τα λεπτόκοκκα μέρη του εδάφους και αυτό είναι μία εξήγηση για τις υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που εμφανίζονται μέσα στη λακκούβα σε σχέση με τα άλλα γειτονικά τμήματα του αγρού. Σ' αυτό το τμήμα του χωραφιού δεν απαιτούνται οι ίδιες ποσότητες νερού σε σχέση με το υπόλοιπο. Αντίθετα, το νερό που απαιτείται είναι αρκετά λιγότερο. Επειδή, όμως, δεν υπήρχε τρόπος να εφαρμόσουμε διαφορετική δόση νερού σ' εκείνα τα σημεία παρατηρήθηκε στην αρχή της εξέλιξης της καλλιέργειας κιτρίνισμα φυτών. Για το λόγο αυτό εφαρμόστηκε γραμμικά επιπλέον λίπανση με νιτρική αμμωνία (34,5-0-0) 40kg/ha. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η υψηλή απόδοση σ' αυτό το τμήμα του αγρού. Από τον χάρτη της παραγωγής φαίνεται ότι τα σημεία εκείνα είχαν και τις μεγαλύτερες αποδόσεις από τα υπόλοιπα μέρη του. Βέβαια, για να συμβεί αυτό υπήρξε ομαλή εξέλιξη της καλλιέργειας σε όλο της το εύρος. Οι καιρικές συνθήκες ήταν καλές με διαφορά θερμοκρασίας μέρας-νύχτας να είναι σταθερή και μάλιστα χωρίς ακραίες μεταβολές ούτε προς τα πάνω, ούτε προς τα κάτω.

Όσον αφορά το ύψος των φυτών αυτό είναι ικανοποιητικό για την βαμβακοκαλλιέργειας μας. Κυμάνθηκε μεταξύ 66,6cm και 103,8cm. Σημαντικό ρόλο έπαιξε η χρησιμοποίηση φαρμάκων που είχαν ως στόχο την αναστολή του ύψους (PIX). Όπως προαναφέρθηκε λόγω της εδαφολογικής ιδιαιτερότητας που έχει το βόρειο τμήμα του χωραφιού, τα φυτά μέχρι και τα τέλη Ιουνίου ήταν κίτρινα και κοντά. Όταν

εφαρμόστηκε για πρώτη φορά PIX σ' εκείνο το μέρος θα έπρεπε να γίνει εφαρμογή με μικρότερη δοσολογία, αλλά αυτό δε συνέβη γιατί δεν υπάρχει επαγγελματισμός από αυτούς που κάνουν αυτή τη δουλειά. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος ήταν να μείνουν κοντά τα φυτά στο βόρειο τμήμα του χωραφιού. Αντίθετα, στο νότιο τμήμα του χωραφιού τα φυτά είναι πιο ψηλά. Από εκείνη την πλευρά του χωραφιού έρχεται ο αγωγός που φέρνει το νερό και στη συνέχεια ο αγρός αρδεύεται με στάγδην.

Από το χάρτη της παραγωγής (Σχήμα 27) φαίνεται πως το βόρειο μέρος του χωραφιού έχει και τη μεγαλύτερη απόδοση. Οι παράγοντες που οδήγησαν σε αυτό το αποτέλεσμα ήταν οι ακόλουθοι:

- Εδαφολογικοί λόγοι.
- Οι διαφορετικές καλλιεργητικές φροντίδες (π.χ. επιπλέον εφαρμογή αζωτούχου λιπάσματος στο βόρειο τμήμα του αγρού).
- Ο τρόπος άρδευσης (η ποσότητα νερού που έφτανε σ' εκείνο το μέρος ήταν λιγότερη λόγω του ότι ο αγωγός που έφερνε το νερό στον αγρό έφτανε από το νότιο μέρος του).

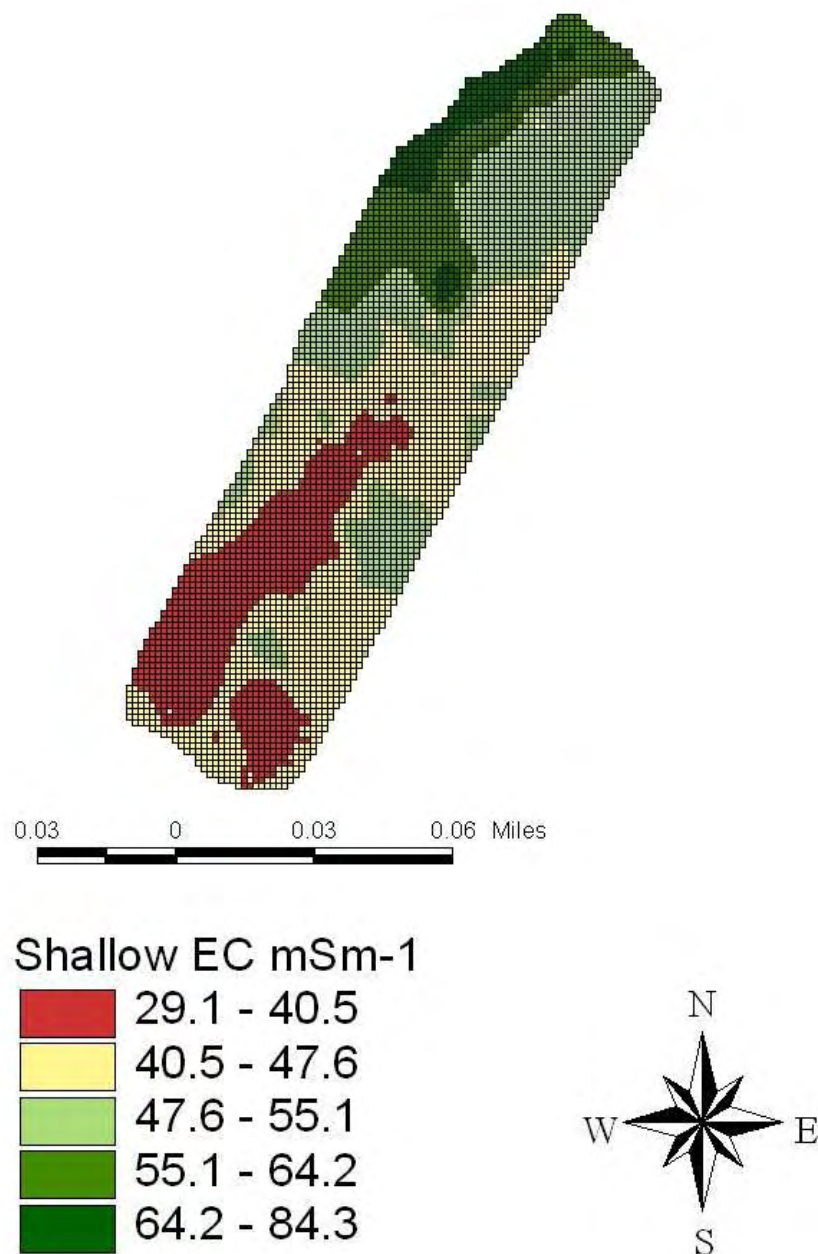
Από τους χάρτες της παραγωγής (Σχήμα 27) και της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας 0-30cm (Σχήμα 23) και ιδιαίτερα του 0-90cm (Σχήμα 24) βλέπει κανείς πως υπάρχει μία ταύτιση αυτών των χαρτών. Οι ζώνες που υπάρχουν στο χάρτη της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υπάρχουν και στο χάρτη της παραγωγής. Φαίνεται, λοιπόν, πως στο βόρειο τμήμα του αγροτεμαχίου εμφανίζονται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, αλλά ταυτόχρονα υψηλές αποδόσεις. Στο μέσο του χωραφιού και μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας αλλά ταυτόχρονα και μέσες αποδόσεις. Τέλος το νότιο τμήμα του αγρού έχει και τις μικρότερες τιμές ηλεκτρικής

αγωγιμότητας καθώς επίσης και μειωμένη παραγωγή σε σχέση με το υπόλοιπο αγροτεμάχιο.

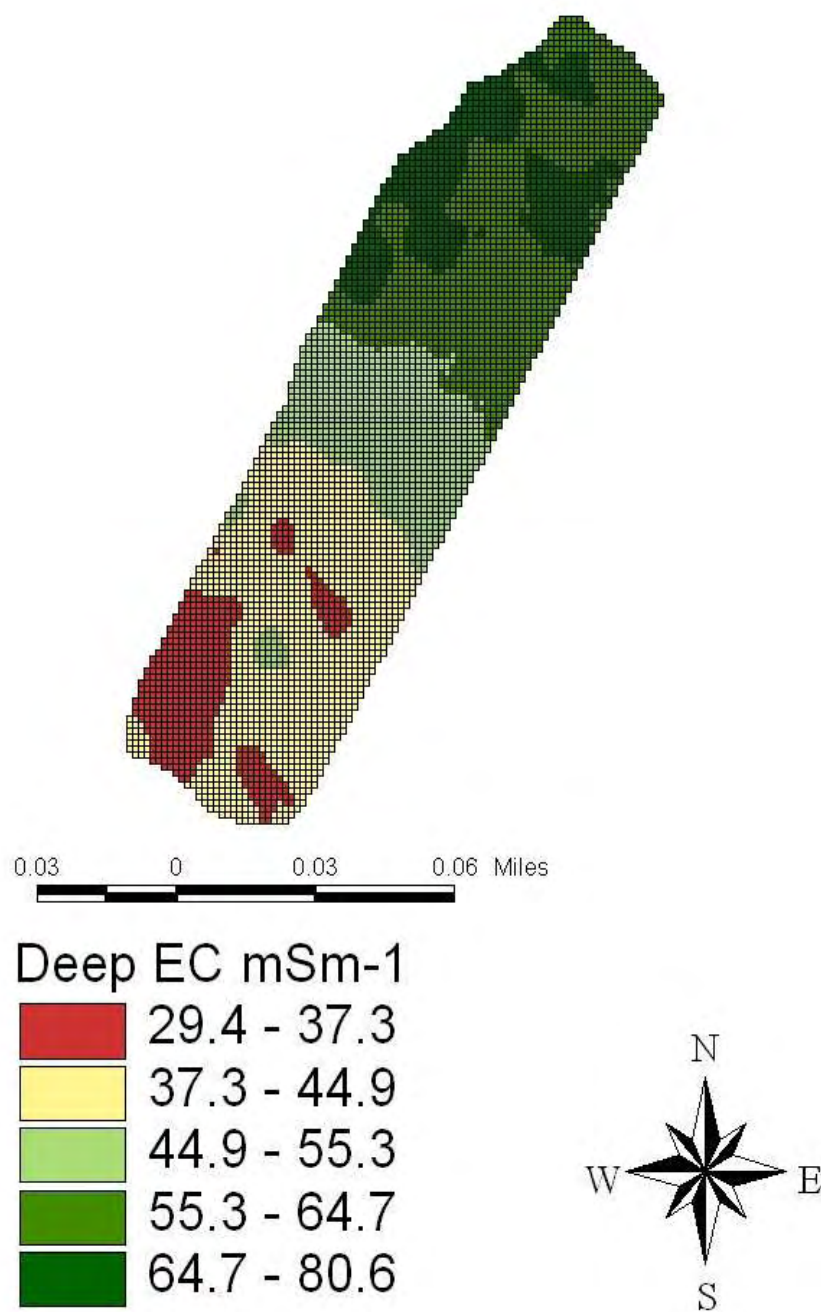
Όπως προαναφέραμε στο βόρειο μέρος υπάρχει λακκούβα και το μέρος αυτό έχει όλες τις προδιαγραφές για να έχουμε μειωμένη απόδοση. Η αλήθεια όμως είναι πως σ' εκείνα τα σημεία ήταν και τα πιο αποδοτικά. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνουν αυτά οφείλονται αποκλειστικά στη μεταχείριση που έκανε στον αγρό του ο παραγωγός. Ο παραγωγός κατάφερε να έχει τη μέγιστη απόδοση κάνοντας χρήση Γεωργίας Ακριβείας. Όπως αναφέρθηκε ο παραγωγός εφάρμοσε διαφορετική λίπανση και σωστότερο τρόπο άρδευσης.

Τέλος θα ήταν σημαντική παράλειψη αν δε γινόταν αναφορά στις αποδόσεις που κυμάνθηκαν στο αγρό Αποθήκη. Η μικρότερη παραγωγή ήταν 1500 kg/ha και η μέγιστη έφτασε τοπικά και τα 7300 kg/ha. Οι τιμές αυτές που φτάνουν τόσο ψηλά είναι πραγματικές αν και λίγο μη πιστευτές, αλλά η καλλιεργητική χρονιά του 2005 ήταν μια από τις πιο παραγωγικές όλων των εποχών. Οι λόγοι είναι πολλοί μα οι σημαντικότερη όλων είναι οι καλές καιρικές συνθήκες που επικράτησαν από τη σπορά μέχρι και τη συλλογή και το ότι δεν υπήρξαν εντομολογικά προβλήματα. Οι θερμοκρασίες που κυριάρχησαν ήταν μεταξύ των 25°C και 35°C. Σπάνια την ημέρα η θερμοκρασία ξεπέρασε αυτό το μέγεθος που είναι ένα όριο για την φυτεία να μη σοκαριστεί. Επιπρόσθετα δεν ήταν μόνο οι καλές θερμοκρασίες, αλλά και οι πολλές ώρες ηλιοφάνειας, και ειδικά το τελευταίο είναι αυτό που ολοκληρώνει ομαλά το βιολογικό κύκλο του βαμβακιού. Μ' αυτά τα δεδομένα είναι προφανές πλέον γιατί υπήρξαν τόσο υψηλές παραγωγές την καλλιεργητική χρονιά του 2005, που ακόμη και για τους ίδιους τους καλλιεργητές ήταν κάτι απρόσμενο.

Ακολουθούν σχήματα για τον αγρό Αποθήκη 1,76ha



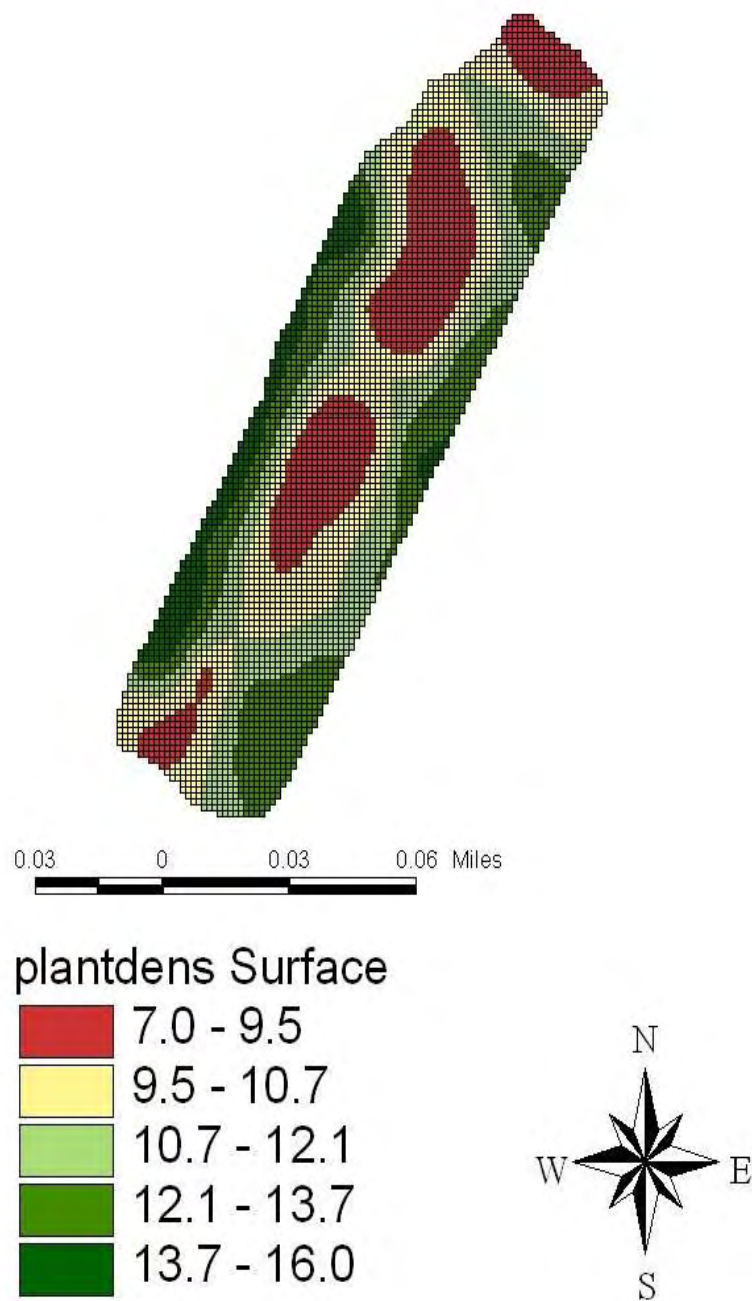
Σχήμα 23. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-30cm



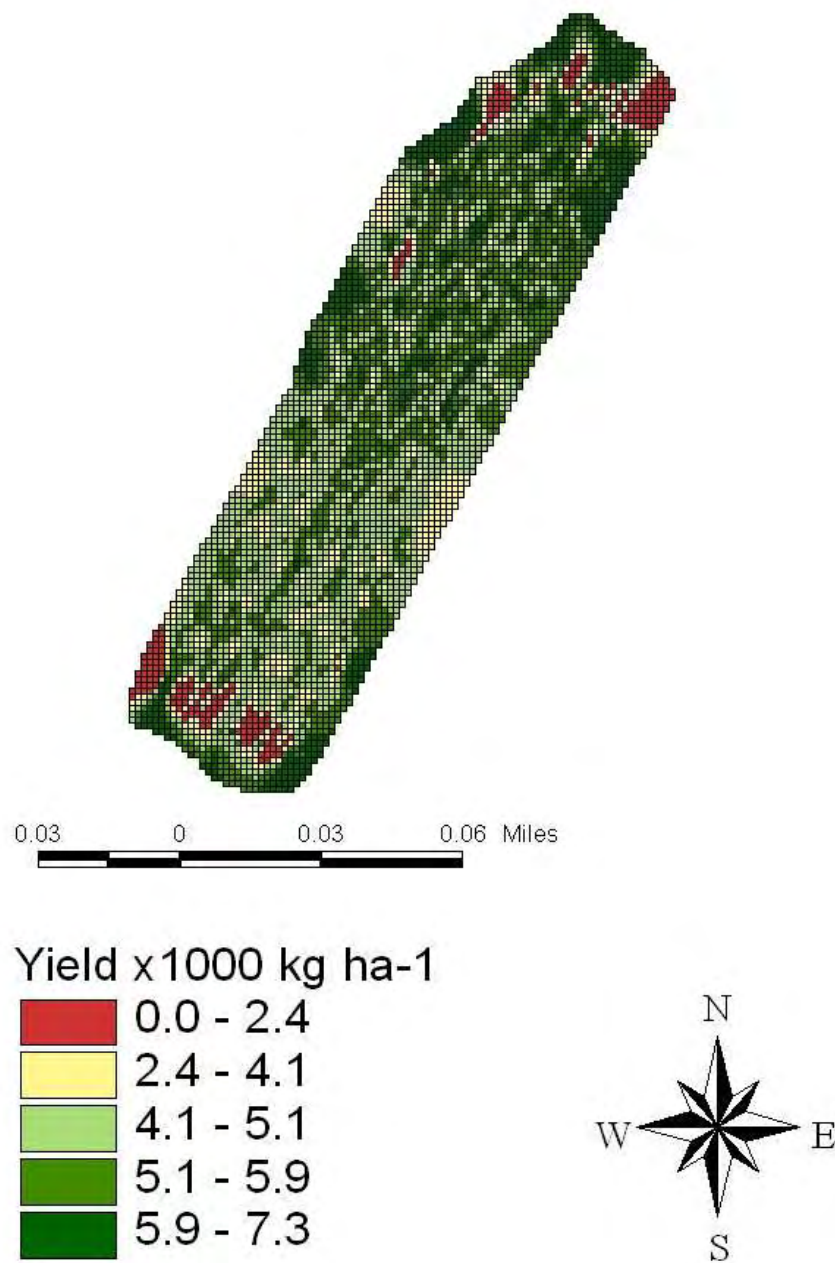
Σχήμα 24. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-90cm



Σχήμα 25. Χάρτης Ύψους Φυτών



Σχήμα 26. Χάρτης Πυκνότητας Φυτών



Σχήμα 27. Χάρτης Παραγωγής

Πίνακας 3. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Αποθήκη

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής Παραλλακτικότητας cv(%)
Παραγωγή (kg/ha)	220	7258	4905	1276	26
Veris (0-30cm)	28,3	86,3	48,2	10,2	21
Veris (0-90cm)	29,6	80,9	51,3	12,4	24
Ύψος φυτών	67	104	84	8	9,5
Πυκνότητα φυτών	8	16	11	2	18

Πίνακας 4. Περιγραφικά εδαφολογικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Αποθήκη για το βάθος 0-30cm

ΒΑΘΟΣ 0-30 cm	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας (%)
ΑΜΜΟΣ (%)	45,3	67,5	52,2	13,6
ΙΛΥΣ (%)	14	23	19,3	16,6
ΑΡΓΙΛΛΟΣ (%)	16,7	33	28,5	18,1
ΟΟ (%)	1,5	2,8	2,3	16,6
CaCO ₃ (%)	9,5	15,3	11,8	15,7
pH	7,1	8	7,7	3,7
ΑΝΤΑΛ. K ⁺ (mg/kg)	83	369	195,4	49,4
ΑΝΤΑΛ. Na ⁺ (mg/kg)	99	304	161	37,6
ΑΝΤΑΛ. Mg ⁺⁺ (mg/kg)	100	231	148,7	24,6
ΑΝΤΑΛ. Ca ⁺⁺ (mg/kg)	122	452	258,8	38,5
Cu ⁺⁺ (mg/kg)	0	1,52	0,4	105
Zn ⁺⁺ (mg/kg)	0,33	1,32	0,85	31,8
Mn ⁺⁺ (mg/kg)	3,6	6,8	5,12	19,5
Fe ⁺⁺ (mg/kg)	3,2	18,5	7,52	60,5
NO ₂ ⁻ (mg/kg)	0,03	1,69	0,58	99,4
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	0	6,53	3,12	75,5
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	0	2,1	1,13	68,6
P (mg/kg)	1,54	16	4,71	85,4

Πίνακας 5. Περιγραφικά εδαφολογικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Αποθήκη για το βάθος 30-60cm

ΒΑΘΟΣ 30-60 cm	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας cv(%)
ΑΜΜΟΣ (%)	43,5	65,5	52,3	12,4
ΙΛΥΣ (%)	14,8	28	20,9	20,3
ΑΡΓΙΛΛΟΣ (%)	16	32	26,8	17,8
ΟΟ (%)	1,05	2,7	2,1	23,4
CaCO ₃ (%)	11,35	16,1	14,5	11,1
pH	7,4	8,1	7,6	2,5
ΑΝΤΑΛ. K ⁺ (mg/kg)	103	354	217,1	32,4
ΑΝΤΑΛ. Na ⁺ (mg/kg)	83	309	154	41,9
ΑΝΤΑΛ. Mg ⁺⁺ (mg/kg)	109	298	190,3	36,5
ΑΝΤΑΛ. Ca ⁺⁺ (mg/kg)	145	378	238,9	27,7
Cu ⁺⁺ (mg/kg)	0	0,82	0,36	82,0
Zn ⁺⁺ (mg/kg)	0,28	1,29	0,75	42,5
Mn ⁺⁺ (mg/kg)	2,2	6,2	4,3	31,2
Fe ⁺⁺ (mg/kg)	2,2	12,8	6,2	57,2
NO ₂ ⁻ (mg/kg)	0,3	2,2	1,2	49,9
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	0	4,62	2,2	65,9
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	0	1,96	1,1	76,4
P (mg/kg)	1,09	5,3	2,9	39,1

Πίνακας 6. Όρια επάρκειας θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος σε mg/kg εδάφους.

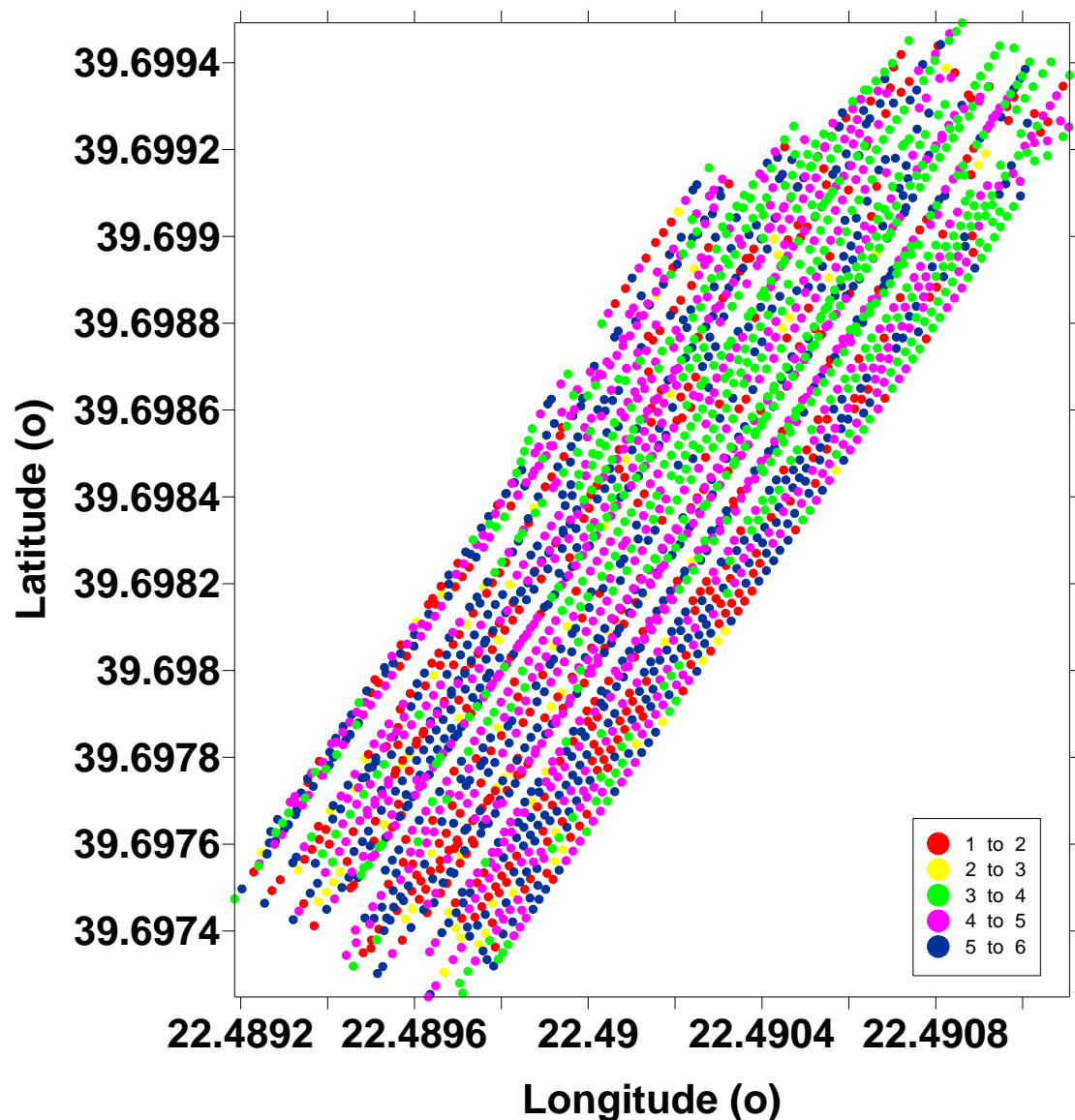
P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)
17,25	150-250	50-70	12-14	1,5	22	1,2	0,7

Πηγή: Κουκουλάκης, 1995

Από τα δεδομένα του Πίνακα 4 φαίνεται ότι για τον αγρό Αποθήκη η μηχανική σύσταση, η οργανική ουσία, το CaCO_3 το pH και το διαθέσιμο Mn παρουσιάζουν μικρή παραλλακτικότητα ($\text{cv}<20\%$). Μέση παραλλακτικότητα παρουσιάζουν τα ανταλλάξιμα K, Ca, Mn και ο Zn ($20\%<\text{cv}<50\%$) και μεγάλη παραλλακτικότητα παρουσιάζουν ο P, ο Fe, ο Cu και τα νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνιακά ($\text{cv}>50\%$).. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στο βάθος 30-60cm (Πίνακας 5).

Από τα θρεπτικά στοιχεία που μετρήθηκαν και με βάση τον Πίνακα 6 τα ανταλλάξιμα K, Mn, και ο Fe βρέθηκαν σε ικανοποιητικά επίπεδα στο έδαφος, αντίθετα ο P, ο Zn και ο Cu ήταν σε έλλειψη. Ένας πιθανός λόγος που υπάρχουν αυτές οι ελλείψεις είναι το υψηλό pH του εδάφους, κυμαίνεται από 7,1-8,0 παρόλο που γίνεται συστηματική λίπανση κάθε χρόνο με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Οι ποσότητες λιπάσματος που εφαρμόζονται κάθε χρόνο είναι 10 μονάδες P και 2 μονάδες K.

Ο αγρός χωρίστηκε σε πέντε ζώνες διαχείρισης με βάση την παραγωγή. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο fuzzy clustering χρησιμοποιώντας το λογισμικό MZA (Fridgen et al., 2004). Ο χάρτης που δείχνει τις ζώνες διαχείρισης φαίνεται στο Σχήμα 28.



Σχήμα 28. Ζώνες διαχείρισης αγρού Αποθήκη με βάση την παραγωγή

Στη συνέχεια σε κάθε ζώνη διαχείρισης υπολογιστήκαν οι μέσοι όροι της παραγωγής και των ιδιοτήτων του εδάφους με σκοπό να γίνει συσχέτιση μεταξύ τους. Στους Πίνακες 7 και 8 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της παραγωγής και των ιδιοτήτων του εδάφους για τα βάθη 0-30cm και 30-60cm, αντίστοιχα. Οι συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και εδαφικών ιδιοτήτων παρουσιάζονται στους Πίνακες 9 και 10 για τα βάθη 0-30cm και 30-60cm, αντίστοιχα.

Από τους πίνακες των συσχετίσεων παρατηρείται ότι η παραγωγή συσχετίστηκε θετικά με το ανταλλάξιμο K^+ , την οργανική ουσία, το P και τα NO_3^- και στα δύο βάθη δειγματοληψίας.

Από τον Πίνακα 9 συμπεραίνεται ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση της παραγωγής με τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, όπως με την οργανική ουσία, pH και με τις χημικές ιδιότητες, όπως P^+ , K^+ , Mg^{++} και NO_3^- . Η αναφορά γίνεται σ' αυτές τις ιδιότητες διότι είναι οι πιο σημαντικές για καλή ανάπτυξη και αυξημένη παραγωγή.

Στον Πίνακα 10 παρατηρείται μειωμένη συσχέτιση της παραγωγής με τις εδαφικές ιδιότητες. Μάλιστα υπάρχουν και αρνητικές συσχετίσεις, όπως του P και K^+ . Αυτό βέβαια το γεγονός δικαιολογείται από την πάρα πολύ αργή κίνηση των παραπάνω στοιχείων και τη μικρή εφαρμογή καλιούχων λιπασμάτων. Επειδή το έδαφος είναι αλκαλικό μετά την προσθήκη φωσφορικών λιπασμάτων ο P με το Ca αρχικά σχηματίζει διασβέστιο ($CaHPO_4$) και στη συνέχεια φωσφορικό οκτασβέστιο ($Ca_8H_2(PO_4)_6 \cdot 5H_2O$) και φωσφορικό τριασβέστιο ($3Ca_3(PO_4)_2$). Τα άλατα αυτά είναι δυσδιάλυτα και δεν μπορούν να μετακινηθούν στα κατώτερα στρώματα (Αναλογίδης 2000).

Πίνακας 7. Μέσοι όροι παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους στο βάθος 0-30cm, Αγρός Αποθήκη

Παραγωγή (tn/Ha)	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
	(%)				ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ										(mg/kg)			
4,33	23,7	56,3	19,9	2,2	12,6	7,6	113	129	123	255	0,22	0,65	4,40	4,63	0,24	2,47	1,22	3,13
6,71	32,3	51,5	16,3	2,5	9,8	7,7	245	100	173	305	0,85	1,23	4,95	6,60	0,25	6,53	1,10	9,20
5,95	30,6	48,6	20,6	2,3	12,2	7,8	242	211	157	268	0,44	0,80	5,64	10,56	0,73	3,66	1,54	4,86
5,22	26,7	55,6	17,8	2,2	11,4	7,5	155	146	143	194	0,23	0,89	5,05	5,15	1,05	5,24	1,34	2,20

Πίνακας 8. Μέσοι όροι παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους στο βάθος 30-60cm, Αγρός Αποθήκη

Παραγωγή (tn/Ha)	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
	(%)				ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ										(mg/kg)			
4,33	22,7	54,9	22,4	2,1	14,6	7,6	215	107	191	274	0,47	0,55	4,30	4,20	1,12	2,71	1,34	3,75
6,71	31,0	51,4	17,7	2,3	12,7	7,8	196	113	126	188	0,52	1,19	4,65	5,05	1,65	2,75	1,93	2,70
5,95	29,0	50,0	21,0	2,0	14,8	7,6	237	208	208	247	0,41	0,75	4,50	8,88	0,97	2,45	0,65	2,62
5,22	23,2	55,4	21,4	1,9	15,4	7,6	192	130	210	217	0,20	0,63	3,65	3,70	1,40	2,60	1,74	2,70

Πίνακας 9. Συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους για το βάθος 0-30cm.

	YIELD	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
		%						ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ (ppm)				(ppm)							
YIELD	1,00																		
ΑΡΓΙΛΟΣ	0,99	1,00																	
ΑΜΜΟΣ	-0,76	-0,85	1,00																
ΙΛΥΣ	-0,53	-0,40	-0,15	1,00															
ΟΟ	0,87	0,88	-0,73	-0,37	1,00														
CaCO ₃ ⁻	-0,80	-0,70	0,22	0,93	-0,68	1,00													
pH	0,74	0,82	-0,92	0,07	0,89	-0,31	1,00												
K ⁺	0,95	0,99	-0,92	-0,24	0,86	-0,57	0,87	1,00											
Na ⁺	-0,05	0,08	-0,54	0,77	-0,18	0,60	0,26	0,23	1,00										
Mg ⁺⁺	1,00	0,99	-0,75	-0,54	0,85	-0,81	0,72	0,95	-0,05	1,00									
Ca ⁺⁺	0,59	0,61	-0,58	-0,14	0,91	-0,42	0,85	0,61	-0,22	0,56	1,00								
Cu ⁺⁺	0,90	0,87	-0,59	-0,61	0,96	-0,85	0,74	0,81	-0,37	0,89	0,81	1,00							
Zn ⁺⁺	0,87	0,78	-0,34	-0,88	0,73	-0,99	0,40	0,67	-0,50	0,87	0,46	0,89	1,00						
Mn ⁺⁺	0,59	0,67	-0,83	0,19	0,31	-0,07	0,55	0,75	0,75	0,60	0,04	0,22	0,18	1,00					
Fe ⁺⁺	0,55	0,66	-0,95	0,41	0,50	0,07	0,80	0,78	0,77	0,54	0,38	0,31	0,06	0,89	1,00				
NO ₂ ⁻	-0,05	-0,04	-0,02	0,10	-0,51	0,19	-0,37	-0,01	0,56	-0,02	-0,79	-0,46	-0,16	0,57	0,19	1,00			
NO ₃ ⁻	0,78	0,69	-0,21	-0,91	0,52	-0,96	0,18	0,57	-0,45	0,80	0,18	0,72	0,96	0,23	-0,03	0,11	1,00		
NH ₄ ⁺	-0,09	0,02	-0,45	0,72	-0,28	0,60	0,14	0,16	0,99	-0,09	-0,36	-0,45	-0,51	0,74	0,69	0,67	-0,41	1,00	
P	0,85	0,82	-0,57	-0,55	0,97	-0,79	0,77	0,76	-0,39	0,83	0,88	0,99	0,83	0,15	0,29	-0,57	0,62	-0,48	1

Πίνακας 10. Συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους για το βάθος 30-60cm.

	YIELD	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
		%						ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ (ppm)				(ppm)							
YIELD	1,00																		
ΑΡΓΙΛΟΣ	0,94	1,00																	
ΑΜΜΟΣ	-0,77	-0,91	1,00																
ΙΛΥΣ	-0,91	-0,85	0,55	1,00															
ΟΟ	0,63	0,72	-0,47	-0,84	1,00														
CaCO ₃ ⁻	-0,68	-0,75	0,48	0,88	-1,00	1,00													
pH	0,89	0,85	-0,56	-0,99	0,89	-0,93	1,00												
K ⁺	-0,09	0,17	-0,56	0,37	-0,19	0,24	-0,33	1,00											
Na ⁺	0,28	0,36	-0,67	0,14	-0,34	0,33	-0,16	0,78	1,00										
Mg ⁺⁺	-0,62	-0,64	0,31	0,88	-0,97	0,98	-0,91	0,42	0,49	1,00									
Ca ⁺⁺	-0,80	-0,58	0,23	0,87	-0,50	0,58	-0,81	0,66	0,20	0,64	1,00								
Cu ⁺⁺	0,30	0,55	-0,52	-0,44	0,83	-0,78	0,54	0,29	-0,14	-0,69	0,05	1,00							
Zn ⁺⁺	0,92	0,89	-0,61	-0,99	0,87	-0,91	1,00	-0,28	-0,09	-0,89	-0,81	0,52	1,00						
Mn ⁺⁺	0,52	0,77	-0,78	-0,54	0,79	-0,76	0,61	0,45	0,18	-0,62	-0,05	0,94	0,62	1,00					
Fe ⁺⁺	0,42	0,59	-0,87	-0,07	0,01	0,00	0,08	0,85	0,92	0,19	0,17	0,25	0,15	0,54	1,00				
NO ₂ ⁻	0,50	0,29	0,13	-0,76	0,58	-0,64	0,73	-0,89	-0,65	-0,76	-0,87	0,06	0,69	-0,02	-0,58	1,00			
NO ₃ ⁻	-0,04	-0,07	0,40	-0,37	0,62	-0,61	0,42	-0,68	-0,95	-0,72	-0,29	0,42	0,35	0,13	-0,76	0,71	1,00		
NH ₄ ⁺	0,16	-0,05	0,46	-0,49	0,40	-0,44	0,47	-0,97	-0,84	-0,60	-0,68	-0,07	0,41	-0,25	-0,83	0,94	0,81	1,00	
P	-0,80	-0,62	0,54	0,56	-0,04	0,13	-0,48	0,10	-0,52	0,09	0,72	0,31	-0,53	0,01	-0,42	-0,29	0,45	-0,02	1,00

3.2 Αγρός Βασούλα

Το δεύτερο αγροτεμάχιο είναι ο αγρός Βασούλα. Και γι' αυτόν τον αγρό δημιουργήθηκαν χάρτες παραγωγής, φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, ύψους και πυκνότητας φυτών.

Στο (Σχήμα 29) της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο βάθος 0-30cm είναι δύσκολο να ορισθούν λιγότερες από τέσσερις ζώνες. Μαζί, όμως, με το (Σχήμα 30) των 0-90cm μπορούν να βγουν τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη είναι αυτή που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του αγροτεμαχίου και χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Στο βόρειο τμήμα του αγρού λιμνάζουν νερά το Χειμώνα. Ο λόγος είναι ότι από εκείνη την πλευρά του χωραφιού υπάρχει αγροτικός δρόμος, ενώ από την άλλη πλευρά του αγρού υπάρχει αρδευτικό κανάλι. Ο αγρός αυτός πριν πέντε χρόνια είχε ισοπεδωθεί, αλλά αυτοί που επιμελήθηκαν αυτή την εργασία δώσανε την κλίση προς την πλευρά που είναι ο δρόμος και όχι προς το κανάλι. Έτσι τα νερά του Χειμώνα δεν έχουν διέξοδο και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στον αγρό κατακλύζοντας μέρος του. Γι' αυτό λοιπόν από την απορροή που συμβαίνει όταν υπάρχουν έντονες βροχοπτώσεις ή υψηλά ποσά αρδευτικού νερού τα λεπτόκοκκα εδαφικά συστατικά μεταφέρονται και παραμένουν σ' αυτό το τμήμα του αγρού. Έτσι, ενώ πολλές φορές στο υπόλοιπο αγροτεμάχιο η καλλιέργειά έχει ανάγκες από νερό, το τμήμα αυτό του χωραφιού δεν έχει τις ίδιες ανάγκες. Γι' αυτό και ο παραγωγός όταν άρδευε τον αγρό τη μία φορά έκανε εφαρμογή της άρδευσης σ' όλο το εύρος του αγροτεμαχίου και την επόμενη φορά το βόρειο τμήμα του αγρού δεν αρδεύονταν. Αν, λοιπόν ο παραγωγός δεν εφάρμοζε αυτή την τεχνική της καλλιέργειας τότε ήταν σίγουρο ότι θα υπήρχαν απώλειες στην παραγωγή. Ο λόγος είναι ότι τα φυτά δε θα είχαν

σωστή ανάπτυξη, θα έμεναν κοντά, καχεκτικά και δε θα μπορούσαν να δέσουν ομοιόμορφα. Μέρος των χτενιών θα έπεφταν επειδή υπήρχε αυτή η υψηλή υγρασία και τα καρύδια που θα σχηματιζότανε δε θα είχαν μεγάλο ειδικό βάρος.





Η δεύτερη ζώνη της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρατηρείται στο μέσο του αγροτεμαχίου και ξεκινά από τα δυτικό μέχρι και το ανατολικό μέρος του. Αυτή η ζώνη χαρακτηρίζεται από τις μικρότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Η τρίτη και τελευταία ζώνη που παρουσιάζεται μέσα στον αγρό είναι αυτή που βρίσκεται δίπλα στο αρδευτικό κανάλι και γύρω από την παραβολική τροχιά του αγρού. Σ' αυτό το τμήμα του χωραφιού υπάρχει ακόμη μία ιδιαιτερότητα, το είδος εδάφους είναι διαφορετικό. Όταν έγινε η ισοπέδωση του αγρού είχαν φέρει ασπρόχωμα. Αυτό το χώμα μεταφέρθηκε σ' εκείνο το μέρος του αγρού, και οι εδαφικές ιδιότητές του έχουν την ιδιότητα να περιορίζονται οι απώλειες φυτών κατά την περίοδο του φυτρώματος. Βέβαια, έχει το μειονέκτημα από την άλλη να μη δίνει υψηλές αποδόσεις σε βαμβάκι. Γύρω απ' αυτό το καμπυλωτό όριο του χωραφιού υπάρχει ο αγωγός μεταφοράς του νερού και απ' αυτόν τον αγωγό συνδέεται το αυτοκινούμενο αρδευτικό με μεγάλο ακροφύσιο για να εφαρμοστεί άρδευση.

Όσον αφορά το ύψος των φυτών (Σχήμα 31) αυτό είναι ικανοποιητικό για τη συγκεκριμένη βαμβακοκαλλιέργεια εκτός από τις άκρες του αγροτεμαχίου. Στις άκρες υπήρχαν τα χαμηλότερα ύψη λόγω κακής άρδευσης. Κυμάνθηκε μεταξύ 45,3cm και 92,7cm με τις περισσότερες τιμές να ξεπερνάνε τα 70cm. Βέβαια, σημαντικό ρόλο έπαιξε η χρησιμοποίηση φαρμάκων που είχαν ως στόχο την αναστολή του ύψους PIX (5%). Όπως προαναφέρθηκε λόγω της εδαφολογικής ιδιαιτερότητας που έχει το βόρειο τμήμα του χωραφιού, τα φυτά μέχρι και τα τέλη Ιουνίου ήταν κίτρινα και κοντά. Όταν εφαρμόστηκε για

πρώτη φορά PIX (5%) σ' εκείνο το μέρος θα έπρεπε να γίνει εφαρμογή με μικρότερη δοσολογία, αλλά αυτό δε συνέβη.

Η πυκνότητα των φυτών (Σχήμα 32) από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν δείχνει να είναι ικανοποιητική σε όλο το εύρος του αγροτεμαχίου εκτός από δύο μέρη. Το πρώτο βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του αγρού και οι απώλειες σε φυτά οφείλονται στην ιδιομορφία του εδάφους σ' αυτή τη ζώνη. Αναφέρθηκε πιο πάνω πως στα μέρη αυτά υπάρχει υψηλή συγκέντρωση υγρασίας με συνέπεια την απώλεια φυτών από σηψιρριζίαση. Το δεύτερο μέρος του αγρού που εμφανίζονται μειωμένη πυκνότητα φυτών είναι στο νοτιοανατολικό τμήμα του. Οι λόγοι για τον οποίους συμβαίνει αυτό είναι:

-  Η άρδευση που εφαρμόστηκε την περίοδο του φυτρώματος δεν ήταν ικανοποιητική από πλευράς ποσότητας στο ανατολικό μέρος του αγρού.
-  Δίπλα από τον πειραματικό αγρό υπήρχε και άλλος αγρός ο οποίος ήταν και αυτός σπαρμένος με βαμβάκι, οπότε δεν έπρεπε να ανοίξει το μπεκ-ακροφύσιο περισσότερο, γιατί θα γινόταν ζημιά στον διπλανό αγρό, αφού θα έπεφτε αρκετή ποσότητα νερού εκεί.
-  Σ' εκείνη την πλευρά του χωραφιού υπήρχε κλίση και συνέπεια αυτής είναι να υπάρχει απορροή και μειωμένη εδαφική υγρασία.
-  Στην άκρη του αγρού και δίπλα στο αρδευτικό κανάλι ήταν η αντλητική μηχανή, οπότε για έναν ακόμη λόγο δεν έπρεπε να ανοίξει το μπεκ-ακροφύσιο του αυτοκινούμενου αρδευτικού μηχανήματος και αποτέλεσμα αυτού ήταν μα μην αρδευτεί ομοιόμορφα όλο το αγροτεμάχιο.

Ο αριθμός των φυτών που υπάρχει στο υπόλοιπο χωράφι είναι πάνω από 100000 φυτά στο εκτάριο. Ικανοποιητικός αριθμός φυτών σύμφωνα με την βιβλιογραφία του χωραφιού.

Ο χάρτης παραγωγής (Σχήμα 33) δείχνει ότι η μέση παραγωγή ήταν περίπου 4500 kg/ha, από την τιμή αυτή, μέσα στον αγρό υπάρχουν ουσιαστικές αποκλίσεις. Οι χαμηλότερες τιμές της παραγωγής παρατηρούνται περιμετρικά του αγρού. Η χαμηλή παραγωγή στα δυτικά και ανατολικά του χωραφιού οφείλεται στο ότι δεν εφαρμόστηκε η απαιτούμενη ποσότητα νερού. Τα αγροτεμάχια που συνορεύουν στα ανατολικά και δυτικά του πειραματικού αγρού είναι καλλιεργημένα και αυτά με βαμβάκι. Επειδή η άρδευση στον αγρό Βασούλα πραγματοποιήθηκε με αυτοκινούμενο αρδευτικό με μεγάλο ακροφύσιο δε γινόταν να γυρίσει το μπεκ-ακροφύσιο αρκετά αριστερά και δεξιά για να επιτευχθεί καλύτερο πότισμα στις άκρες. Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε όπως ελέγχεται δεν ήταν η απαιτούμενη με συνέπεια να μην αναπτυχθούν ομαλά τα φυτά. Δεν κατάφεραν να καρποφορήσουν όσο θα μπορούσαν, γι' αυτό και ήταν μειωμένη η παραγωγή. Αν άνοιγε το ακροφύσιο τότε θα γινόταν ζημιά στα γειτονικά αγροτεμάχια. Έτσι προτιμήθηκε η απώλεια παραγωγής για μέρος του αγρού, παρά να δημιουργηθούν άλλου είδους προβλήματα. Στο βόρειο τμήμα του χωραφιού όπως προαναφέρθηκε η απόδοση ήταν μειωμένη, επειδή υπήρχαν προβλήματα με υπερβολικές ποσότητες νερού στο έδαφος. Το νότιο τμήμα του αγρού έχει διαφορετικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά. Δεν είναι τόσο παραγωγικό όσο ο υπόλοιπος αγρός. Επιπρόσθετα, εκεί ήταν ο αγωγός μεταφοράς του νερού και συνδέονταν ο αυτοκινούμενος αρδευτής με μεγάλο ακροφύσιο. Μετακινώντας το τελευταίο μέσα στον αγρό, δημιουργούνταν προβλήματα στα φυτά των στrophών. Τέλος επειδή το αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο κάθε φορά που τελείωνε η άρδευση έπρεπε να μεταφερθεί σε άλλο αγρό δεν γινότανε η

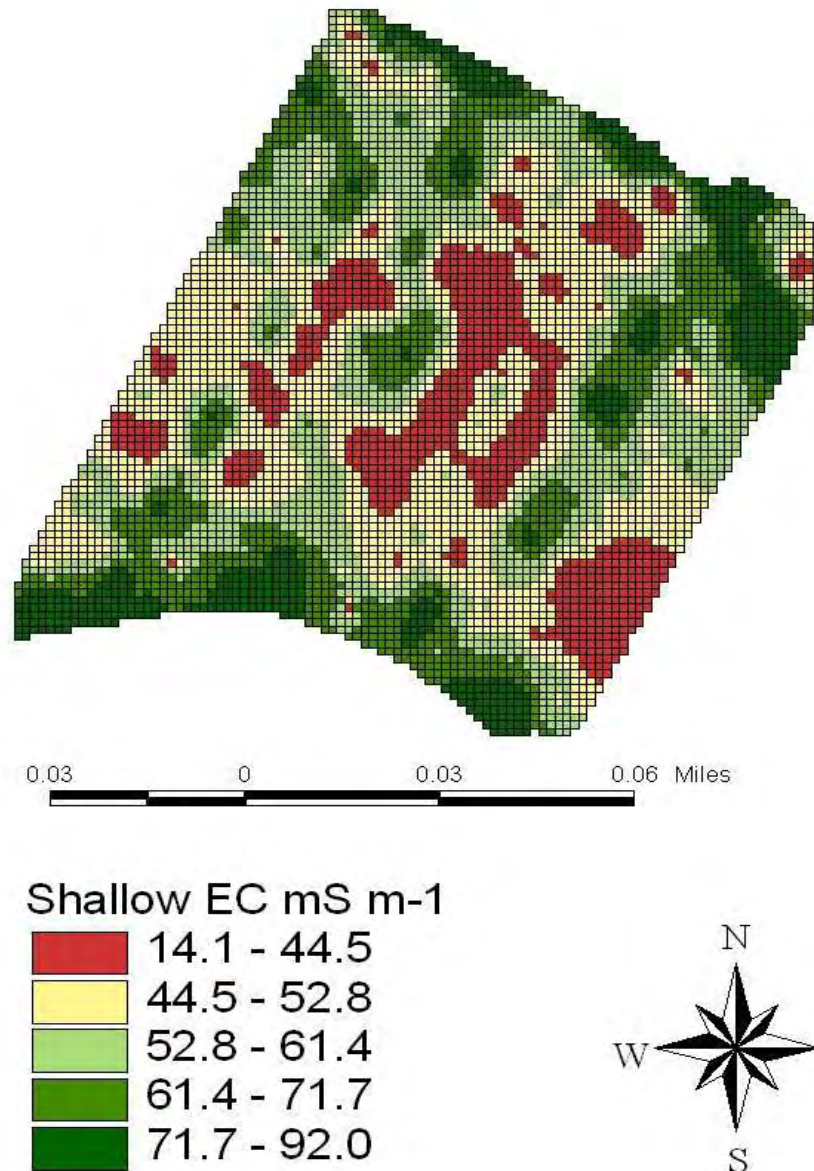
απαιτούμενη άρδευση στο κεφαλάρι για να βγει από μέσα το αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο.

Από τον χάρτη της παραγωγής (Σχήμα 33) φαίνεται πως στο ανατολικό μέρος και κατά μήκος του αγρού από το νότο έως το βορά παρατηρήθηκε η υψηλότερη παραγωγή. Από τους χάρτες της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήματα 29 και 30) και του ύψους φυτών (Σχήμα 31) γίνονται αντιληπτοί οι λόγοι για τους οποίους υπήρξαν αυτά τα αποτελέσματα. Σ' αυτά τα μέρη τα φυτά είχαν ικανοποιητικό ύψος, και συγκεκριμένα, πιο ψηλά ήταν τα φυτά σ' αυτά τα μέρη απ' ότι στο υπόλοιπο αγροτεμάχιο. Ταυτόχρονα, εκεί όπου η παραγωγή ήταν η μέγιστη, παρατηρήθηκαν και οι υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

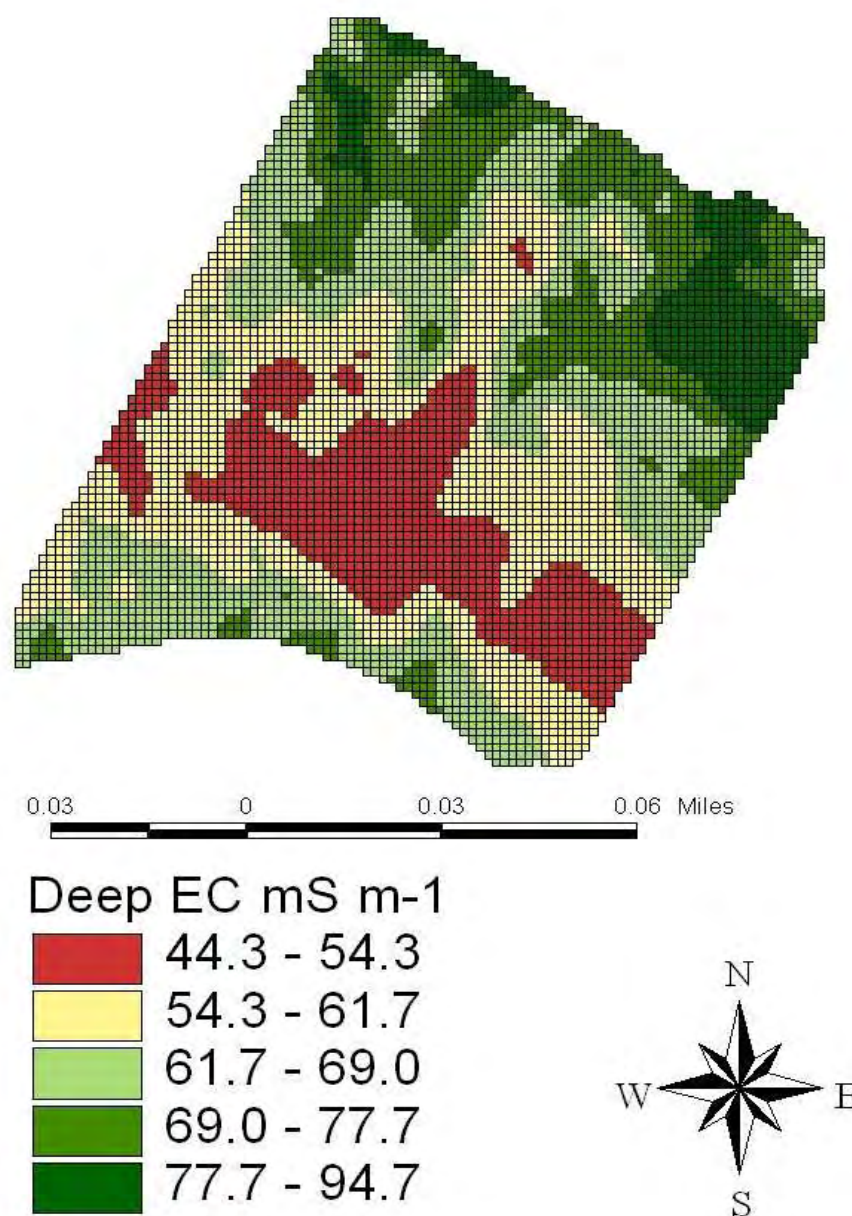
Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι ακόμη μία τέτοια λωρίδα με υψηλή παραγωγή αποτυπώνεται στον χάρτη παραγωγής. Συνεπώς πέρα από τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά και το ύψος των φυτών σημαντικό ρόλο έπαιξε και ο τρόπος άρδευσης. Όπως ελέχθει και παραπάνω ο αγρός αρδεύτηκε με αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο. Στα σημεία που φαίνονται υψηλές παραγωγές οι ποσότητες του νερού που εφαρμόστηκαν ήταν πολύ περισσότερες απ' ότι στο υπόλοιπο αγροτεμάχιο. Η άρδευση με μεγάλο ακροφύσιο έχει το μειονέκτημα να μην κάνει ομοιόμορφο πότισμα.

Τέλος θα ήταν σημαντική παράλειψη αν δεν αναφερθεί πως μειωμένη παραγωγή εμφανίζεται στα πολύ κοντά φυτά, περιμετρικά του αγρού, καθώς και σε περιοχές με χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όπως για παράδειγμα στο μέσο και νότια του αγροτεμαχίου.

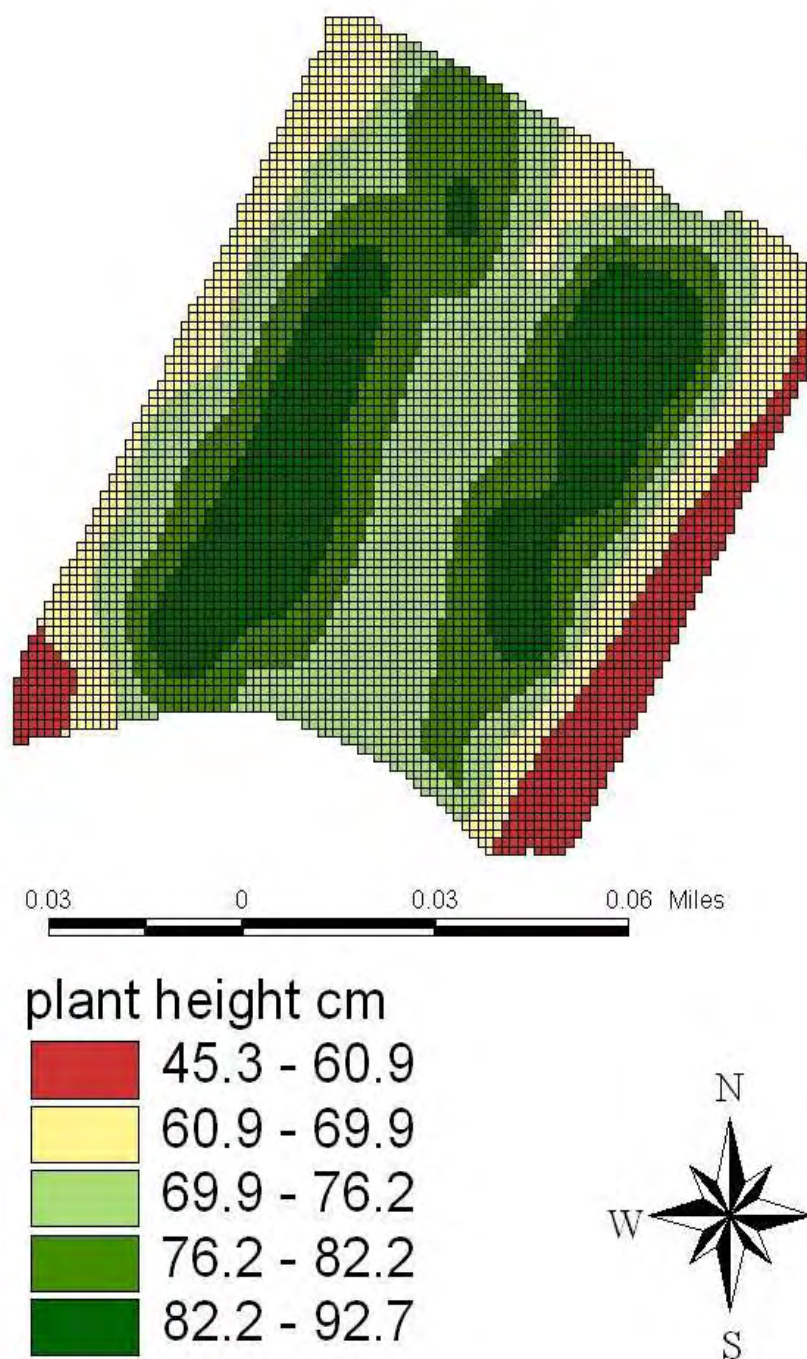
Ακολουθούν οι χάρτες για τον αγρό Βασούλα 2,43ha



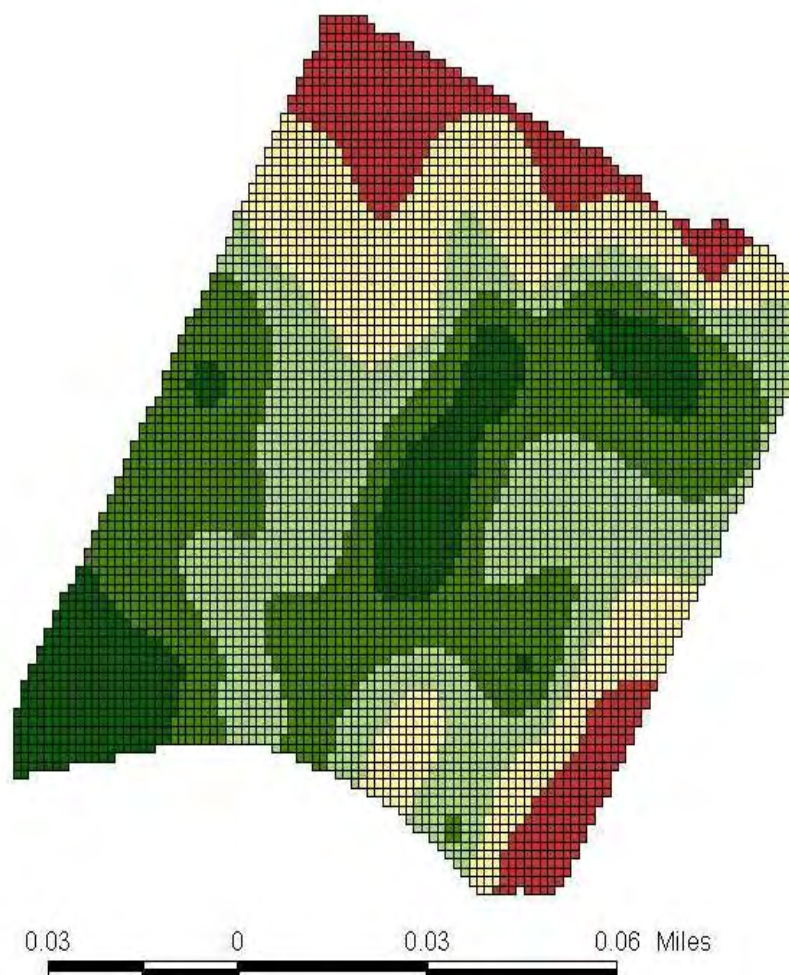
Σχήμα 29. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-30cm



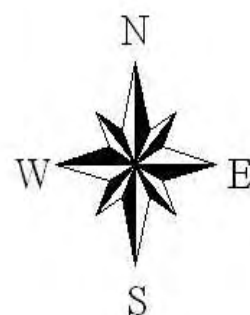
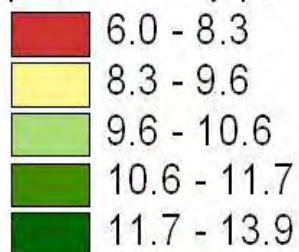
Σχήμα 30. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-90cm



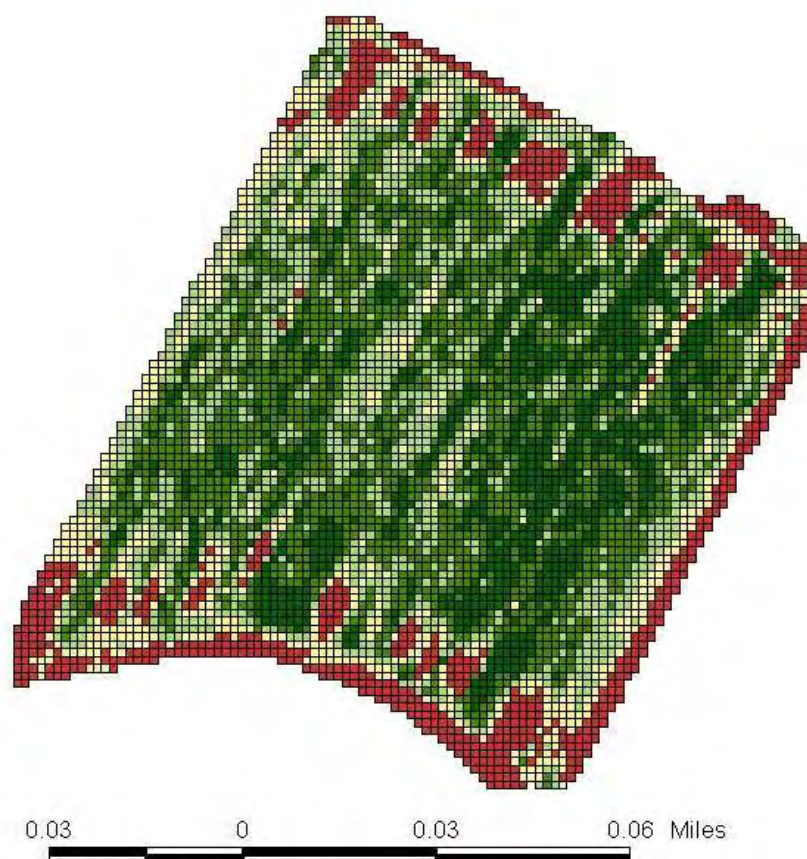
Σχήμα 31. Χάρτης Ύψους Φυτών



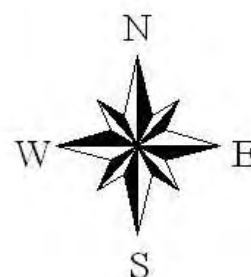
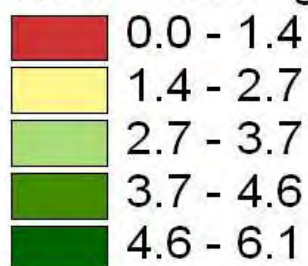
plant density plants m-1



Σχήμα 32. Χάρτης Πυκνότητας Φυτών



Yield x1000 kg ha⁻¹



Σχήμα 33. Χάρτης Παραγωγής

Πίνακας 11. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Βασούλα

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας cv(%)
Παραγωγή (kg/ha)	100	6274	3448	1531	44
Veris (0-30cm)	9,5	93,6	56	13,2	23,6
Veris (0-90cm)	43,7	97,2	63,7	10	15,7
Ύψος φυτών	50	93	75	10	13
Πυκνότητα φυτών	6	14	10	2	20

Πίνακας 12. Περιγραφικά εδαφολογικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Βασούλα για το βάθος 0-30cm

ΒΑΘΟΣ 0-30 cm	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας cv (%)
ΑΜΜΟΣ (%)	43,5	52	46,7	6,4
ΙΛΥΣ (%)	19,5	26	22,5	9,5
ΑΡΓΙΛΛΟΣ (%)	24,5	35,5	30,8	10,4
ΟΟ (%)	1,93	3,24	2,5	15,4
CaCO ₃ (%)	12,5	19,5	16	12,3
pH	7,9	8,3	8,1	1,6
ΑΝΤΑΛ. K ⁺ (mg/kg)	91	347	163,3	48,1
ΑΝΤΑΛ. Na ⁺ (mg/kg)	103	288	220,5	25,2
ΑΝΤΑΛ. Mg ⁺⁺ (mg/kg)	124	341	196,1	41,6
ΑΝΤΑΛ. Ca ⁺⁺ (mg/kg)	134	298	206,3	28,3
Cu ⁺⁺ (mg/kg)	0	1,44	0,57	89,4
Zn ⁺⁺ (mg/kg)	0	1,25	0,81	53,4
Mn ⁺⁺ (mg/kg)	2,2	7	4,4	37,4
Fe ⁺⁺ (mg/kg)	2,6	12,5	5,97	49,5
NO ₂ ⁻ (mg/kg)	0	4,1	1,12	114,9
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	0	9,2	2,8	101,1
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	0	2,24	1,32	63,3
P (mg/kg)	1,09	17	3,8	118,6

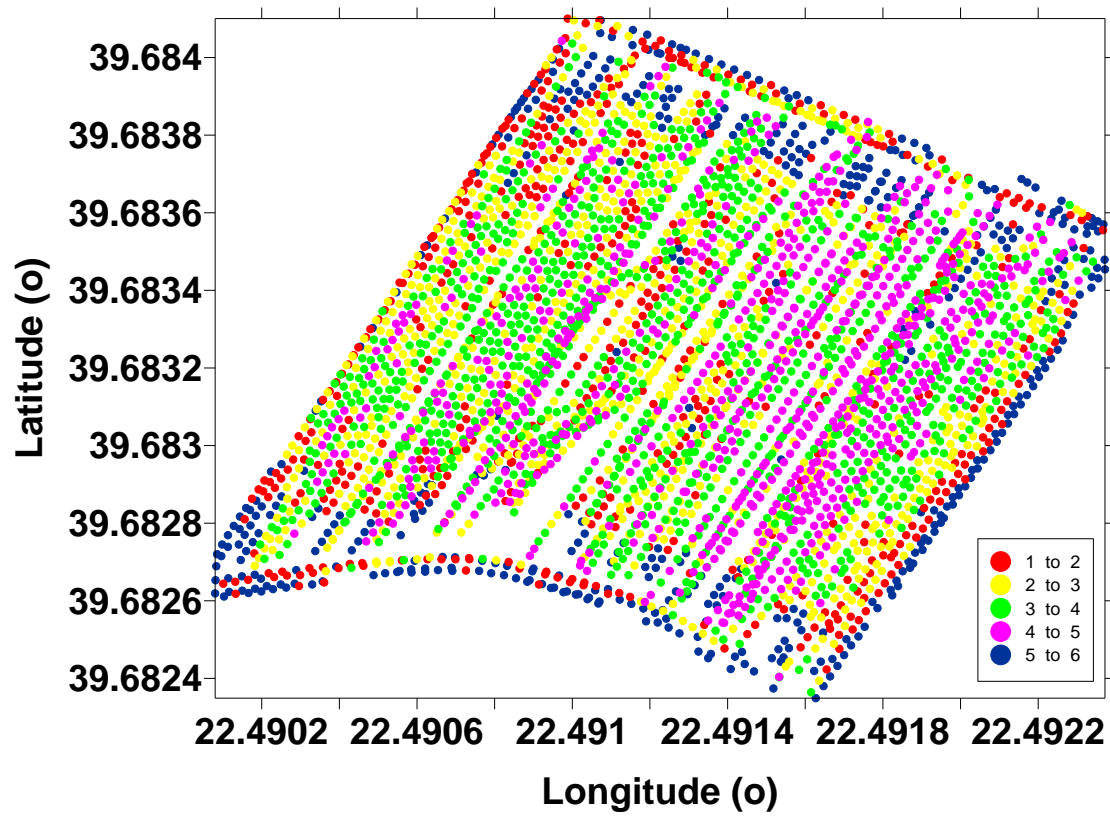
Πίνακας 13. Περιγραφικά εδαφολογικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Βασούλα για το βάθος 30-60cm

ΒΑΘΟΣ 30-60 cm	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας cv(%)
ΑΜΜΟΣ (%)	45	54	48,8	6,7
ΙΛΥΣ (%)	17,3	26	21,6	13,2
ΑΡΓΙΛΛΟΣ (%)	25	35,7	29,9	11,4
ΟΟ (%)	1,28	2,9	2,22	20,3
CaCO ₃ (%)	12,5	19	15,1	13,1
pH	7,8	8,2	8	1,4
ΑΝΤΑΛ. K ⁺ (mg/kg)	53	339	182,3	49,6
ΑΝΤΑΛ. Na ⁺ (mg/kg)	88	309	218,2	28,1
ΑΝΤΑΛ. Mg ⁺⁺ (mg/kg)	123	431	213,6	43,1
ΑΝΤΑΛ. Ca ⁺⁺ (mg/kg)	154	298	231,8	22,7
Cu ⁺⁺ (mg/kg)	0	0,96	0,29	93,9
Zn ⁺⁺ (mg/kg)	0	1,11	0,55	73,9
Mn ⁺⁺ (mg/kg)	1,5	6,2	3,37	47,7
Fe ⁺⁺ (mg/kg)	1,3	9,7	4,44	53,9
NO ₂ ⁻ (mg/kg)	0	2,69	1,08	87,3
NO ₃ ⁻ (mg/kg)	0	3	1,65	65,6
NH ₄ ⁺ (mg/kg)	0	2,5	0,97	93,5
P (mg/kg)	0,34	5,2	2,6	70,7

Από τον Πίνακα 12 φαίνεται ότι για τον αγρό Βασούλα η μηχανική σύσταση, η οργανική ουσία, το CaCO_3 και το pH παρουσιάζουν μικρή παραλλακτικότητα ($\text{cv} < 20\%$). Μέση παραλλακτικότητα παρουσιάζουν τα ανταλλάξιμα κατιόντα K, Na, Ca, Mg και ο διαθέσιμος Fe και Mn ($20\% < \text{cv} < 50\%$) και μεγάλη παραλλακτικότητα παρουσιάζουν ο P, ο διαθέσιμος Zn, Cu και τα νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνιακά ($\text{cv} > 50\%$).. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και στο βάθος 30-60cm (Πίνακας 13).

Από τα θρεπτικά στοιχεία που μετρήθηκαν και με βάση τον Πίνακα 6 τα ανταλλάξιμα K, και Mg βρέθηκαν σε ικανοποιητικά στο έδαφος, αντίθετα ο P, και τα ιχνοστοιχεία Fe, Zn και Cu ήταν σε έλλειψη. Ένας πιθανός λόγος που υπάρχουν αυτές οι ελλείψεις είναι το υψηλό pH του εδάφους, κυμαίνεται από 7,9-8,3 παρόλο που γίνεται συστηματική λίπανση κάθε χρόνο με τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία. Οι ποσότητες λιπάσματος που εφαρμόζονται κάθε χρόνο είναι 10 μονάδες P και 4 μονάδες K.

Από τους Πίνακες 16 και 17 συμπεραίνεται ότι υπάρχει μέτρια συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής και των εδαφικών συστατικών. Η χαμηλή γονιμότητα του εδάφους και το υψηλό pH είναι κάποιοι από τους λόγους που παρατηρούνται τόσο χαμηλές συσχετίσεις. Η κίνηση του P είναι πάρα πολύ αργή στο έδαφος γι' αυτό και παρατηρείται αρνητική συσχέτιση στο βάθος 30-60cm. Επιπλέον, φαίνεται ότι στο βάθος 30-60cm η συσχέτιση της παραγωγής με την οργανική ουσία και το K^+ είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο βάθος 0-30cm. Αυτό για το K^+ εξηγείται από το ότι την προηγούμενη χρονιά έγινε βαθιά άροση, ενώ για την οργανική ουσία διότι το 2000 είχε γίνει ισοπέδωση του αγρού.



Σχήμα 34. Ζώνες διαχείρισης με βάση την παραγωγή στον αγρό Βασούλα

Πίνακας 14. Μέσοι όροι παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους στο βάθος
0-30cm, Αγρός Βασούλα

Παραγωγή (tn/Ha)	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
	(%)				ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ										(ppm)			
3.76	30.5	48.8	20.8	2.2	16.1	8.2	260	199	128	210	0.50	0.80	4.95	4.85	2.30	1.70	1.39	2.02
4.78	32.6	45.1	22.3	2.4	14.6	8.1	134	266	223	229	0.55	1.04	4.45	6.13	1.07	4.53	1.50	1.98
5.85	29.2	47.2	23.6	2.7	16.9	8.0	158	232	201	196	0.93	1.06	4.36	6.02	1.59	2.26	1.89	5.51
1.1	33.3	44.0	22.7	2.4	14.5	8.0	112	103	134	251	0.10	0.00	2.20	4.40	0.40	1.10	1.58	3.20

Πίνακας 15. Μέσοι όροι παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους στο βάθος
30-60cm, Αγρός Βασούλα

Παραγωγή (tn/Ha)	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
	(%)				ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ										(ppm)			
3.8	29.5	51.0	19.5	2.0	14.4	8.2	221	219	150	166	0.02	0.72	3.95	3.85	0.79	2.50	0.25	2.90
4.8	31.1	47.9	21.8	2.3	13.9	7.9	137	227	234	258	0.29	0.75	3.43	4.85	1.07	1.12	1.89	1.38
5.9	28.3	48.4	23.3	2.4	15.3	8.0	197	239	193	225	0.45	0.76	3.36	4.22	1.83	1.55	1.33	2.69
1.1	35.7	47.0	17.3	1.3	19.0	7.9	132	88	243	265	0.11	0.00	1.50	3.50	0.50	3.00	0.00	5.20

Πίνακας 16. Συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους για το βάθος 0-30cm.

	YIELD	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
		%						ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ (ppm)				(ppm)							
YIELD	1,00																		
ΑΡΓΙΛΟΣ	-0,73	1,00																	
ΑΜΜΟΣ	0,53	-0,83	1,00																
ΙΛΥΣ	0,22	-0,11	-0,46	1,00															
ΟΟ	0,57	-0,42	-0,14	0,92	1,00														
CaCO ₃ ⁻	0,64	-0,99	0,83	0,11	0,39	1,00													
pH	0,28	-0,05	0,52	-0,84	-0,61	-0,01	1,00												
K ⁺	0,24	-0,56	0,93	-0,75	-0,51	0,58	0,68	1,00											
Na ⁺	0,92	-0,44	0,39	0,01	0,34	0,32	0,53	0,20	1,00										
Mg ⁺⁺	0,73	-0,13	-0,18	0,52	0,68	0,02	0,02	-0,42	0,80	1,00									
Ca ⁺⁺	-0,85	0,97	-0,85	-0,03	-0,39	-0,93	-0,24	-0,59	-0,64	-0,28	1,00								
Cu ⁺⁺	0,97	-0,86	0,58	0,33	0,66	0,79	0,09	0,25	0,78	0,62	-0,92	1,00							
Zn ⁺⁺	0,97	-0,64	0,56	0,01	0,38	0,54	0,49	0,34	0,97	0,70	-0,80	0,89	1,00						
Mn ⁺⁺	0,80	-0,65	0,81	-0,40	-0,02	0,58	0,75	0,71	0,84	0,34	-0,81	0,72	0,90	1,00					
Fe ⁺⁺	0,90	-0,39	0,12	0,40	0,66	0,28	0,16	-0,15	0,92	0,96	-0,54	0,81	0,88	0,58	1,00				
NO ₂ ⁻	0,56	-0,77	0,99	-0,53	-0,20	0,76	0,63	0,94	0,47	-0,11	-0,83	0,57	0,63	0,87	0,18	1,00			
NO ₃ ⁻	0,58	0,13	-0,14	0,05	0,22	-0,25	0,46	-0,21	0,83	0,86	-0,10	0,37	0,68	0,47	0,82	-0,02	1,00		
NH ₄ ⁺	0,43	-0,50	-0,07	0,91	0,95	0,50	-0,75	-0,42	0,11	0,43	-0,40	0,59	0,20	-0,13	0,44	-0,16	-0,08	1,00	
P	0,36	-0,59	0,06	0,83	0,87	0,61	-0,76	-0,28	-0,01	0,24	-0,45	0,56	0,12	-0,14	0,28	-0,06	-0,28	0,98	1,00

Πίνακας 17. Συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και ιδιοτήτων εδάφους για το βάθος 30-60cm.

	YIELD	ΑΡΓΙΛΟΣ	ΑΜΜΟΣ	ΙΛΥΣ	ΟΟ	CaCO ₃ ⁻	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Fe ⁺⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P
		%						ΑΝΤΑΛΛΑΞΙΜΑ (ppm)				(ppm)							
YIELD	1,00																		
ΑΡΓΙΛΟΣ	-0,92	1,00																	
ΑΜΜΟΣ	0,30	-0,64	1,00																
ΙΛΥΣ	0,98	-0,82	0,09	1,00															
ΟΟ	0,98	-0,89	0,35	0,93	1,00														
CaCO ₃ ⁻	-0,81	0,82	-0,59	-0,70	-0,91	1,00													
pH	0,16	-0,52	0,99	-0,05	0,22	-0,49	1,00												
K ⁺	0,46	-0,77	0,88	0,30	0,42	-0,47	0,84	1,00											
Na ⁺	0,95	-0,95	0,54	0,87	0,98	-0,94	0,42	0,58	1,00										
Mg ⁺⁺	-0,37	0,71	-0,96	-0,19	-0,37	0,51	-0,94	-0,98	-0,55	1,00									
Ca ⁺⁺	-0,27	0,63	-0,98	-0,08	-0,29	0,48	-0,97	-0,94	-0,49	0,99	1,00								
Cu ⁺⁺	0,72	-0,45	-0,40	0,85	0,62	-0,24	-0,52	-0,07	0,48	0,24	0,37	1,00							
Zn ⁺⁺	0,93	-0,94	0,57	0,83	0,97	-0,96	0,46	0,58	1,00	-0,56	-0,51	0,42	1,00						
Mn ⁺⁺	0,79	-0,91	0,78	0,64	0,85	-0,95	0,69	0,71	0,94	-0,74	-0,71	0,14	0,96	1,00					
Fe ⁺⁺	0,74	-0,48	-0,06	0,76	0,82	-0,77	-0,17	-0,15	0,72	0,15	0,19	0,58	0,72	0,55	1,00				
NO ₂ ⁻	0,89	-0,77	0,03	0,94	0,78	-0,46	-0,11	0,37	0,72	-0,21	-0,08	0,90	0,66	0,47	0,51	1,00			
NO ₃ ⁻	-0,86	0,61	0,07	-0,90	-0,89	0,75	0,20	0,03	-0,78	-0,09	-0,16	-0,75	-0,77	-0,57	-0,97	-0,71	1,00		
NH ₄ ⁺	0,79	-0,50	-0,20	0,85	0,83	-0,66	-0,32	-0,16	0,69	0,22	0,29	0,77	0,68	0,46	0,97	0,67	-0,99	1,00	
P	-0,84	0,72	-0,31	-0,79	-0,93	0,95	-0,20	-0,21	-0,90	0,23	0,19	-0,44	-0,92	-0,82	-0,93	-0,53	0,91	-0,86	1,00

3.3 Αγρός Φουλούλη

Το τρίτο αγροτεμάχιο είναι ο αγρός Φουλούλη. Και σ' αυτόν τον αγρό έχουν δημιουργηθεί χάρτες παραγωγής, φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, ύψους και πυκνότητας φυτών.

Αρχικά ο χάρτης της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήμα 33) παρατηρείται ότι έχει τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη είναι αυτή που έχει τις υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας και βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του χωραφιού. Στο μέσο του χωραφιού και προς τα ανατολικά του υπάρχει μία άλλη ζώνη η οποία περιέχει μέσες τιμές και τέλος η τρίτη ζώνη που περιλαμβάνει και τις μικρότερες τιμές βρίσκεται στο νότιο μέρος του αγροτεμαχίου.

Από το χάρτη του ύψους των φυτών (Σχήμα 35) που υπάρχουν μέσα στον αγρό μπορεί κάποιος να συμπεράνει πως δεν υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις. Μάλιστα οι τιμές που κυμάνθηκαν μέσα στον αγρό ήταν από 69,3-101,4cm που σημαίνει πως το ύψος των φυτών μέσα στον αγρό ήταν σε ικανοποιητικό βαθμό εκτός από τα φυτά που είχαν μέσο ύψος μέχρι και τα 80cm. Βέβαια, σε ορισμένα τμήματα παρατηρούνται πιο ψηλά φυτά από κάποια άλλα μέρη.

Όσον αφορά την πυκνότητα των φυτών (Σχήμα 36) από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν δείχνει να είναι ικανοποιητική σε όλο το εύρος του αγροτεμαχίου. Μάλιστα ο αριθμός των φυτών που υπάρχει στο χωράφι είναι πάνω από 100000 φυτά στο εκτάριο.

Από το χάρτη παραγωγής (Σχήμα 37) φαίνεται πως η μέση παραγωγή ήταν περίπου 3800 kg/ha. Από την τιμή αυτή, μέσα στον αγρό παρατηρήθηκαν αποκλίσεις. Οι χαμηλότερες τιμές σε απόδοση παρατηρούνται περιμετρικά του αγρού εκτός από τη δυτική πλευρά του

αγροτεμαχίου. Η χαμηλή παραγωγή στη περιφέρεια του χωραφιού οφείλεται:

- Στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά
- Στη μη σωστή άρδευση

Τα αγροτεμάχια που συνορεύουν στα ανατολικά και δυτικά του πειραματικού αγρού είναι καλλιεργημένα και αυτά με βαμβάκι. Επειδή η άρδευση στα ανατολικά του αγρού Φουλούλη πραγματοποιήθηκε με μπεκ-ακροφύσιο δεν έπρεπε να γυρίσει το μπεκ-ακροφύσιο αρκετά δεξιά για να γίνει καλύτερο πότισμα στην άκρη. Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε δεν ήταν η απαιτούμενη, με συνέπεια να μην αναπτυχθούν ομαλά τα φυτά. Δεν κατάφεραν να δέσουν, γι' αυτό και υπήρξε μειωμένη παραγωγή. Αν άνοιγε το μπεκ-ακροφύσιο τότε θα γινόταν ζημιά στο γειτονικό αγροτεμάχιο. Έτσι προτιμήθηκε η απώλεια παραγωγής για μέρος του αγρού, παρά να δημιουργηθούν άλλα προβλήματα. Στο νοτιοανατολικό τμήμα του χωραφιού, όπως προαναφέρθηκε, παρατηρήθηκε μειωμένη απόδοση λόγω:

- ✂ του τρόπου της άρδευσης
- ✂ των εδαφολογικών χαρακτηριστικών
- ✂ του ύψους των φυτών

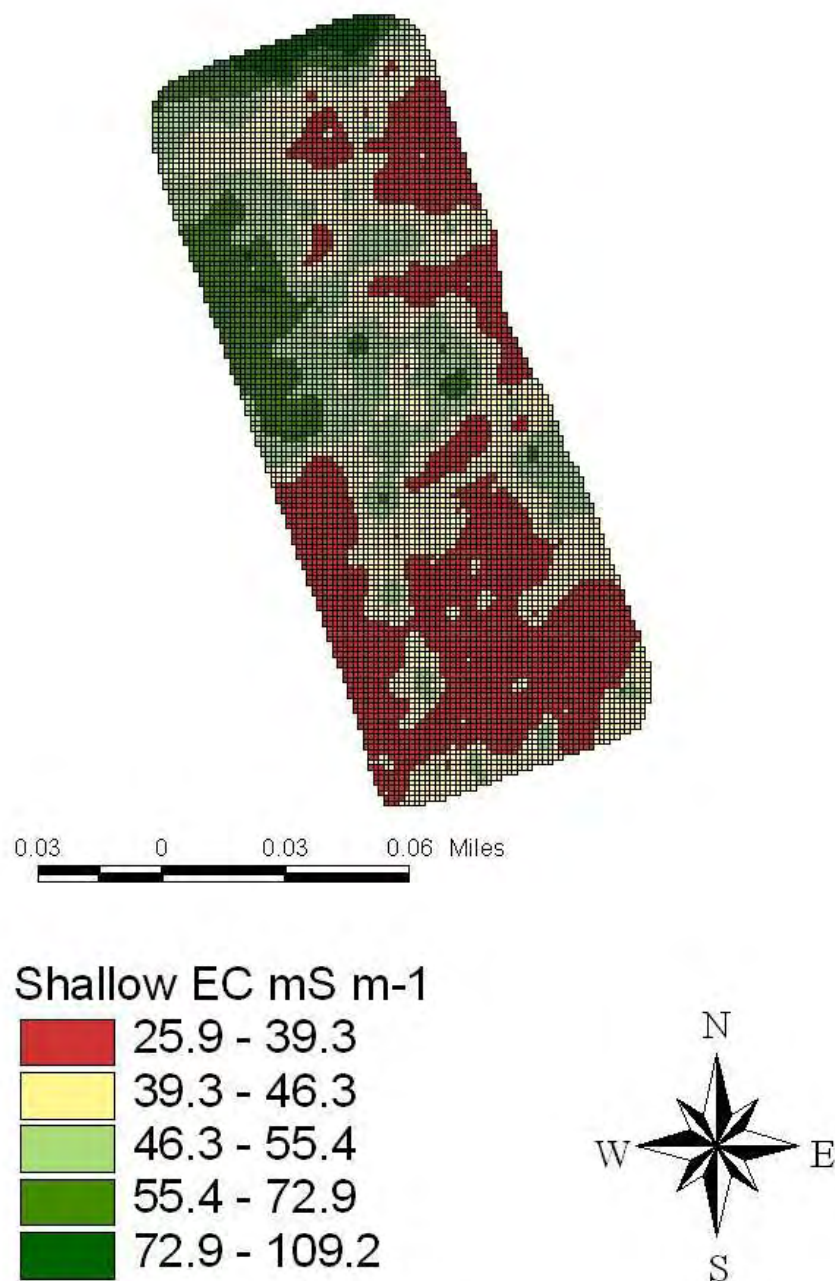
Στο βόρειο τμήμα του αγρού υπάρχει μειωμένη παραγωγή επειδή σ' εκείνο τμήμα υπάρχει λακκούβα. Το νερό από τις βροχοπτώσεις και την άρδευση παραμένει σ' αυτό το μέρος και η υπερβολική εδαφική υγρασία μας δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή εξέλιξη της βαμβακοκαλλιέργειας. Επιπλέον από τον χάρτη της παραγωγής φαίνεται πως στο κομμάτι αυτό που η άρδευση πραγματοποιήθηκε με μπεκ-

ακροφύσιο (περίπου 1,9ha στην ανατολική πλευρά του αγρού και από το νότο έως το βορρά) υπάρχει η μικρότερη απόδοση σε βαμβάκι. Στο υπόλοιπο τμήμα του αγρού (περίπου 1ha), όπου η άρδευση που εφαρμόστηκε ήταν με καταιονισμό, παρατηρήθηκε πολύ υψηλότερη απόδοση. Ο τρόπος της άρδευσης με καταιονισμό έχει ένα πλεονέκτημα σε σχέση με τη μέθοδο του κανονιού και αυτό δεν είναι άλλο από την ομοιομορφία του ποτίσματος. Ο τρόπος αυτός της άρδευσης δεν επηρεάζεται τόσο πολύ από τους ανέμους σε σχέση με τον τρόπο του κανονιού. Βέβαια, η στάγδην άρδευση που εφαρμόστηκε στον αγρό Αποθήκη δεν επηρεάζεται καθόλου από τους ανέμους.

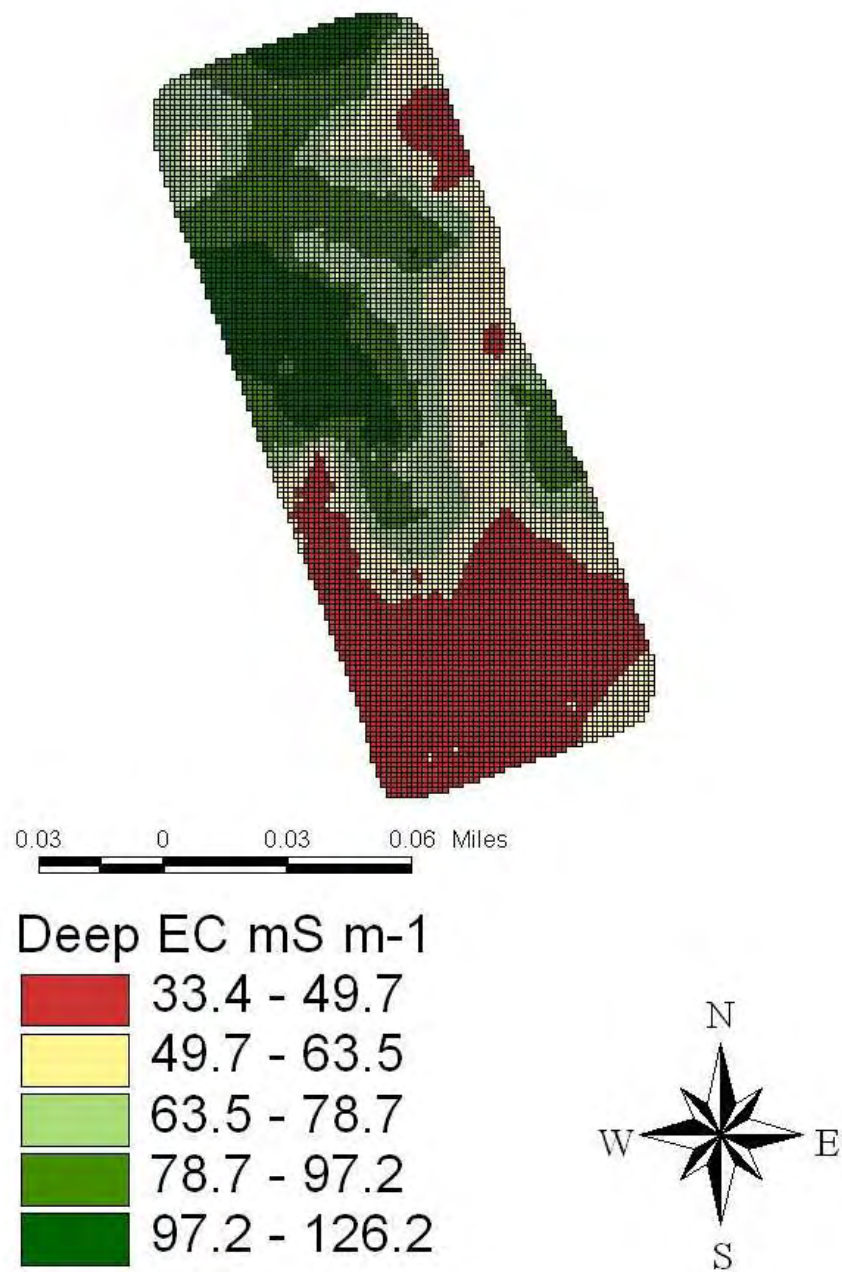
Συνεπώς εμφανίζονται διαφορές στην απόδοση μέσα στον αγρό. Η μέση παραγωγή στο κομμάτι που αρδεύτηκε με μπεκ-ακροφύσιο ήταν της τάξεως των 3000 kg/ha, ενώ με καταιονισμό ήταν 5000 kg/ha. Αν θεωρήσουμε πως οι καλλιεργητικές φροντίδες ήταν κοινές για όλο τον αγρό και δεν υπήρχαν προβλήματα από ζιζάνια τότε η διαφορετική απόδοση που εμφανίζεται στο χάρτη της παραγωγής οφείλεται στα ακόλουθα στοιχεία:

- Στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά
- Στον τρόπο της άρδευσης

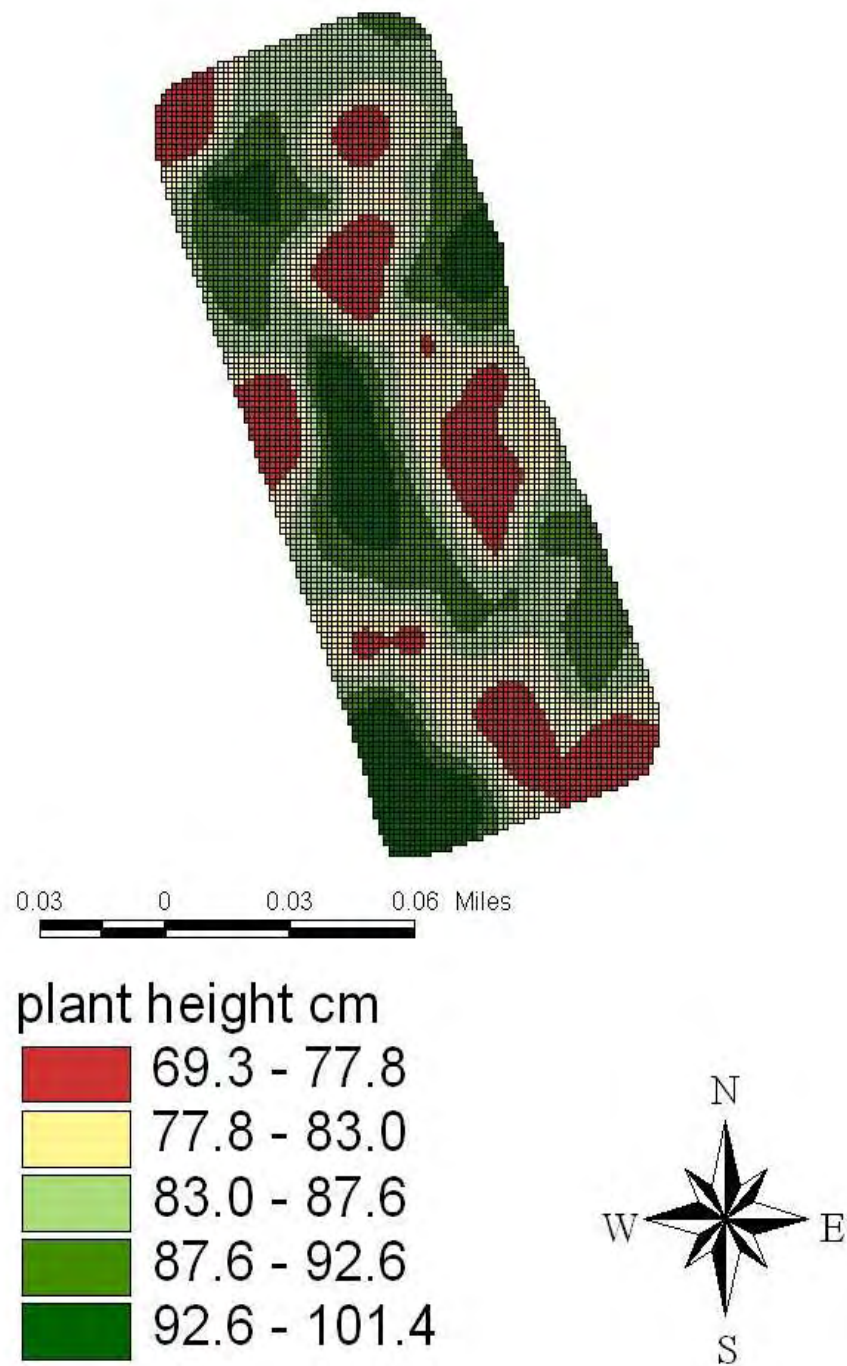
Ακολουθούν οι χάρτες για τον αγρό Φουλούλη 2,92ha



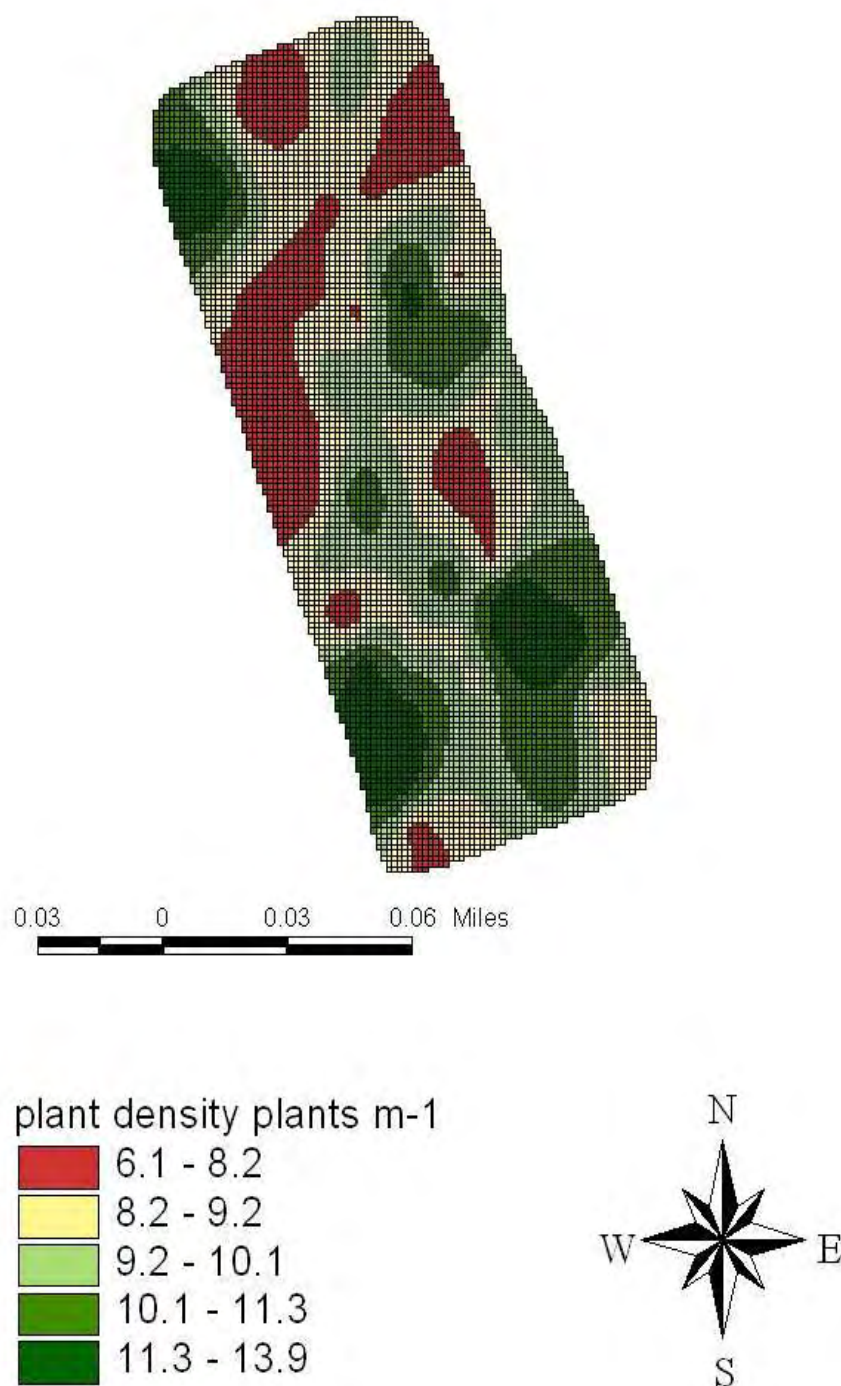
Σχήμα 35. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-30cm



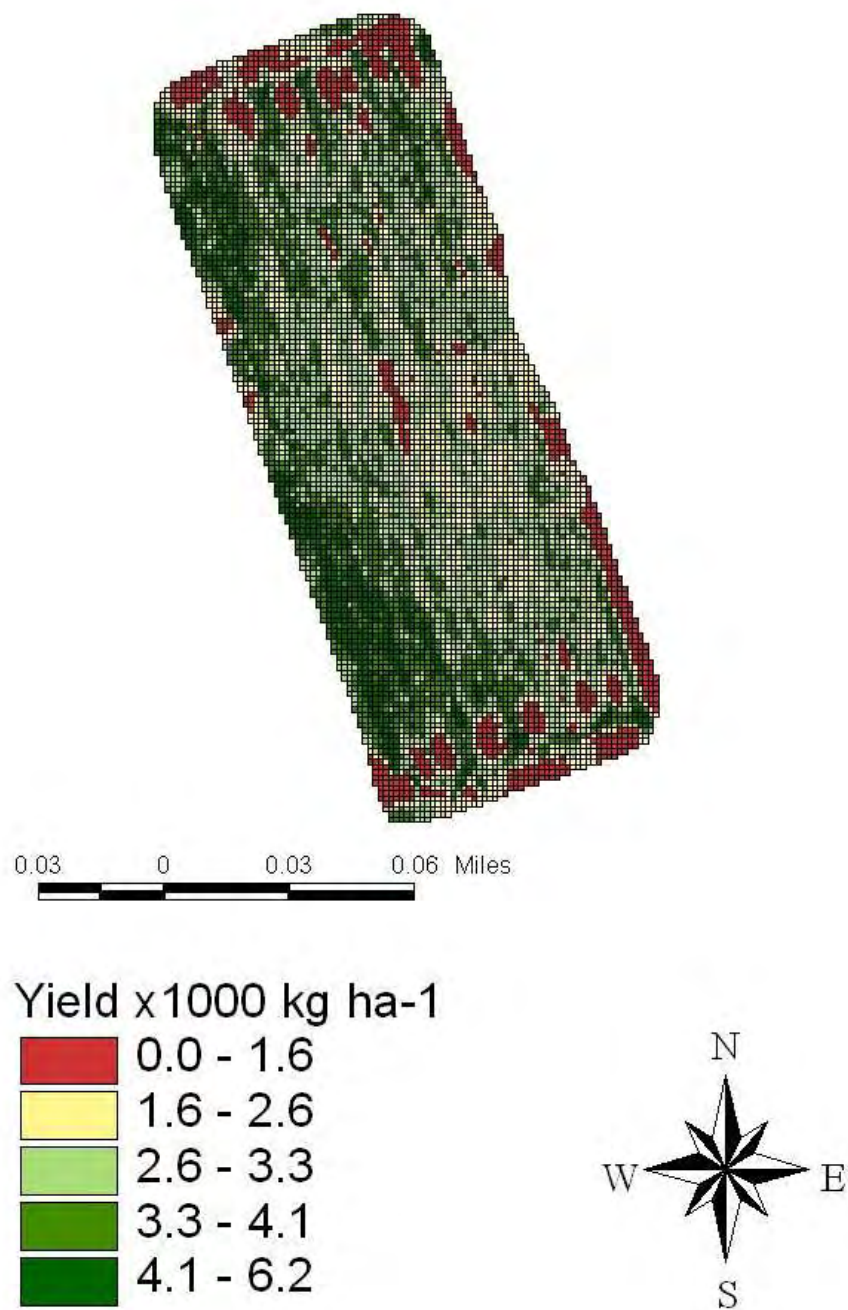
Σχήμα 36. Χάρτης Φαινομενικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας βάθους 0-90cm



Σχήμα 37. Χάρτης Ύψους Φυτών



Σχήμα 38. Χάρτης Πυκνότητας Φυτών



Σχήμα 39. Χάρτης Παραγωγής

Πίνακας 18. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για τον αγρό Φουλούλη

	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής Παραλλακτι- κότητας cv(%)
Παραγωγή (kg/ha)	350	6297	3045	1047	34
Veris (0-30cm)	24,4	112,1	43,4	10,6	24
Veris (0-90cm)	32,9	128,6	67,1	23,8	35
Ύψος φυτών	69	102	85	9	10,5
Πυκνότητα φυτών	6	14	9	2	22,2

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εφαρμογή τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον καθώς όλα τα αγροτεμάχια έχουν μεγάλη παραλλακτικότητα. Η πραγματικότητα όμως είναι ότι η παραλλακτικότητα που υπάρχει από σημείο σε σημείο του αγρό, ο παραγωγός δεν μπορούσε να το αντιληφθεί καθώς τον ενδιέφερε πιο πολύ ο μέσος όρος της παραγωγής και όχι τόσο που είναι τα πιο παραγωγικά σημεία του χωραφιού και που δεν υπάρχει μεγάλη παραγωγή.

Με την χρήση τεχνολογιών Γεωργίας Ακριβείας και κυρίως τη χρήση των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (Geographic Information System, GIS), εντοπίζεται η παραλλακτικότητα του αγροτεμαχίου, χωρίς την υπάρχουσα εμπειρία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί και η χρησιμότητα των στατιστικών μεθόδων με τις οποίες γίνεται είτε συσχέτιση των δεδομένων είτε ομαδοποίηση κατά ζώνες. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μεθοδολογία στην παρούσα εργασία προέκυψε η δημιουργία ζωνών διαχείρισης με απώτερο σκοπό την κατευθυνόμενη δειγματοληψία κατά ζώνες.

Επίσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού επηρεάζονται κυρίως από την ποικιλία, τις εδαφικές ιδιότητες και την ύπαρξη ή μη θρεπτικών συστατικών. Συνήθως η παραγωγή περιορίζεται στην περίπτωση που κάποιο χαρακτηριστικό βρίσκεται σε έλλειψη. Αυτό όμως, αντιμετωπίζεται σημαντικά από την ετήσια λίπανση που εφαρμόζει ο παραγωγός. Αυτό το στοιχείο που δεν μπορεί να διορθώσει ο καλλιεργητής παραγωγός και επηρεάζει την παραγωγή είναι οι καιρικές συνθήκες που θα επικρατήσουν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Ο παραγωγός πίστευε πως θα υπάρχουν διαφορές στην απόδοση μεταξύ των αγροτεμαχίων, αλλά και ότι μέσα στον κάθε αγρό ξεχωριστά θα υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην παραγωγή. Αυτό κατέδειξαν οι μετρήσεις και η εξαγωγή των τελικών χαρτών έδωσε την πλήρη εικόνα των αγρών. Η επόμενη σκέψη του παραγωγού ήταν πως θα βελτιώσει τις οικονομικές του απολαβές κάνοντας κάποιες απαραίτητες ενέργειες. Έτσι εκεί που μπορεί να εφαρμόσει διαφορετικές καλλιεργητικές φροντίδες. Μερικές ενέργειες που θα πραγματοποιηθούν τα αμέσως επόμενα χρόνια είναι στις λακκούβες πρέπει να βρεθεί ένας τρόπος ώστε να μειωθεί η ποσότητα του νερού που εφαρμόζεται σε σχέση με το υπόλοιπο μέρος του αγρού. Στις δύο άκρες του αγρού Βασούλα όπου συνορεύει με άλλους αγρούς θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί διαφορετικός τρόπος άρδευσης και όχι με αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο, γιατί υπάρχουν μεγάλες απώλειες στην τελική παραγωγή. Στο ανατολικό μέρος του αγρού δεν συμφέρει να εφαρμοστεί η βαμβακοκαλλιέργεια διότι υπάρχουν έντονες συνθήκες υγρασίας οπότε χρόνια τώρα παρατηρείται μειωμένη παραγωγή σ' αυτό το τμήμα του αγρού. Έτσι μία λύση που προκρίθηκε ήταν η καλλιέργεια σιτηρών. Σε άλλα σημεία του αγρού χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες λιπάσματος σε ιχνοστοιχεία. Υπάρχουν μέρη στον αγρό που απαιτούν μεγαλύτερες ποσότητες λιπασμάτων ώστε να αυξηθεί η απόδοση, αντίθετα σημεία του αγρού που δεν έχουν προοπτική για μεγαλύτερες αποδόσεις (δυτικό τμήμα του αγρού Βασούλα, βόρειο τμήμα στον αγρό Φουλούλη) θα εφαρμοστεί μειωμένη έως και μηδενική λίπανση. Είναι σημαντικό επίσης να αναφέρουμε ότι στον αγρό Φουλούλη αποδείχθηκε ότι ο τρόπος άρδευσης με αυτοκινούμενο αρδευτή με μεγάλο ακροφύσιο έχει μειωμένη απόδοση σε σχέση με τον καταιονισμό. Συνεπώς ο τρόπος άρδευσης θα αλλάξει ώστε να αυξηθούν οι αποδόσεις. Επιπρόσθετα θα πρέπει να αναφέρουμε πως υπήρχε μία μείωση της παραγωγής στον

συγκεκριμένο αγρό λόγω του ότι υπήρξαν προβλήματα με ζιζάνια. Άρα θα πρέπει να γίνει μία καλύτερη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων σε σημεία που υπάρχουν έντονα προβλήματα με ζιζάνια, μέχρι να αυξηθεί η δόση ή να αλλάξει το σχήμα, ώστε να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα στην καταπολέμηση των ζιζανίων.

Βέβαια ο καλύτερος τρόπος για την εφαρμογή της άρδευσης, του λιπάσματος και των φαρμάκων είναι να δίδεται η κατάλληλη δόση στο σωστό σημείο. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει ο παραγωγός να επενδύσει επιπλέον πάνω σε τεχνολογικό εξοπλισμό που ακόμη είναι ακριβός. Επιπλέον, θα πρέπει ο παραγωγός να έχει γνώσεις πάνω στην νέα τεχνολογία που είναι αρκετά δύσκολο να τις έχει. Εδώ υπάρχει ένα μεγάλο πρόβλημα με το μορφωτικό επίπεδο των αγροτών. Η αλήθεια είναι όμως ότι όλες αυτές οι νέες τεχνολογίες απαιτούν γνώση ξένης και πολλές φορές εξειδικευμένης γλώσσας που για τους περισσότερους Έλληνες παραγωγούς είναι άγνωστη.

5. Συμπεράσματα

1. Στον αγρό Αποθήκη η μέση απόδοση ήταν η υψηλότερη απ' όλα τα υπόλοιπα αγροτεμάχια. Η μέση παραγωγή πρώτου και δευτέρου χεριού μαζί έφτασε στα 5868 kg/ha. Ο δεύτερος σε παραγωγικότητα αγρός ήταν αυτός της Βασούλας με 4607 kg/ha. Τέλος στον αγρό Φουλούλη παρατηρήθηκε η μικρότερη απόδοση με μέση παραγωγή 3704 kg/ha.
2. Παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλη απόκλιση της μέσης παραγωγής μεταξύ αγροτεμαχίων. Η διαφορά αυτή μεταξύ του αγρού με την μεγαλύτερη μέση παραγωγή και την μικρότερη ξεπερνά τα 2000 kg/ha. Μεγάλη παραλλακτικότητα όμως, παρατηρείται και μέσα στον κάθε αγρό ξεχωριστά. Έτσι μικρότερη παραλλακτικότητα παρουσιάζεται στον αγρό Αποθήκη με συντελεστή παραλλακτικότητας 26%, ακολουθεί με 34% ο αγρός Φουλούλη και η μεγαλύτερη παραλλακτικότητα με 44% παρουσιάζεται στον αγρό Βασούλα.
3. Από τους χάρτες παραγωγής φαίνεται ότι ο αγρός Αποθήκη χωρίζεται σε δύο ζώνες. Η μία ζώνη είναι στο βόρειο τμήμα με υψηλή παραγωγή και μία δεύτερη ζώνη στο νότιο τμήμα με χαμηλή παραγωγή. Ο αγρός Βασούλα έχει χαμηλές αποδόσεις περιφερειακά του αγρού, ενώ υψηλότερες αποδόσεις έχει το ανατολικό τμήμα του αγρού. Στον αγρό Φουλούλη υψηλές αποδόσεις παρατηρήθηκαν στο δυτικό κομμάτι του αγρού.

4. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους έχει μικρότερη παραλλακτικότητα από την παραγωγή. Στον αγρό Αποθήκη ο συντελεστής παραλλακτικότητας είναι 21% στο βάθος 0-30cm και 24% στο βάθος 0-90cm. Στο αγροτεμάχιο Βασούλα οι τιμές είναι διαφοροποιούμενες κυρίως για το βάθος 0-90cm και συγκεκριμένα 23,6% στο βάθος 0-30cm και 15,7% στο βάθος 0-90cm. Στον αγρό Φουλούλη οι αντίστοιχες τιμές για τα δύο αυτά βάθη είναι 24% και 35%.
5. Από τις ιδιότητες του εδάφους η μηχανική σύσταση, η οργανική ουσία, το pH και το ανθρακικό ασβέστιο έδειξαν μικρή παραλλακτικότητα ($CV < 20\%$). Ενδιάμεση παραλλακτικότητα εμφάνισαν τα ανταλλάξιμα κατιόντα K, Ca, Mg και ο διαθέσιμος Zn ($CV \sim 20-50\%$). Μεγάλη παραλλακτικότητα έχουν τα NO_2 , NO_3 , NH_4 και ο διαθέσιμος P, Cu, Fe ($CV > 50\%$). Επίσης ο P και μερικά ιχνοστοιχεία ήταν σε έλλειψη πιθανόν λόγω του υψηλού pH του εδάφους, ενώ το K ήταν σε επάρκεια.
6. Οι συσχετίσεις μεταξύ παραγωγής και εδαφικών στοιχείων έδειξαν ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ παραγωγής και οργανικής ουσίας, pH, P^+ , Mg^{++} , NO_3^- και στους δύο αγρούς που έγιναν εδαφικές αναλύσεις.

7. Η παραλλακτικότητα που παρουσιάστηκε στο ύψος των φυτών ήταν μικρή και αυτό οφείλεται στη μεταχείριση που έγινε από τον παραγωγό. Εφαρμόστηκε ανασταλτικό ύψους γι' αυτό παρουσιάζεται σχετική ομοιομορφία στο ύψος των φυτών. Ο συντελεστής παραλλακτικότητας για τον κάθε αγρό είναι 9,5% για την Αποθήκη, 13% 20 για Βασούλα και 10,5% για Φουλούλη.
8. Μεγαλύτερη παραλλακτικότητα παρουσιάζεται στην πυκνότητα των φυτών σε σχέση με το ύψος των φυτών. Οι τιμές των συντελεστών παραλλακτικότητας είναι 18% για το αγροτεμάχιο Αποθήκη, 20% στη Βασούλα και 22,2% στον Φουλούλη.
9. Το ύψος των φυτών και η πυκνότητα των φυτών δεν συσχετίστηκαν με την παραγωγή λόγω της ομοιομορφίας των φυτών και του γεγονότος ότι το 2005 ήταν μια χρονιά υψηλής παραγωγής.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

Aggelopoulou, K.D., Fountas, S., Gemtos, T.A., Nanos. G.D., and Wulfsohn, D., 2006. Precision farming in small apple fields of Greece. 8^ο Παγκόσμιο Συνέδριο Γεωργίας Ακριβείας, 23-26 Ιουλίου 2006, Μινεάπολη, ΗΠΑ. (Πρακτικά σε CD).

Al-Kufaishi1, S.A., Blackmore, B.S., Sourell, H. 2005. The potential contribution of precision irrigation to water conservation. 5th European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden, June 2005.

Berntsen, J., Thomsen, A., Schelde, K., Hansen, O. M., Knudsen, L., Broge, N., Hougaard H., and Hørfarter, R. 2006. Algorithms for sensor-based redistribution of nitrogen fertilizer in winter wheat .Precision Agriculture, 7, p.65-83.

Blackmore, S., Godwin, R., Fountas, S. 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. Biosystems Engineering 84, 455-466.

Campbell, R.H., Rawlings, S.L., Han, S. 1994. Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE paper 94-1584, ASAE, St Joseph, Michigan.

Doerge, T.A., Kitchen, N.R., Lund, E.D. 1999. Soil Electrical Conductivity Mapping (SSMG-30), Site-Specific Management Guidelines, Potash & Phosphate Institute, Norgross, GA. www.ppi-far.org/ssmg

Doerge, T.A. 1999. Management Zone Concepts (SSMG-2), Site-Specific Management Guidelines, Potash & Phosphate Institute, Norgross, GA. www.ppi-far.org/ssmg

Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, S., Jacobsen, H. L. 2005a. A model of information flows in decision making for Precision Agriculture. Agricultural Systems. In Press.

Fountas, S., Blackmore, S., Pedersen, S.M. 2005b. Information and Telecommunication Technologies (ICT) in Precision Agriculture. Book

Chapter in: "ICT in Agriculture: Perspectives of Technological Innovation, edited by Ehud Gelb. Hebrew University of Jerusalem, Center for Agricultural Economic Research, Israel.

Fridgen, J.J., Kitchen, N. R., Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Wiebold, W.J., Fraisse, C.W. 2005. Management Zone Analyst (MZA): Software for subfield management zone delineation. *Agronomy Journal*, 96: 100-108.

Gemtos, T.A., Markinos, Ath., Toullos, L., Pateras, D., Zerva, G. 2004. « Precision Farming applications in Cotton Fields of Greece ». Presentation at the 2004 CIGR international conference, Paper No 30_096A, Beijing, China, CD-ROM, 11-14 October 2004.

Gemtos, T.A., Fountas, S., Blackmore, S., Greipentrog, H.W. 2002. Precision farming experience in Europe and the Greek potential Εργασία που παρουσιάστηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία, Αθήνα Ιούνιος 2002.

Griffin, T.W., Lowenberg-DeBoer, J., Lambert, D.M., Peone, J., Payne, T., Daberkow, S.G. 2004. Adoption, Profitability, and Making Better Use of Precision Farming Data. Staff Paper #04-06. Department of Agricultural Economics, Purdue University.

Hofman, A.R., Penigrahi, S., Gregor, B., Walker, J. 1995. In field monitoring sugar beets ASAE paper 95-2114, ASAE, St Joseph, Michigan.

ICAC RECORDER, 2001. 'Ultra Narrow Row Errect on Cotton Quality'. Introduction to Precision Agriculture, (2001). Workshop, American Farm School, Thessaloniki

Lund, E.D., Christy, C.D., Drummond. P.E. 1999. Practical Applications of Soil Electrical Conductivity Mapping. Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture, July, 1999.

Markinos Ath, Gemtos, T.A., Toullos, L., Pateras, D., Zerva, G. 2002. "Yield mapping of cotton crop in Greece", Παρουσίαση στα πλαίσια του διεθνούς συνεδρίου της Ελληνικής εταιρίας εφαρμογών πληροφορικής στη γεωργία. 1st HAICTA conference, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 6-7 Ιουνίου 2002, pp. 133-143.

Markinos, A.T., Gemtos, T.A., Pateras, D., Toullos, L., Zerva G., and Papaeconomou, M. 2004. “ The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor”. Παρουσίαση στα πλαίσια του διεθνούς συνεδρίου της Ελληνικής εταιρίας εφαρμογών πληροφορικής στη γεωργία, 2nd HAICTA conference, Thessaloniki, Greece, 18-20 March 2004, Vol. 2, pp. 65-74.

McBratney, A., Whelan, B., Ancev, T., Bouma, J. 2005. Future Directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture, Volume 6, Number 1.

McCauley, J.D. 1999. Simulation of Cotton Production for Precision Farming. Precision Agriculture, 1, pp. 81-94.

McKinion, J.M., Jenkins, J.N., Akins, D., Turner, S.B., Willers, J.L., Jallas, E., Whisler, F.D. 2001. Analysis of a precision agriculture approach to cotton production. Computers and Electronics in Agriculture 32, p. 213-228.

Mount, H.R., Lightle. D.T., Steffen, L.J. 1999. Spatial analysis of soil properties for precision agriculture in Clay Country, Nebraska Annual Meeting Abstracts, Soil Science Society of America. Madison, WI.

Pelletier, G, Upadyaya, K.S. 1999. Development of a tomato load/yield monitor. Computers and Electronics in Agriculture (23) 103-107.

Pfost, D., Casady, W., Shannon, K., 1999. Global Positioning System Receivers (SSMG-6), Site- Specific Management Guidelines, Potash & Phosphate Institute, Norgross, GA. www.ppi-far.org/ssmg

Rains, G.C., Thomas, D.L., Perry, C.D. 2002. Pecan mechanical harvesting parameters for yield mapping Transaction of the ASAE Vol 45, 281-285.

Tyler W. Rider, Jeffrey W. Vogel, Anita Dille, J., Kevin C. Dhuyvetter and Terry L. Kastens, 2006. An economic evaluation of site-specific herbicide application. Precision Agriculture, 7, p. 379-392.

Sigrimis, N. 2000. The 21st century expectations in IT. What are the limits. The XIV Memorial CIGR World Conference, Tsukuba, Japan.

Stafford, J.V. 2000. Implementing Precision Agriculture in the 21st Century J. Agr. Engng Res.(76) 267-275.

- Tagarakis, A., Chatzinikos, A., Fountas, S., Gemtos, T. 2006.** Delineation of Management Zones in Precision Viticulture. HAICTA 2006 , 21-23 Σεπτεμβρίου 2006 Βόλος, σελ. 547-554.
- Tomasson J.A., Penington, D.A., Pringle, H.C., Colombus, E.P., Tomson, S.J., Byler, R.K. 1999.** Cotton mass flow measurements: Experiments with two optical devices. Appl. Eng in Agric. 15, 11-17.
- Toulios, L., Pateras, D., Zerva, G., Gemtos T.A., and Markinos, A. 2005.** “Combining satellite images and cotton yield maps to evaluate field variability”. Poster in 5th European Conference on Precision Agriculture, Uppsala, Sweden, 9-12 June 2005.
- Vardoulis, G., Markinos, A., Aggelopoulou, K., Fountas, S., Gertsis, A., Gemtos, T.A. 2006.** Crop variability in cotton fields. HAICTA 2006 , 21-23 Σεπτεμβρίου 2006 Βόλος, σελ. 328-333.
- Velidis, G., Perry, C. D., Durrence, J. S., Thomas, D. L., Hill, R. W., Kwień, C. K., Rains, G. 2001.** Field testing the peanut yield monitoring. In: Robert, P.C., Rust, R. H., Larson, W. E (Eds). Proceedings of the Third International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, USA, pp. 835-844.
- Westervelt. J.D., Reetz. H.F. 2000.** GIS in Site-Specific Agriculture, Intersate Publishers Inc., 64 pp.
- Wilkerson J.B., Kirby, J.S., Hart, W.E., Woma, A.R. 1994.** Real time cotton flow sensor. ASAE paper 94-1054, ASAE, St Joseph, Michigan.
- Wilkerson J.B., Moody, F.H., Hart, W.E., Funk, P.A. (2001).** Design and Evaluation of a Cotton Flow Rate Sensor. Transaction of the ASAE Vol 44, 1415-1420.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αναλογίδης, Λ.Α., 2000. ‘ Έδαφος – Θρεπτικά Στοιχεία και Φυτική Παραγωγή σελ. 243-306’.

Βουλγαράκη Ελένη, 1996. ‘Τεχνολογικές ιδιότητες και ποιότητα των ινών του βαμβακιού’, Οργανισμός Βάμβακος.

Γαλανοπούλου Σενδουκά Στέλλα, 1995. ‘Ειδική Γεωργία II’, Π.Θ. Βόλος

Θεοδοσιάδου Εύη, 1999. ‘Η ποιότητα ξεκινά από το χωράφι’, Γεωργική Τεχνολογία, τεύχος ‘Βαμβάκι 2000’, σελ. 70-77.

Κουκουλάκης, Π. 1995. Βασικές αρχές ορθολογικής λίπανσης των φυτών. Γεωργία Κτηνοτροφία, 9, σελ. 43-61

Τόλης Ι.Δ., 1998. ‘Καλλιέργεια και Φυτοπροστασία του βαμβακιού στην Ελλάδα’, Έκδοση τέταρτη.