

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 373
Ημερομηνία 3-10-11

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

Εγκατάσταση συστήματος αισθητήρων με βάση μετρήσεις γεωργίας ακριβείας

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Σπύρος Φουντάς

Αντώνης Χατζής

ΒΟΛΟΣ 2011



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10158/1
Ημερ. Εισ.: 23-11-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΦΠΑΠ
2011
ΧΑΤ

Σπ. Φουντάς, Επίκουρος Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Θ.Α Γέμτος, Καθηγητής, Γεωργικής Μηχανολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Νικ. Κατσούλας, Λέκτορας, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Θεωρώ υποχρέωση μου να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για την βοήθεια και την επίβλεψη στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας, τον Καθηγητή κ. Θεοφάνη Γέμτο και τον επίκουρο καθηγητή κ. Σπύρο Φουντά. Επίσης και τον καθηγητή κ. Νικόλαο Κατσούλα για την επίβλεψη της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Αριστοτέλη Ταγαράκη, για την όλη του βοήθεια, και τον καταλυτικό ρόλο του για την εκπόνηση αυτής της εργασίας, όπως επίσης και όλα τα μέλη του εργαστηρίου της γεωργικής μηχανολογίας.

Ευχαριστώ πολύ τους γονείς μου και την οικογένεια μου, για τη στήριξη που μου παρέχουν και τη συμπαράσταση σε ότι κάνω καθώς και για τη διαμόρφωση του χαρακτήρα μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους με θεωρούνε φίλο τους, όπως επίσης το κόμμα μου και τους συντρόφους μου.

Περίληψη

Γεωργία ακριβείας ονομάζεται η διαχείριση των αγροκτημάτων σε κλίμακα μικρότερη του αγρού. Είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης, που στηρίζεται στον έλεγχο της παραλλακτικότητας που παρουσιάζουν οι διάφορες καλλιέργειες. Σε κάθε αγρό, οι ιδιότητες του διαφέρουν χωρικά και χρονικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία στον ίδιο αγρό, μικρότερων περιοχών με παρόμοιες ιδιότητες. Οι περιοχές αυτές μπορούν να χωριστούν και να έχουν διαφορετική μεταχείριση ανάλογα με τις ιδιότητες τους. Ονομάζονται ζώνες διαχείρισης. Ο τρόπος αυτός διαχείρισης μειώνει στο ελάχιστο δυνατό τις εισροές που απαιτούνται και βελτιώνει το οικονομικό αποτέλεσμα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων Γεωργίας ακριβείας, με τη βοήθεια των οποίων θα εγκατασταθεί σύστημα μετρήσεως εδαφικής υγρασίας σε αμπελώνα στις Μικροθήβες Μαγνησίας.

Πρώτα μετρήθηκαν εδαφολογικοί παράγοντες, δηλαδή η περιεκτικότητα του εδάφους του αγρού σε άμμο, άργιλο και ιλύ. Έπειτα δημιουργήθηκε το τοπογραφικό ανάγλυφο του αγρού και στη συνέχεια πάρθηκαν μετρήσεις ECa με το όργανο EM38 του οίκου geonics. Γίνανε μετρήσεις παραγωγής και μετρήθηκαν και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Αυτά περιελάμβαναν την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, την περιεκτικότητα σε ολικά οξέα, και το PH. Για τις μετρήσεις ο αγρός χωρίστηκε σε κελιά.

Τα δεδομένα που προέκυψαν επεξεργάστηκαν με το πρόγραμμα surfer και δημιουργήθηκαν οι χάρτες των παραγόντων που μετρήθηκαν.

Τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη παραλλακτικότητας στον αγρό. Υπάρχει διαφορά στο πάνω και στο κάτω τμήμα. Έτσι προέκυψε ότι είναι ωφέλιμη η χρησιμοποίηση γεωργίας ακριβείας στον συγκεκριμένο αγρό, όπως επίσης και η εγκατάσταση του συστήματος αισθητήρων μέτρησης της εδαφικής υγρασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη.....	4
Περιεχόμενα.....	5
1. Εισαγωγή.....	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Γεωργία ακριβείας.....	7
1.2.1. Εξέλιξη γεωργίας ακριβείας.....	7
1.2.2. Παραλλακτικότητα.....	10
1.2.3. Ζώνες διαχείρισης.....	11
1.2.4. GPS-Global Position System.....	12
1.2.5. RTK-GPS.....	14
1.2.6. GIS-Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.....	14
1.3. Αμπελουργία ακριβείας.....	18
1.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	19
1.4.1. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.....	19
1.4.2. Φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους-ECa.....	20
1.4.3. Μέθοδοι προσδιορισμού ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	21
1.4.4. Μέθοδοι προσδιορισμού της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	22
1.4.5. Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	22
1.5. Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης-NDVI.....	24
1.5.1. Αισθητήρες μέτρησης NDVI.....	24
1.5.2. Crop Circle.....	24
1.5.2. Green Seeker.....	27
1.6. Αμπέλι.....	29
1.6.1. Γενικά.....	29
1.6.2. Προϊόντα της αμπέλου.....	31
1.6.3. Κύκλος βλάστησης.....	31
1.6.4. ποικιλίες.....	32
1.6.5. Λίπανση.....	32
1.6.6. Άρδευση.....	34
1.6.7. Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή.....	34

1.6.8. Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	35
1.6.9. Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα.....	35
1.6.10. Οίνος	37
1.8. Σκοπός της εργασίας.....	38
2. Υλικά και μέθοδοι.....	39
2.1. Πειραματικός αμπελώνας.....	39
2.2. Ποικιλία	39
2.3. Εδαφολογικά.....	40
2.4. Μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	41
2.5. Μετρήσεις παραγωγής.....	43
2.6. Μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	43
3. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	45
3.1.Χάρτες	45
3.1.1.Εδαφολογικά	45
3.1.2. Τοπογραφικό ανάγλυφο	50
3.1.3. Χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας.....	52
3.1.4. Χάρτες παραγωγής	54
3.1.5. Χάρτες ποιοτικών χαρακτηριστικών	56
3.2. Στατιστικά.....	59
4.Συμπεράσματα.....	60
Βιβλιογραφία.....	62

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Βασικό χαρακτηριστικό της παραδοσιακής γεωργίας είναι ότι οι κάθε είδους επεμβάσεις που πραγματοποιούνται στον αγρό, είναι κυρίως ημερολογιακές, ανάλογα με την καλλιέργεια, χωρίς όμως να γνωρίζει ο κάθε παραγωγός, αν ο συγκεκριμένος αγρός έχει πραγματικά ανάγκη από τη συγκεκριμένη επέμβαση, αλλά και από το μέγεθος όπου αυτή χορηγείται. Επίσης οι επεμβάσεις είναι ίδιες σε όλη την έκταση του αγροτεμαχίου, δίχως να λαμβάνονται υπόψη οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει ο αγρός στο εσωτερικό του. Έτσι πραγματοποιείται και σπατάλη εισροών, αλλά και δεν έχουμε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, γιατί άλλα σημεία χρειάζονται περισσότερες εισροές και άλλα λιγότερες. Παλιότερα, οι παραγωγοί λόγω της μικρής έκτασης των αγροτεμαχίων, είχαν άμεση επαφή με τον αγρό και γνώριζαν τις ιδιαιτερότητες του. Έτσι, κυρίως εμπειρικά, διαχειρίζονταν διαφορετικά κάθε σημείο του αγρού ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του. Σήμερα όμως, οι αγροί αποτελούνται από τεράστιες εκτάσεις και ο εκάστοτε παραγωγός είναι αδύνατο να γνωρίζει τις ιδιαιτερότητες κάθε σημείου της καλλιέργειας του, π.χ. δεν μπορεί να ξέρει ποια σημεία του αγρού έχουν περισσότερα ζιζάνια και ποιά λιγότερα, για να διαμορφώσει την επέμβαση με ζιζανιοκτόνο. Προκύπτει δηλαδή λόγω των σημερινών συνθηκών παραγωγής, η ανάγκη μιας διαφορετικής διαχείρισης των καλλιεργειών. Η νέα αυτή διαχείριση των μεγάλων αγροτικών εκτάσεων ονομάζεται γεωργία ακριβείας και χρησιμοποιεί τη σύγχρονη τεχνολογία και συσκευές στη γεωργική πρακτική.

1.2 Γεωργία ακριβείας

Σαν γεωργία ακριβείας ορίζεται η διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης της γεωργικής εκμετάλλευσης με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του περιβάλλοντος από τις εισροές που απαιτεί η κάθε καλλιέργεια.

Πρωταρχικός στόχος δηλαδή είναι η σωστή διαχείριση της παραλλακτικότητας της καλλιέργειας και του εδάφους, ώστε να αυξηθεί η αποδοτικότητα και να μειωθούν οι εισροές, οι οποίες έχουν επιπτώσεις στο κόστος και το περιβάλλον. Οι κύριες λειτουργίες ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και η μεταβλητή εφαρμογή εισροών ανάλογα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων. Τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα τεχνικών και τεχνολογιών οι κυριότερες των οποίων είναι η τεχνολογία πληροφοριών, οι τεχνολογίες αισθητήρων και εφαρμογής τους και η γεωργική διαχείριση και τα οικονομικά (Gemtos et al, 2002).

1.2.1 Εξέλιξη Γεωργίας Ακριβείας

Η γεωργία ακριβείας εμφανίστηκε στον τομέα της γεωργίας την τελευταία πενταετία και γνώρισε ευρεία αποδοχή κυρίως από τους παραγωγούς στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, την Αυστραλία, τη Νότιο Αμερική και τη Βόρεια Ευρώπη. (Gemtos et al, 2002). Κυρίως όταν ξεκίνησε εφαρμόστηκε σε αροτραίες καλλιέργειες. Η χαρτογράφηση της παραγωγής σε επίπεδο παραγωγού ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 90, και σιγά σιγά παρατηρήθηκαν οι διαφορές στην παραγωγή που παρουσίαζαν διάφορα τμήματα του αγρού. Η παραλλακτικότητα αυτή που παρουσιάζεται είτε στη μορφολογία είτε στην απόδοση, οφείλεται στην ιδιομορφία της κάθε περιοχής και στην αλληλεπίδραση των παραγόντων φυτό – περιβάλλον – διαχείριση (Taylor, 2004). Οι Larscheid και Blackmore (1996) ανέπτυξαν μια τεχνική με την οποία κανονικοποιούνται τα δεδομένα που λαμβάνονται σε καλές χρονιές για την παραγωγή χαρτών που περιγράφουν την τάση που παρουσιάζει η παραγωγή από χρονιά σε χρονιά. Την ίδια χρονιά επίσης, αναπτύχθηκε από Lark και Stafford η τεχνική *unsupervised fuzzy clustering*, η οποία έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει περιοχές του αγρού που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Μετέπειτα, εφαρμόστηκαν τεχνικές για τον εντοπισμό σημείων στα οποία η παραγωγή μένει σταθερή στο χρόνο, αλλά και τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούσαν τοπογραφικά στοιχεία αλλά και στοιχεία μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Η γεωργία ακριβείας, παρόλη την επανάσταση που φέρνει στην γεωργική πρακτική και παραγωγή, άργησε να διαδοθεί. Ο κύριος λόγος είναι το μεγάλο κόστος

του τεχνολογικού εξοπλισμού που απαιτείται, καθώς και οι δεξιότητες και η κατάρτιση που χρειάζεται για τη χρησιμοποίηση του στην πράξη. Είναι δύσκολο για τους καλλιεργητές να αφήσουν τις παραδοσιακές μεθόδους που χρησιμοποιούσανε μια ζωή, και να μπουν σε μια δύσκολη διαδικασία χρησιμοποίησης ηλεκτρονικών υπολογιστών και γεωγραφικών συστημάτων. Επίσης είναι δύσκολο να καταλάβουν τα άμεσα οικονομικά αποτελέσματα της εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας. Άλλος βασικός παράγοντας καθυστέρησης διάδοσης της γεωργίας ακριβείας είναι και η έλλειψη επιστημόνων γεωπόνων, επαρκώς καταρτισμένων και ικανών ώστε να μπορέσουν να δια φωτίσουν τον αγροτικό κόσμο σχετικά με αυτή τη νέα επαναστατική μέθοδο γεωργικής πρακτικής. Τέλος μπαίνουν και τεχνολογικοί φραγμοί, καθώς τα συνεχώς εξελισσόμενα μηχανήματα που κατασκευάζονται δεν έχουν φτάσει ακόμα σε επαρκές επίπεδο ακριβείας. Δυσκολίες μπαίνουν και από την αδυναμία των χειριστών να τα χρησιμοποιήσουν ικανοποιητικά .

Σταδιακά βέβαια, και όσο περνάει ο καιρός όλες αυτές οι δυσκολίες θα αναιρούνται σιγά σιγά, και λόγω της ολοένα και μεγαλύτερης αυτοματοποίησης που απαιτεί σήμερα η παραγωγή, μιας και το διεθνές περιβάλλον γίνεται ολοένα και πιο ανταγωνιστικό, και οι παραδοσιακές μορφές παραγωγής σήμερα κρίνονται ασύμφορες .

Η διάδοση της γεωργίας ακριβείας διενεργείται δυσανάλογα μεταξύ των χωρών της Ευρώπης . Η Βόρεια Ευρώπη εμφανίζει μεγαλύτερη αποδοχή της γεωργίας ακριβείας. Βασικός παράγοντας σε αυτό είναι ότι πρωτοστάτησε στον εξοπλισμό των μηχανημάτων με GPS.

Αντίθετα στον Ευρωπαϊκό Νότο η γεωργία ακριβείας καθυστέρησε σημαντικά . Οι βασικότεροι λόγοι έχουν να κάνουν με τον πολυτεμαχισμένο και μικρό αγροτικό κλήρο , το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των καλλιεργητών και την αδυναμία τους να υιοθετήσουν καινούριους μεθόδους , αλλά και την έλλειψη τεχνολογίας και εφαρμοσμένης έρευνας (Αγγελοπούλου 2008).

Σήμερα παρατηρούμε μια όλο και μεγαλύτερη παγκόσμια ανησυχία για τις κλιματικές αλλαγές που διενεργούνται στον πλανήτη μας και την καταστροφή του περιβάλλοντος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να θεσπίζονται όλο και πιο αυστηρότεροι νόμοι σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος σε παγκόσμιο επίπεδο. Στη γεωργική πρακτική αυτό μεταφράζεται με την ορθολογικότερη χρήση των εισροών και μεταχειρίσεων που γίνονται. Συμπεραίνουμε ότι, και με βάση τις αλλαγές που συμβαίνουν σε όλες τις πλευρές της σφαίρας της ανθρώπινης ζωής, όπως ανάγκη π.χ

για ποιοτικά και υγιεινά τρόφιμα φιλικά προς το περιβάλλον, ανάγκη για μεγαλύτερο εισόδημα στις δύσκολες σημερινές συνθήκες κ. α., θα κάνουν τη διάδοση της γεωργίας ακριβείας γρηγορότερη απ' ότι μέχρι σήμερα, μιας και είναι μια ορθή διεξοδος για τη γεωργική παραγωγή σήμερα .

1.2.2 Παραλλακτικότητα

Αναφέρθηκε παραπάνω ότι παλαιότερα οι παραγωγοί λόγω της μικρής έκτασης των αγρών είχαν άμεση επαφή και μπορούσαν να διακρίνουν βάσει εμπειρίας την παραλλακτικότητα που παρουσίαζαν και με τις επεμβάσεις τους μετά να την ελέγξουν. Σήμερα όμως αυτό δεν είναι δυνατόν με τις μεγάλες εκτάσεις των αγροτεμαχίων που υπάρχουν. Θεωρώντας τον αγρό ομοιόμορφο και αγνοώντας την παραλλακτικότητα του, γίνεται κατασπατάληση πόρων επιδρώντας δυσμενώς στην παραγωγή και το περιβάλλον. Άρα η παραλλακτικότητα οποιουδήποτε παράγοντα είναι σημαντική για τη γεωργική πράξη και το μετέπειτα οικονομικό αποτέλεσμα. Θα πρέπει να εντοπίζεται και να ελέγχεται. Έτσι έχουμε:

- Παραλλακτικότητα παραγωγής: Το πώς κατανέμεται δηλαδή η παραγωγή χωρικά.
- Παραλλακτικότητα τοπογραφίας εδάφους: Έχει να κάνει με τις τοπογραφικές ανομοιογένειες του εδάφους πάνω στο οποίο βρίσκεται η καλλιέργεια. (κλίση, υψομετρική διαφορά, έκθεση, ύπαρξη αναβαθμίδων)
- Παραλλακτικότητα εδάφους: Αναφέρεται στην ανομοιογένεια από πλευράς μηχανικής σύστασης, θρεπτικών στοιχείων και χημικών ιδιοτήτων.
- Παραλλακτικότητα καλλιέργειας: Οφείλεται στο γενότυπο της καλλιεργούμενης ποικιλίας.
- Παραλλακτικότητα λόγω ασθενειών και εχθρών
- Παραλλακτικότητα λόγω διαχείρισης.

Η παραλλακτικότητα μπορεί να ελεγχθεί είτε με τη βοήθεια των χαρτών παραλλακτικότητας, είτε με τη βοήθεια των ανιχνευτών. Στην πρώτη μέθοδο, των χαρτών παραλλακτικότητας, αφού συλλέξουμε δεδομένα, τα αποτυπώνουμε σε ένα

χάρτη, ο οποίος μας βοηθά στο σχεδιασμό των εφαρμογών μας στον αγρό. Η συλλογή δεδομένων γίνεται με δειγματοληψία και μέσω της ανάλυσης των δειγμάτων δημιουργούμε ένα χάρτη παραλλακτικότητας με τοπογραφικές ενδείξεις. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του GPS-Global Positioning System. Ο χάρτης βοηθάει στη λήψη των αποφάσεων αλλά και στο σχεδιασμό της εφαρμογής και τον προγραμματισμό των εκάστοτε μηχανημάτων που απαιτούνται για την εφαρμογή.

Στη μέθοδο με τους αισθητήρες- ανιχνευτές η διαδικασία είναι πιο γρήγορη. Οι αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι επάνω στο μηχάνημα εφαρμογής συλλέγουν πληροφορίες (ιδιότητες φυτών, εδάφους), αναλύουν και ενημερώνουν τα συστήματα εφαρμογής, που βρίσκονται επίσης στο ίδιο μηχάνημα, τα οποία βάσει των μετρήσεων χορηγούν την κατάλληλη δόση είτε για άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία, κ.α.

1.2.3 Ζώνες διαχείρισης

Όταν χρησιμοποιούμε γεωργία ακριβείας με τη μέθοδο των χαρτών παραλλακτικότητας, συλλέγουμε πληροφορίες μέσω δειγματοληψίας και δημιουργούμε το χάρτη παραλλακτικότητας. Είναι εμφανές ότι όσο περισσότερα δείγματα πάρουμε, τόσο πιο ακριβή χάρτη θα φτιάξουμε. Παρατηρούμε ότι σε κάθε αγροτεμάχιο βρίσκουμε περιοχές με μικρές διακυμάνσεις παραλλακτικότητας, έτσι ώστε να μπορούμε να εφαρμόσουμε την ίδια διαχείριση.

Άρα διαχείριση ανά ζώνες ή υποπεριοχές, ορίζεται το σύστημα που διαχωρίζει τον αγρό σε τεμάχια με ομοιογενείς παράγοντες, ικανούς να επηρεάσουν την παραγωγή, οι οποίοι ικανοποιούνται με την ίδια μεταχείριση (Doerge, 1998).

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης είναι ανάλογος του αριθμού των παραγόντων που είναι δυνατόν να επηρεάσουν των παραγωγή, ο ίδιος ο παραγωγός όμως είναι αυτός που θα κρίνει ποιους παράγοντες θέλει να ελέγξει, και να δημιουργήσει ανάλογα τις ζώνες διαχείρισης. Ο αριθμός και το σχήμα των ζωνών μπορεί να είναι ακανόνιστο, ωστόσο με το GPS και τα υψηλής ακριβείας όργανα αυτό δεν έχει και μεγάλη σημασία. Όμως για το σχεδιασμό των ζωνών διαχείρισης στη γεωργική πράξη θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και ο υπάρχον μηχανικός εξοπλισμός, ώστε να σχεδιάζονται οι όσο το δυνατόν λειτουργικότερες ζώνες διαχείρισης (Kvien and rocknee, 2000).

1.2.4 GPS – Global Positioning System

Η τεχνολογία που βοήθησε στην ανάπτυξη της γεωργίας ακριβείας, ήταν η καθιέρωση του συστήματος παγκόσμιας πλοήγησης (GPS), με βάση ένα σύστημα δορυφόρων που τοποθετήθηκαν σε τροχιά από το αμερικανικό υπουργείο αμύνης .

Το σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης είναι μία μέθοδος για τον καθορισμό των συντεταγμένων με υψηλή ακρίβεια. (Fix et al. 1995). Το σύστημα αυτό είχε τη δυνατότητα καθορισμού θέσης (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος και ύψος) οπουδήποτε στη γη , 24 ώρες ημερησίως , με ακρίβεια μερικών μέτρων (GPS), μέχρι μερικών εκατοστών (DGPS).



Εικόνα 1. σύστημα δορυφόρων GPS

Αρχικά το GPS ήταν λιγότερο αξιόπιστο για το δυναμικό προσδιορισμό θέσης μέσα στον αγρό. Το ελλειπές σύστημα των δορυφόρων τόνισε το πρόβλημα λήψης των σημάτων μέσα από δέντρα και κτίρια και οι πολλαπλές διαδρομές αντανάκλασεων ήταν μια σημαντική αιτία της μικρής ακρίβειας προσδιορισμού θέσης. (Stalord 2000)

Κάθε δορυφόρος έχει ένα ατομικό ρολόι, το οποίο είναι σε διεθνή χρονικά πρότυπα. Ο χρονικός συγχρονισμός από τα κωδικοποιημένα σήματα που διαβιβάζονται από τους δορυφόρους παρέχουν τη βάση του συστήματος, το οποίο επιτρέπει σε έναν επίγειο δέκτη να υπολογίσει τη θέση του από κάθε δορυφόρο που μπορεί να λάβει σήμα. Ο υπολογισμός της θέσεως πάνω στην επιφάνεια της γης γίνεται από τουλάχιστον τρεις δορυφόρους ή και περισσότερους. Τα αναπόφευκτα λάθη μπορούν να μειωθούν από τις διάφορες διορθώσεις (Cox, 2002)

Το σύστημα των δορυφόρων είναι πλήρες και οι δέκτες λαμβάνουν σήματα από 8 έως 12 δορυφόρους. οι περισσότεροι δέκτες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία ακριβείας είναι 12 καναλιών. Κατά συνέπεια, το GPS είναι ένα διαθέσιμο εργαλείο που χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη, διότι υπάρχουν πάντα δυνατότητες βελτίωσης (Stalord 2000).

Οι διορθώσεις για τους μη στρατιωτικούς χρήστες πραγματοποιήθηκαν από τη δημιουργία του συστήματος DGPS. Η λειτουργία του απαιτεί την ύπαρξη ενός σταθμού - δέκτη σε μια γνωστή τοποθεσία, έτσι ώστε να μπορεί να συγκρίνει τις συντεταγμένες της με αυτές που υπολογίζονται από τις δορυφορικές μεταδόσεις. Το σφάλμα μετά μπορεί να διαβιβαστεί μέσω ασύρματης επικοινωνίας στα μηχανήματα στον αγρό (Cox 2002).

Το σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης (GPS) είναι μια καλή τεχνική λύση αλλά κάποιες φορές δημιουργούνται προβλήματα λόγω προσωρινής απώλειας δορυφορικής σύνδεσης και παροχής σήματος. Αυτό προκαλεί μείωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας του (Fiengo et al 2007). Παρακάτω παρουσιάζεται ένα GPS χειρός της εταιρίας Garmin:



1.2.5 RTK GPS

Για εργασίες που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια όπως π. χ. η χαρτογράφηση του τοπογραφικού ανάγλυφου, η ακρίβεια που παρέχεται μέσω των απλών GPS, η οποία είναι μερικών μέτρων, δεν είναι αρκετή. Ακόμα Οι δέκτες GPS που χρησιμοποιούν τη μεθοδολογία DGPS (Differential GPS) μπορούν να φτάσουν βέλτιστα σε ακρίβεια 30cm. Το RTK GPS είναι όργανο υψηλής ακρίβειας μέχρι και 2 εκατοστών του μέτρου. Αποτελείται από ένα σταθερό σταθμό στα όρια του αγρού που λαμβάνει σήμα από τον δορυφόρους και εκπέμπει σήμα προς το δέκτη GPS που κινείται στο χωράφι. Ο δέκτης ροιερ εκτός από τα δεδομένα του σταθερού δέκτη λαμβάνει και τις δικές του μετρήσεις που τις συνδυάζει με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις.

Η επικοινωνία μεταξύ των δυο δεκτών απαιτεί ειδικό λογισμικό το οποίο εγκαθίσταται στους δέκτες καθώς και ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας.

1.2.6 GIS – Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών

Τα επιτεύγματα της τεχνολογίας και της επιστήμης ανοίξαν νέους ορίζοντες, τόσο στην καταγραφή, όσο και στην πρόβλεψη φαινομένων, σε όλες τις φάσεις της λήψης και χρήσεως των πάσης φύσεως πληροφοριών.

Τα δεδομένα αυτά, που παριστάνουν τον πραγματικό κόσμο, μπορούν να αποθηκευτούν και να επεξεργαστούν, έτσι ώστε να παρουσιαστούν αργότερα σε απλούστερες μορφές.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, έχουν αναπτυχθεί ειδικά υπολογιστικά συστήματα και λογισμικά προγράμματα για την επεξεργασία τέτοιων δεδομένων. Τα λογισμικά αυτά προγράμματα ονομάζονται Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών-GIS. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών είναι λογισμικά μέσω των οποίων οι πληροφορίες οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν και τα τέσσερα συστατικά του πλανήτη μας, δηλαδή τη γεώσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα.

Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν :

1. την οργάνωση βάσεων δεδομένων των διαθέσιμων πληροφοριών
2. τη χωροθέτηση των πληροφοριών

3. την εκτέλεση υπολογισμών με συσχετίσεις και αναλύσεις που παλιότερα ήταν αδύνατες να γίνουν .

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούνται από πολύπλοκα λογισμικά προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογισμών και αποτελούνται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- Ένα σύστημα εισαγωγής πληροφοριών και χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει και καταχωρεί όλες τις χωρικές και μη πληροφορίες που προέρχονται από ήδη υπάρχοντες χάρτες και άλλες πηγές αλλά και από τα διάφορα συστήματα τηλεπισκόπησης.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσεων δεδομένων καθώς και ένα σύστημα επεξεργασίας, ανάλυσης και ανάκτησης δεδομένων, τα οποία επεξεργάζονται , αναλύουν και οργανώνουν τα χωρικά και άλλα δεδομένα σε τέτοια μορφή που να δίνεται η δυνατότητα για γρήγορη και λεπτομερή ανανέωση των δεδομένων και επιδιορθώσεις τυχόν λαθών που έχουν πραγματοποιηθεί κατά το σχεδιασμό των βάσεων δεδομένων .
- Ένα σύστημα αναφοράς και εμφάνισης των δεδομένων το οποίο είναι ικανό να δείχνει μέρος ή και ολόκληρη τη βάση δεδομένων καθώς και να διαχειρίζεται τη βάση και τα εξαγόμενα αποτελέσματα από χωρικά πρότυπα και άλλα σε μορφή χάρτη και/η πινάκων.

Τα λογισμικά και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που αποτελούνται από μέρος των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών δεν περιλαμβάνονται στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών αποτελούν το συνδυασμό της αυτοματοποιημένης σχεδίασης με ηλεκτρονικούς υπολογιστές και της τεχνολογίας που έχει αναπτυχθεί για την επεξεργασία των βάσεων δεδομένων.

Οι χάρτες όπου παρουσιάζονταν μέχρι πρόσφατα τα γεωγραφικά δεδομένα χρησιμοποιούν κυρίως σύμβολα, γραμμές, και διάφορα χρώματα, ενώ είχαν και ένα υπόμνημα επεξήγησης. Οι χάρτες αποτελούν αποδοτικό μέσο για την παρουσίαση των πληροφοριών και μια τράπεζα αποθήκευσης των γεωγραφικών δεδομένων.

Επίσης είναι αδύνατο να αλλάξεις τον τρόπο παρουσίασης των χαρτών , καθώς αποτελούν στατιστικές γεωγραφικές εικόνες.

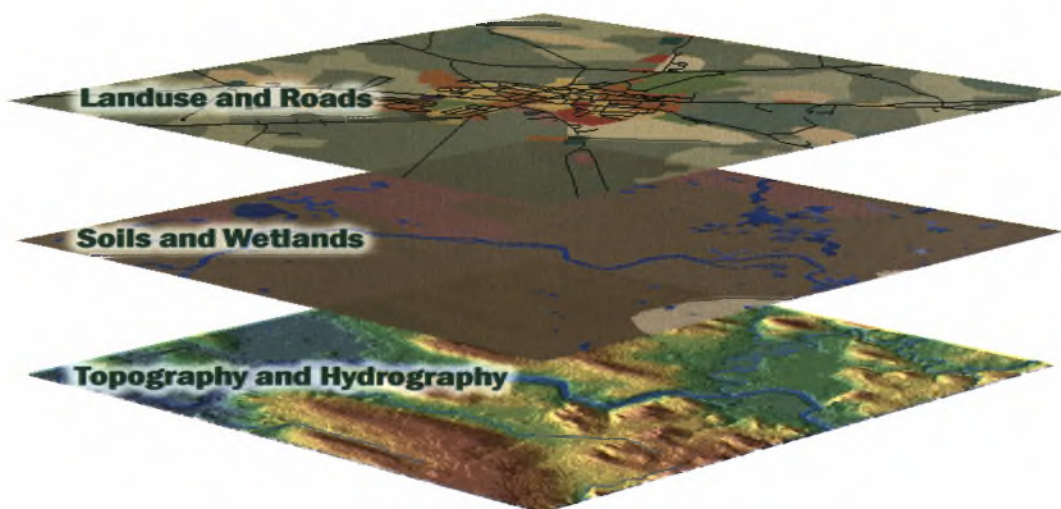
Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών έχουν τη δυνατότητα της δυναμικής παρουσίασης των δεδομένων, σε αντίθεση με τους χάρτες όπου η παρουσίαση είναι στατική.

Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών διαφέρουν από τους συνήθεις τρόπους απεικόνισης δεδομένων, λόγω ότι μπορούν να συνδυάζουν μη όμοια δεδομένα σε μια κοινή βάση δεδομένων. Μπορούν να επεξεργαστούν και να και να οργανώσουν ψηφιακά χαρτογραφικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων.

Με τον όρο βάσεις δεδομένων εννοούμε μια συλλογή σχετικών δεδομένων αποθηκευμένων σε λογισμικά αρχεία και συλλογικά επεξεργαζόμενων, συνήθως σε μορφή πινάκων. Η γεωγραφική βάση δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικές με το ανάγλυφο της επιφάνειας της γης και τα χαρακτηριστικά και τα αντικείμενα που την απαρτίζουν.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων μπορεί να δημιουργηθεί ή να αποκτηθεί, π.χ. μέσω ενός δέκτη GPS προσδιορίζουμε περιοχές σε μια έκταση ή ακόμα και σε ένα αγροτεμάχιο. Έπειτα μπορεί να κατασκευαστεί χάρτης με τη βοήθεια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, ο οποίος θα περιέχει πληροφορίες από την παρατήρηση με το GPS.

Πολλές φορές αεροφωτογραφίες της επιφάνειας της γης από δορυφόρους η αεροσκάφη χρησιμοποιούνται σαν υπόβαθρο για μελέτη και απεικόνιση των χαρακτηριστικών των περιοχών μέσω των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.



Εικόνα 2. απεικόνιση δομής γεωγραφικής βάσης δεδομένων

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των βάσεων δεδομένων είναι:

1. Η γεωγραφική πληροφορία (vector, raster, address, measures, αρχεία CAD κ.λ.π.) αποθηκεύεται συνολικά σε ένα θεματικό επίπεδο. Προσωπικές βάσεις δεδομένων αποθηκεύονται σε περιβάλλον microsoft, ενώ οι βάσεις δεδομένων με πολλούς χρήστες αποθηκεύονται σε IBM DB2, informix, oracle, microsoft access, SQL server.
2. Η γεωγραφική βάση δεδομένων απευθύνεται σε πολλούς χρήστες και δίνεται η δυνατότητα μιας δυναμικής βάσεως δεδομένων. Έτσι πολλοί χρήστες μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν σε κοινή βάση, υπό τον περιορισμό όμως της άδειας διαχείρισης της βάσεως.
3. Η γεωγραφική βάση δεδομένων έχει δυνατότητες διαχείρισης δεδομένων όπως γεωμετρικές εφαρμογές πρόβλεψη φαινομένων κ.α.
4. Το πιο σημαντικό στοιχείο των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι η δυνατότητα υποβολής ερωτημάτων στη γεωγραφική βάση δεδομένων και η λήψη απαντήσεων με γνώμονα την αειφορική διαχείριση του περιβάλλοντος. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης μπορεί να υποβάλλει ερωτήματα και να λαμβάνει απαντήσεις που να αφορούν τα δεδομένα του.

Το πεδίο εφαρμογής των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι πολύ ευρύ και συμπεριλαμβάνονται σε αυτό πολλές επιστήμες, με πολλούς χρήστες και πολλά δεδομένα. Μπορούμε να αναφέρουμε π.χ. τις επιστήμες της τοπογραφίας, της εδαφολογίας, γένεσης ταξινόμησης και χαρτογράφησης εδαφών, χαρτογραφία κ. α. .Χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση, λειτουργία και συντήρηση δικτύων κτηματολόγιο κ. α. .Τα δεδομένα τους είναι κυρίως ψηφιακοί χάρτες, ψηφιακές φωτογραφίες και δορυφορικά δεδομένα.

1.3 Αμπελουργία ακριβείας

Σύμφωνα με τον Bramley (2001) η αμπελουργία ακριβείας είναι η επέκταση εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας σε αμπελώνες και αποτελεί μια συνεχή κυκλική διαδικασία και απαρτίζεται από τα εξής τέσσερα στάδια:

Στο πρώτο στάδιο (στάδιο παρατήρησης) γίνεται χαρτογράφηση της παραγωγής (yield mapping) στον αγρό, με την χρήση οργάνων μέτρησης της παραγωγής και GPS. Στο στάδιο αυτό μπορούμε να αποκτήσουμε γνώση της παραλλακτικότητας της απόδοσης των πρέμων σε ολόκληρη την έκταση του αγρού.

Στο δεύτερο στάδιο (στάδιο ερμηνείας) πραγματοποιείται μελέτη του χάρτη παραγωγής και συσχετίσή του με άλλες χρήσιμες πληροφορίες που λαμβάνονται από δορυφορικές φωτογραφίες, χάρτες εδαφικών ιδιοτήτων (π.χ. αγωγιμότητας, θρεπτικών στοιχείων κ.α.), χάρτες αναγλύφου κ.α. χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό (GIS). Στο τρίτο στάδιο της αμπελουργίας ακριβείας (στάδιο εκτίμησης)

Δημιουργείται ένα σχέδιο διαχείρισης του αγροκτήματος. Το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης του προηγούμενου σταδίου με χρήση του χάρτη παραγωγής και συσχετίσή του με τους άλλους χάρτες, και τη χρήση συστημάτων μεταβλητών εφαρμογών, οδηγώντας τους παραγωγούς σε νέες παρατηρήσεις με διαφορετικά αποτελέσματα .

1.4 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Ηλεκτρική αγωγιμότητα ονομάζεται η ικανότητα ενός υλικού να συμπεριφέρεται ως αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος και συνήθως εκφράζεται σε μονάδες των millisiemens ανά μέτρο (mS m^{-1}). Wrong (Doerge et al 1999).

Ο προσδιορισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) περιλαμβάνει τη φυσική μέτρηση των υλικών (R), η οποία εκφράζεται σε ohms. Η αντίσταση ενός υλικού είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τη διατομική περιοχή του (A), και ανάλογη προς το μήκος του (L). Έτσι, το μέγεθος της μετρούμενης ηλεκτρικής αντίστασης εξαρτάται από τις διαστάσεις του κυττάρου αγωγιμότητας που χρησιμοποιείται, και από τα ηλεκτρόδια. Η ειδική αντίσταση (R_s), είναι η αντίσταση ενός κύβου του δείγματος, με ακμή 1 cm (Rhoades et al , 1999).

Το αντίστροφο της αντίστασης είναι η αγωγιμότητα (C). Εκφράζεται σε αντίστροφη μονάδα των ohms, σε mhos . Όταν εφαρμόζεται η σταθερά του κυττάρου , η μετρούμενη αγωγιμότητα μετατρέπεται σε ειδική αγωγιμότητα, (το αντίστροφο της ειδ. Αντίστασης δηλαδή) στη θερμοκρασία μέτρησης.

Συχνά η ειδική αγωγιμότητα αναφέρεται σαν ηλεκτρική αγωγιμότητα , EC :

$$EC=1/R_s= K/R$$

(Rhoades et al , 1999)

Στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) , η ηλεκτρική αγωγιμότητα αναφέρεται ως Siemens /metre .

1.4.1 Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας χρήσιμος δείκτης της ποιότητας του εδάφους. Επίσης είναι πολύ εύκολο να προσδιοριστεί. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος σχετίζεται με το σύνολο των κατιόντων και των ιόντων που υπάρχουν στο διάλυμα. Γενικότερα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει συσχετισθεί με τον προσδιορισμό της αλατότητας του εδάφους, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέτρο των διαλυτών θρεπτικών κατιόντων και ανιόντων (Smith and Doran ,1996).

Τα άλατα έχουν την ικανότητα να συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα ως καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. (Μήτσιος, 1996). Με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός εδαφικού διαλύματος ή ενός εδαφικού εκχυλίσματος, μπορούμε να ποσοτικοποιήσουμε τις συγκεντρώσεις των διαλυτών αλάτων στο έδαφος.

Όσο η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων αυξάνει στο έδαφος, το εδαφικό διάλυμα γίνεται καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού και η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνεται (Gartley, 1995).

Η αλατότητα του εδάφους μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες και διαδικασίες του εδάφους. Τα περισσότερα εδάφη χαρακτηρίζονται ως ελαφρά αλατούχα, όταν η EC του εδαφικού εκχυλίσματος του πολλού υπερβαίνει τα 2 dS m^{-1} , η οποία ισοδυναμεί με την τιμή EC ενός μίγματος εδάφους – ύδατος σε αναλογία 1:1. Οι τιμές της ECc του εδάφους κυμαίνονται από $1,0 - 3,2 \text{ dS m}^{-1}$ για τα ευαίσθητα στα άλατα, από $2,7 - 8,0 \text{ dS m}^{-1}$ για τα ανθεκτικά στα άλατα (Smith and Doran, 1996).

Η ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών στα άλατα ποικίλει, με τους ακτινομύκητες και τους μύκητες να είναι περισσότερο ανθεκτικοί σε σχέση με τα περισσότερα βακτήρια. (Smith and Doran, 1996). Βακτηριακές διεργασίες όπως η νιτροποίηση και απονιτροποίηση είναι περισσότερο ευαίσθητες στην EC του εδάφους και επηρεάζονται σημαντικά από αυτήν, σε ένα εύρος τιμών από $0,6$ έως $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

1.4.2 Φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (ECa)

Φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ECa ονομάζεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα της μάζας του εδάφους, η οποία προσδιορίζεται στον αγρό (Rhoades et al 1999).

Τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται μέσω του ύδατος του εδάφους, εντός των μεγάλων πόρων, κατά μήκος των ορυκτών του εδάφους (ανταλλάξιμα ιόντα), και μέσω των εναλλασσόμενων στρωμάτων των εδαφικών τεμαχιδίων και του εδαφικού διαλύματος (Rhoades et al 1989). Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την παραλλακτικότητα της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, όπως αυτοί που αναφέρονται στην περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους, στη συσσωμάτωση του εδάφους, τους ηλεκτρολύτες του νερού του εδάφους και την αγωγιμότητα των ορυκτών.

Αν και υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραλλακτικότητα της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους, οι μετρήσεις της ECa, έχουν συσχετισθεί με παράγοντες που περιορίζουν τη γονιμότητα του εδάφους, όπως η αλατότητα. (Rhoades and Corwin, 1981)

Ο προσδιορισμός της ECa αποτελεί μια από τις απλούστερες και οικονομικότερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται σήμερα στη γεωργία ακριβείας. Γίνεται κατευθείαν στον αγρό, ενώ οι συσκευές μέτρησης της ECa με τη βοήθεια GPS, δίνουν μετρήσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή χαρτών μέσω διαφόρων λογισμικών (GIS). Η ECa ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας (Doerge et al 1999). Η παραλλακτικότητα της παραγωγής είναι πιθανόν να οφείλεται στην παραλλακτικότητα όλων αυτών των παραγόντων. Έτσι, η χαρτογράφηση της ECa σε έναν αγρό πιθανόν να καταγράφει την παραλλακτικότητα του εδάφους (Μαρκινός et al, 2003).

1.4.3 Μέθοδοι προσδιορισμού ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Οι εργαστηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι :

- Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα του πολτού (εκχύλισμα κορεσμού) ενός εδαφικού διαλύματος, με τη βοήθεια ηλεκτρικού αγωγιμόμετρου, η οποία συμβολίζεται ως ECe.
- Μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ενός υδατικού εκχυλίσματος εδάφους, με σταθερή αναλογία εδαφικού δείγματος – αποσταγμένου ύδατος, με τη βοήθεια ηλεκτρικού αγωγιμόμετρου, η οποία συμβολίζεται EC1:1, EC1:2 (Gartley, 1995)

Προσοχή πρέπει να δίνεται στη βαθμονόμηση του αγωγιμομέτρου, το οποίο βαθμονομείται με διάλυμα άλατος (Smith and Doran, 1996).

1.4.4 Μέθοδοι προσδιορισμού της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa)

Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους προσδιορίζεται με δύο τρόπους:

- Μέτρηση της ECa με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή
- Μέτρηση της ECa με ηλεκτρόδια επαφής

Και οι δύο μέθοδοι εφαρμόζονται επί του αγρού με ειδικούς αισθητήρες , εύκολα και συνήθως για τη δημιουργία χαρτών της ECa του εδάφους σε κάθε περιοχή μελέτης (Doerge et al , 1999).

Οι έρευνες που στηρίζονται στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή πραγματοποιούνται με την εισαγωγή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στα γεωλογικά υλικά, χρησιμοποιώντας μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους αλλά δεν κάνει φυσική επαφή. Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που προκαλεί το εναλλασσόμενο ρεύμα μετριέται από έναν αισθητήρα-συσκευή. Η ένταση του δευτεροβάθμιου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου είναι άμεσα ανάλογη προς την φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (Doerge et al, 1999).

Οι έρευνες που πραγματοποιούνται με τα ηλεκτρόδια επαφής περιλαμβάνουν συσκευές που διοχετεύουν ηλεκτρικό ρεύμα στο έδαφος μέσω μεμονωμένων μεταλλικών ηλεκτροδίων που εισχωρούν στην επιφάνεια του εδάφους. Οι συσκευές αυτές μετρούν άμεσα την πτώση τάσης μεταξύ μιας πηγής ηλεκτρικού ρεύματος και ενός ηλεκτροδίου αισθητήρα.

Και οι δύο μέθοδοι δίνουν παρόμοια αποτελέσματα (Doerge et al , 1999).

1.4.5 Αισθητήρες μέτρησης ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Βασικό εργαλείο προσδιορισμού της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι ο αισθητήρας EM38 του οίκου geonics limited. Ο αισθητήρας έχει στα δύο άκρα του δύο πηνία (πομπός-δέκτης) τα οποία απέχουν μεταξύ τους απόσταση ενός μέτρου και λειτουργεί σε συχνότητα 14,6 kHz τροφοδοτούμενος από μπαταρία 9V (McNeill, 1992). Η λειτουργία του βασίζεται στην παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος, το

οποίο παράγεται από ένα μικρό πηνίο-πομπό το οποίο βρίσκεται στην πίσω άκρη του οργάνου. Με την είσοδο του παραγόμενου ρεύματος στο έδαφος δημιουργείται ένα πρωτεύον μαγνητικό πεδίο το οποίο με τη σειρά του παράγει ηλεκτρικό ρεύμα μικρότερης έντασης. Το παραγόμενο αυτό ρεύμα δημιουργεί ένα μικρότερο δευτερεύον μαγνητικό πεδίο. Τα δύο αυτά μαγνητικά πεδία λαμβάνονται από ένα δεύτερο πηνίο-δέκτη το οποίο βρίσκεται στο πρόσθιο μέρος του οργάνου. Η αναλογία του πρωτεύοντος με το δευτερεύον μαγνητικό πεδίο είναι μια γραμμική συνάρτηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (Geonics Limited, 2006). Πριν την έναρξη των μετρήσεων προηγείται βαθμονόμηση του οργάνου. Ο αισθητήρας έχει τη δυνατότητα μέτρησης τόσο στην κάθετη θέση λειτουργίας (η μικρή πλευρά του προς τα κάτω) όσο και στην οριζόντια θέση (η μεγάλη πλευρά παράλληλη προς την επιφάνεια του εδάφους). Στην κάθετη θέση έχει δυνατότητα μέτρησης της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε βάθος 1,5 μέτρων ενώ στην οριζόντια θέση η ικανότητα μέτρησης φτάνει τα 0,75 μέτρα. Η ένδειξη της ECa που καταγράφεται με τον αισθητήρα αποτελεί το μέσο όρο των τιμών της ECa μιας κάθετης τομής του εδάφους. Οι τιμές των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του αισθητήρα καταγράφονται είτε σε data logger είτε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ενώ υπάρχει και η δυνατότητα σύνδεσης με GPS ώστε να καθίσταται δυνατή και η καταγραφή της θέσης κάθε σημείου μέτρησης (McNeill, 1992).

Το EM 38 έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με GPS. Με τη σύνδεση και με ηλεκτρονικό υπολογιστή έχουμε τη δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης των τιμών της ECa και των συντεταγμένων κάθε σημείου του χωραφιού. Δημιουργείται έτσι ένα αρχείο με τα δεδομένα του αγρού, το οποίο χρησιμοποιείται για την αποτύπωση των δεδομένων σε χάρτη που απεικονίζει τη φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του χωραφιού.



Εικόνα 3. EM38 του οίκου Geonics

1.5 Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης – NDVI

Η διάγνωση της βλάστησης γίνεται από την φωτοσυνθετική διαδικασία και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης έχουν άμεση σχέση με τις φυσικές και βιολογικές διεργασίες στη γη σε όλα τα επίπεδα. Τα πρότυπα πρόβλεψης της παραγωγής που χρησιμοποιούνται περιέχουν δείκτες βλάστησης όπως το NDVI.

$$\text{NDVI} = (\text{NIRreflected} - \text{REDreflected}) / (\text{NIRreflected} + \text{REDreflected})$$

Όπου NIR και RED είναι οι φασματικές αντανάκλασεις του υπέρυθρου και του ερυθρού φωτός αντίστοιχα (Bro – Jorgensen et al 2007).

Το NDVI είναι μια αντίθεση των ερυθρών και των υπέρυθρων φασματικών μετρήσεων και χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι ιδιότητες της πράσινης βλάστησης, όπως ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας και η βιομάζα, μιας και έχει άμεση σχέση με τις φωτοσυνθετικές ιδιότητες της βλάστησης. Πιο απλά, μας δείχνει κατά πόσο τα φυτά είναι υγιή ή ασθενούν. Είναι ένα χρήσιμο μέτρο πολλών ιδιοτήτων της βλάστησης και έχει πολλές εφαρμογές, όπως π.χ. τα ποσά του αζώτου της καλλιέργειας. Αναγνωρίζει πόσο πράσινο είναι το φυτό και παίρνει τιμές από -1 έως 1, στις γεωργικές καλλιέργειες (Phillips et al, 2008).

Το NDVI συσχετίζεται με τη βιομάζα στα διάφορα σημεία του αγρού. Αν διαιρέσουμε το NDVI με τον αριθμό των ημερών από τη σπορά ή το φύτεμα μπορούμε να εκτιμήσουμε τη βιομάζα που παράγεται ανά ημέρα, το οποίο είναι το ποσοστό αύξησης και συσχετίζεται με την τελική δυνατότητα παραγωγής.

1.5.1 Αισθητήρες μέτρησης NDVI

Το NDVI μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας διάφορους αισθητήρες, όπως green seeker, crop circle

1.5.1.1 Crop Circle

Το crop circle είναι ένα εργαλείο διαχείρισης του αζώτου, το οποίο μπορεί να δώσει σημαντικά οικονομικά αποτελέσματα στον παραγωγό. Ο αισθητήρας crop

circle χρησιμοποιεί μια ενεργή πηγή φωτός και έναν αισθητήρα για το NIR(υπέρυθρο) και το NAR (ορατό) φώς που ανακλώνται από τα φυτά για να υπολογίσει το συντελεστή ανάκλασης του φυτού και με βάση αυτόν, τη βιομάζα και την κατάσταση του αζώτου. Μπορεί να σκανάρει τα φυτά και να προσδιορίσει μια μεταβλητή ποσότητα αζώτου για να εφαρμοστεί σε πραγματικό χρόνο. Τοποθετείται επάνω στο λιπασματοδιανομέα ή τον ελκυστήρα και κάθε φορά που γίνεται ένα πέρασμα δημιουργείται ένας χάρτης που παρουσιάζει τη παραλλακτικότητα του αζώτου στον αγρό. Ο χάρτης αυτός χρησιμοποιείται για την εφαρμογή διαφορετικής ποσότητας λιπάσματος ανά μονάδα επιφάνειας. Με το crop circle μπορεί να ρυθμιστεί να δοθεί η κατάλληλη δόση αζώτου στα φυτά.

ΤΥΠΟΙ Crop Circle

Crop circle ACS 210

Ο αισθητήρας Crop circle ACS 210 παρέχει στοιχεία βασικών φυτικών δεικτών καθώς και βασικές πληροφορίες του συντελεστή ανάκλασης φωτός από την κόμη των φυτών. Οι πληροφορίες που παίρνονται από τον αισθητήρα χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί η επίδραση των θρεπτικών ουσιών, του νερού, των ασθενειών ή άλλων συνθηκών αύξησης – ανάπτυξης που προκαλούν καταπόνηση στα φυτά .

Crop circle ACS – 470 multi –spectral crop canopy sensor

Αυτός ο αισθητήρας παρέχει τα κλασικά στοιχεία φυτικών δεικτών και τις βασικές πληροφορίες του συντελεστή ανάκλασης του φωτός. Σε αντίθεση με άλλους αισθητήρες δεν περιορίζεται από τις συνθήκες φωτός που επικρατούν καθώς διαθέτει μοναδική τεχνολογία πηγής φωτός .

Crop circle hand held system

Το φορητό αυτό σύστημα Crop circle είναι ένα φορητό και εύχρηστο όργανο που είναι ιδανικό για εργασία σε πειραματικά τεμάχια και για την χαρτογράφηση αγρών. Το βάρος του είναι μόνο 4 κιλά .

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ Crop circle

Crop circle mapping system

Το σύστημα χαρτογράφησης Crop circle συλλέγει στοιχεία σχετικά με τη βιομάζα των φυτών ή στοιχεία εδάφους σε πραγματικό χρόνο. Τα στοιχεία που συλλέγονται παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τη ζωτικότητα των φυτών και τη χωρική παραλλακτικότητα. Τα χαρακτηριστικά του είναι :

- Λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο.
- Υποστηρίζει 1 ή πολλούς αισθητήρες (1 – 8)
- Αποθηκεύει στοιχεία έως 1 gigabyte σε κάρτα SD
- Υποστηρίζει 1 HZ ή 5 HZ αισθητήρες GPS
- Τα στοιχεία καταγράφονται με τη μορφή αρχείου CSV

Crop circle mapping / VRT system

Το αποτέλεσμα της εκτίμησης που κάνουν οι αισθητήρες για τις συνθήκες της καλλιέργειας , καλείται εικονική αναφορά StripTM (VRS), και δεν περιορίζεται μόνο στη λίπανση, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σχεδόν οποιονδήποτε τύπο αγροχημικού, χρησιμοποιώντας μια ανταπόκριση βασισμένη στα στοιχεία ενός ή περισσότερων αισθητήρων .



Εικόνα 4.Crop circle

1.5.1.2 Green Seeker

Το Green Seeker είναι ένα σύστημα Variable Rate Application και χαρτογράφησης και παρέχει στοιχεία σε πραγματικό χρόνο ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Τα στοιχεία είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για χάρτες βιομάζας των καλλιεργειών, δημιουργία ζωνών διαχείρισης, προσδιορισμό παρασίτων και ασθενειών, αξιολόγηση της αποδοτικότητας των συστημάτων στράγγισης, έλεγχο και τροποποίηση των προγραμμάτων άρδευσης, καθορισμός των βέλτιστων ημερομηνιών συγκομιδής και Variable Rate Application. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της δυνατότητας παραγωγής.

Το Green Seeker είναι ένας φορητός αισθητήρας, τοποθετημένος επάνω σε ένα βραχίονα. Στο κάτω μέρος του αισθητήρα υπάρχει η πηγή του φωτός και περνώντας πάνω από τα φυτά καθορίζεται πόσο πράσινα είναι. Μετρά την αντανάκλαση από το φυτό και υπολογίζει το NDVI χρησιμοποιώντας το ερυθρό και το υπέρυθρο φως (RED and NIR) (Arnall et al 2006). Η χλωροφύλλη κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης απορροφά το ερυθρό φως ως πηγή ενέργειας. Έτσι τα υγιή φυτά απεικονίζουν μεγαλύτερα ποσά ερυθρού φωτός από εκείνα που ασθενούν ή βρίσκονται κάτω από κάποιο στρες.

Το Green Seeker μπορεί να λειτουργήσει κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες όπως επίσης και με ή χωρίς τη χρήση GPS. Μπορεί να παράγει ένα χάρτη ζωτικότητας της καλλιέργειας , χάρτες εφαρμογής και χάρτες NDVI, μέσω των οποίων μπορούμε να προσδιορίσουμε τις προβληματικές περιοχές του αγρού που χρήζουν διαφορετικής αντιμετώπισης και εισροών.

Το Green Seeker μπορεί να εκτιμήσει την κατάσταση της καλλιέργειας και να εφαρμόσει στην καλλιέργεια διαφορετικές ποσότητες αζώτου σε διαφορετικά σημεία του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας .

ΤΥΠΟΙ Green Seeker

Green Seeker RT200

Οι αισθητήρες Green Seeker RT200 είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στο βραχίονα του ψεκαστικού ή στο γεωργικό ελκυστήρα και όπως περνάει από το χωράφι το

RT200 παίρνει μετρήσεις NDVI δίνοντας εντολή για να ψεκαστεί η επιφάνεια και επιτρέποντας τη μεταβλητή εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων στο έδαφος .

Η λειτουργία του Green Seeker RT200 περιλαμβάνει :

- Ο αισθητήρας σκανάρει το φυτό χρησιμοποιώντας τις πηγές φωτός του
- Αναγνωρίζει τη ζωτικότητα των φυτών
- Προβλέπει τη δυνατότητα παραγωγής
- Ορίζει τη βέλτιστη ποσότητα αζωτούχου λίπανσης και το μεταβλητό ποσοστό που πρέπει να εφαρμοστεί

Άλλοι τύποι Green Seeker είναι το Green Seeker RT220 και το Green Seeker RT100 . Τέλος το Green Seeker hand held είναι ένα εργαλείο που παρέχει χρήσιμα δεδομένα σχετικά με το NDVI, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν την ανταπόκριση βασικών θρεπτικών συστατικών, τις συνθήκες συγκομιδής, την δυνατότητα παραγωγής, την προσβολή από παράσιτα. Τα στοιχεία που συλλέγονται από τον αισθητήρα μπορούν να μεταφερθούν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Με το Green Seeker hand held μπορούμε :

- Να προβλέψουμε την παραγωγή στη μέση της περιόδου, διαιρώντας το δείκτη NDVI από τον αριθμό των ημερών από τη φύτευση μέχρι εκείνη τη στιγμή.
- Να προσδιορίσουμε τη χωρική παραλλακτικότητα σε κάθε 0,4 m² χρησιμοποιώντας το συντελεστή παραλλακτικότητα (CV) από τις αναγνώσεις του NDVI.

1.6 Αμπέλι

1.6.1 Γενικά

Το αμπέλι, ή *κλήμα* είναι αγγειόσπερμο φυτό, ανήκει στην τάξη των Ραμνωδών και στην οικογένεια των Αμπελοειδών, με πολλές ποικιλίες που καλλιεργούνται στις εύκρατες περιοχές της γης. Το αμπέλι καλλιεργείται κυρίως για τον καρπό του, το σταφύλι, ενώ και τα φύλλα του χρησιμοποιούνται στη μαγειρική (ντολμάδες). Τα σταφύλια μπορούν να καταναλωθούν ως έχουν ή να χρησιμοποιηθούν είτε για γλυκίσματα (γλυκό του κουταλιού) είτε για την παρασκευή σταφίδων, κρασιού, άλλων οινοπνευματωδών ποτών όπως το τσίπουρο και τελικά οινοπνεύματος (αιθανόλης).

Συμφωνά με την ελληνική μυθολογία, ο Στάφυλος ήταν γιος του Διονύσου και της Αριάδνης. Σε άλλο μύθο ο Στάφυλος ήταν βοσκός του βασιλεία της Αιτωλίας Οινέα. Καθώς έβοσκε τις κατσίκες του, παρατήρησε ότι μια από αυτές τρώγοντας συνέχεια ένα συγκεκριμένο καρπό πάχαινε περισσότερο από τις άλλες. Μάζεψε τότε αρκετούς και τους πρόσφερε στον βασιλιά του. Εκείνος παρασκεύασε ένα χυμό τον οποίο ονόμασε "οίνο", στον δε καρπό έδωσε το όνομα του βοσκού του (σταφύλι).

Το αμπέλι και η οικογένεια του ήταν γνωστά από την παλαιολιθική εποχή. Φαίνεται όμως από πηγές ότι η χρήση του καρπού της αμπέλου από τον άνθρωπο, άρχισε από την 7^η π. Χ. χιλιετία, δηλαδή από τις αρχές της Νεολιθικής περιόδου, στις περιοχές του Καυκάσου (Νικολάου, 2008).

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, η πρώτη καλλιέργεια αμπελιού έγινε στην Κρήτη, ενώ για κάποιους άλλους στη Θράκη και χρονολογούνται γύρω στο 1.000 π. Χ. Ο Όμηρος αναφέρεται στο αμπέλι και το κρασί με τις ονομασίες *οίνη*, *Οινόη*, *οινιάδα* και άλλα, ενώ κατά την εποχή του η αμπελοκαλλιέργεια είχε επεκταθεί, γεγονός που φαίνεται και από την ονομασία πολλών πόλεων και νησιών που σχετίζεται με την άμπελο.

Η καλλιέργεια του αμπελιού ξεκίνησε με τις μεταναστεύσεις λαών που κατοικούσαν στην νότια περιοχή του Καυκάσου στις ακτές της Ανατολικής Μεσογείου, περί την 5^η χιλιετία π. Χ.. Η καλλιέργεια εξαπλώθηκε αρχικά στη

Μεσοποταμία, στην Αίγυπτο και στην Ελλάδα και συνεχίστηκε σε βορειότερες χώρες. Στην αμερικάνικη ήπειρο πέρασε περίπου το 1600 μ. Χ. με την άφιξη των πρώτων αποίκων, ενώ στην Βόρεια Αμερική εμφανίστηκαν υβρίδια με ενδημικά είδη *Vitis* της περιοχής. Τα υβρίδια αυτά σήμερα είναι γνωστά ως αμερικάνικα είδη και χρησιμοποιούνται ευρέως ως υποκείμενα (Στουγιάννης, 2009).

Στις αρχές του 18ου αιώνα έφτασαν να καλλιεργούνται στην Αγγλία και στη Γαλλία. Όμως τα αμπέλια αυτά προσβλήθηκαν από διάφορες άλλες ασθένειες που κατέστρεψαν το 70% των καλλιεργειών. Η λύση δόθηκε με τον εμβολιασμό άγριων αμερικάνικων αμπελιών και τη δημιουργία ανθεκτικών υβριδίων.

Το αμπέλι είναι πολυετές φυτό το οποίο ανήκει στην Οικογένεια *Vitaceae* με χαρακτηριστικό ξυλώδη αναρριχώμενο βλαστό, που λέγεται πρέμνο .

Ο κορμός του έχει πολλαπλές διακλαδώσεις και αρκετούς βραχίονες και βλαστάρια διάφορων ηλικιών που αυξάνονται από την κορυφή τους.

Τα φύλλα του αμπελιού είναι μεγάλα, παλαμοειδή και φύονται από το βλαστό με ένα μίσχο. Το σχήμα τους είναι χαρακτηριστικό και παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με την ποικιλία και το είδος, όπως διαφορές παρουσιάζει το χρώμα, το χνούδι στην κάτω επιφάνεια και το μέγεθος. Τα άνθη του είναι μικρά, πράσινου χρώματος που φύονται σε ταξιανθίες σύνθετου βότρυ. Οι οφθαλμοί της αμπέλου απαντώνται στις μασχάλες των φύλλων και με την έναρξη της βλάστησης εμφανίζονται δύο οφθαλμοί, ένας ταχυφυής και ένας λανθάνων ανα κόμβο. Ο καρπός που προκύπτει κατά την ωρίμανσή τους (σταφύλι) είναι ράγα και έχει, ανάλογα με την ποικιλία, διάφορα σχήματα και χρώματα (Ζαρμπούτης και Τσιβεριώτου, 2003). Παρακάτω στη φωτογραφία φαίνεται μια καλλιέργεια αμπελιού:



1.6.2 Προϊόντα της αμπέλου

- Επιτραπέζια σταφύλια: αποτελούνται από ποικιλίες της αμπέλου παράγουν σταφύλια τα οποία χρησιμοποιούνται για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο ως νωπά φρούτα. Τα νωπά σταφύλια περιέχουν σάκχαρα σε μεγάλες ποσότητες, ανόργανα άλατα και βιταμίνες με πολύ σημαντικές διατροφικές ιδιότητες. Επίσης υψηλή είναι η περιεκτικότητά τους σε φαινολικές ενώσεις που διαθέτουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και βακτηριοστατικές ιδιότητες.
- Σταφίδες: Οι σταφίδες παράγονται με αποξήρανση από σταφύλια υψηλής περιεκτικότητας σε σάκχαρα, τα οποία έχουν ράγες μικρού μεγέθους, συνήθως χωρίς σπόρους και με λεπτό φλοιό και δίνουν τη δυνατότητα κατανάλωσης των καρπών όλο το χρόνο.
- Οίνος: Ο οίνος είναι προϊόν της αλκοολικής ζύμωσης του χυμού της σταφυλής, ο οποίος ονομάζεται γλεύκος ή μούστος. Η αλκοολική ζύμωση είναι η ενζυμική μετατροπή των σακχάρων του γλεύκους σε αιθυλική αλκοόλη με τη βοήθεια ζυμομυκήτων της επιφάνειας του φλοιού των ραγών του σταφυλιού.
- Οξικό οξύ: Το λεγόμενο μαγειρικό ξύδι παράγεται με τη βοήθεια των οξοποιητικών βακτηρίων τα οποία μετατρέπουν την αιθυλική αλκοόλη σε οξικό οξύ.



1.6.3 Κύκλος βλάστησης

Ο κύκλος βλάστησης της αμπέλου διαρκεί ένα χρόνο .Στο διάστημα αυτό το φυτό περνά από διάφορα στάδια ανάπτυξης. Κατά την έναρξη της ανοίξεως εμφανίζεται η φάση της αύξησης που διαρκεί μέχρι την ωρίμανση του φορτίου. Ακολουθεί η φάση της χειμερίας ανάπαυσης με την έναρξη της πτώσεως των φύλλων. Η δεύτερη και τελευταία φάση διαρκεί μέχρι την επόμενη έναρξη της βλάστησης. Ενδιάμεσα των δύο φάσεων παρουσιάζονται η φάση της διακίνησης των αποθησαυριστικών ουσιών και η φάση του αποθησαυρισμού. Η φάση της αναπαραγωγής διεξάγεται μεταξύ των δύο διαδοχικών ετήσιων κύκλων του φυτού. Η φάση της αύξησης περιλαμβάνει την έκπτυξη των οφθαλμών , την άνθηση, την καρπόδεση και την ωρίμανση του φορτίου

(Ζαρμπούτης και Τσιβεριώτου, 2003). Η ωρίμανση του φορτίου περιλαμβάνει την αύξηση των ραγών ως προς το μέγεθος, το βάρος, τον όγκο και την αλλαγή ως προς την περιεκτικότητα σε σάκχαρα της σάρκας τους.

1.6.4 Ποικιλίες

- Επιτραπέζιες: περιλαμβάνει τις ποικιλίες Βικτώρια, Ραζακί, Σουλτανίνα, Μοσχάτο Αμβούργου, Ριμπιέ, Ιτάλια, Κάρντιναλ
- Οινοποιήσιμες: Για την παραγωγή λευκών κρασιών έχουμε ενδεικτικά το Μοσχάτο Αλεξάνδρειας, Σαββατιανό, Ασύρτικο, Αθήρι, Ροδίτης μοσχοφίλερο, Βηλάνα, Ρόμπολα.
Για την παραγωγή ερυθρών οίνων ενδεικτικά έχουμε το Λιατικό, τη Μανδηλαριά, το Αγιωργίτικο, μαυροδάφνη, Κοτσιφάλι, cabernet sauvignon, cabernet franc
- Σταφιδοποιίας: Χρησιμοποιείται η Σουλτανίνα για λευκές ξηρές σταφίδες και η Κορινθιακή σταφιδάμπελος για ερυθρές .

1.6.5 Λίπανση

Η λίπανση επηρεάζει σημαντικά την απόδοση και την ποιότητα της σταφυλικής παραγωγής της αμπέλου. Η άμπελος για να ολοκληρώσει τον βιολογικό της κύκλο και να παράγει μια ικανοποιητική απόδοση σταφυλιών υψηλής ποιότητας έχει ανάγκη από ορισμένα ανόργανα θρεπτικά στοιχεία τα σπουδαιότερα των οποίων είναι το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, και το θείο αλλά και διάφορα μικροστοιχεία (Ρούμπος 1996).

Άζωτο

Το άζωτο είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία και επηρεάζει τόσο στην αύξηση και την ανάπτυξη των πρέμων όσο και στην απόδοση και ποιότητα των σταφυλιών (Ρούμπος 1996). Όταν το φυτό δεν διατρέφεται σωστά με άζωτο τα φύλλα κιτρινίζουν και η παραγωγικότητα μειώνεται (Ζαρμπούτης και Τσιβεριώτου, 2003).

Η κανονική θρέψη της αμπέλου με άζωτο επιτρέπει τη γρήγορη αύξηση των κληματίδων και την δημιουργία πράσινων και μεγάλων φύλλων καθώς και την ευρωστία των πρέμων που συνεπάγεται μεγαλύτερη απόδοση. Ενώ η υπερβολική λίπανση με άζωτο ευνοεί την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών, επιβραδύνει την έκπτυξη των οφθαλμών , παρατείνει την ανάπτυξη της βλάστησης και επιβραδύνει τη φυλλόπτωση. Αυξάνονται οι ανάγκες σε νερό και ευνοείται η τροφοπενία καλίου . Επίσης μειώνεται η ποιότητα των σταφυλιών (Ρούμπος 1996).

Φώσφορος

Ο φώσφορος είναι δυσκίνητο στοιχείο και διατηρείται μέσα στο έδαφος για μεγάλο χρονικό διάστημα, οπότε είναι διαθέσιμος στα φυτά. Σε περίπτωση έλλειψης του παρατηρούμε μείωση του ριζικού συστήματος και της ευρωστίας των πρέμων, μείωση του φυλλώματος και καθυστέρηση της ωρίμανσης (Ρούμπος 1996).

Κάλιο

Το κάλιο είναι πολύ σημαντικό θρεπτικό στοιχείο για τη θρέψη της αμπέλου , βελτιώνοντας την ποιότητα των σταφυλιών. Παίζει πρωτεύοντα ρόλο στην πρωτεϊνοσύνθεση, στην κυτταροδιαίρεση, στη σύνθεση και διακίνηση των υδατανθράκων, στην ωρίμανση του ξύλου κ. α. (Ζαρμπούτης και Τσιβεριώτου, 2003). Προάγει την αύξηση των πρέμων, αυξάνει την αντοχή σε παγετούς, βελτιώνει τη γονιμότητα των οφθαλμών, επιταχύνει την έναρξη της ωρίμανσης, αυξάνει το μέγεθος των ραγών και την καρπόδεση (Ρούμπος 1996).

Μαγνήσιο

Συντελεί στη βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών (Ταγαράκης 2008)

ΜΙΚΡΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Χαλκός

Συμμετέχει στη φωτοσύνθεση και την αναπνοή (Ρούμπος 1996).

Μαγάνιο

Συντελεί στο σχηματισμό χλωροφύλλης στα φύλλα (Ρούμπος 1996).

Ψευδάργυρος

Επηρεάζει την αύξηση και την καρποφορία των φυτών ενώ παράλληλα συμμετέχει και στη σύνθεση πολλών ενζύμων (Ρούμπος 1996).

1.6.6 Άρδευση

Τα πρέμνα έχουν ανάγκη ορισμένης ποσότητας ύδατος κατά το βιολογικό τους κύκλο. Περίσσεια νερού μπορεί να προκαλέσει ασφυξία στις ρίζες, καθώς και υπερβολική βλάστηση σε βάρος της καρποφορίας, ενώ η έλλειψη νερού οδηγεί σε μείωση του ρυθμού αύξησης των βλαστών και σε μείωση του όγκου των ραγών. Τις μεγαλύτερες ανάγκες σε νερό, τις έχουν τα πρέμνα κατά την περίοδο ης καρπόδεσης και μέχρι το γυάλισμα των ραγών. Τα συμπαγή εδάφη έχουν ανάγκη περισσότερου νερού από ότι τα αμμώδη. Η άρδευση του αμπελιού γίνεται κυρίως με τη δημιουργία λάκκων αβαθών ενδιάμεσα στις γραμμές των πρέμνων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η τεχνητή βροχή. Το αρδεύσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει άλατα και θα πρέπει να είναι χαμηλής σκληρότητας.

1.6.7 Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή

Στην αμπελουργία οι καλλιεργητικές φροντίδες και μεταχειρίσεις έχουν μεγάλη επίδραση στην παραγωγή. Η παραγωγικότητα των πρέμνων εξαρτάται κυρίως από την ανθοφορία και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθοφορία είναι το φως η, η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια και η υγρασία. Επίσης σημαντικό ρόλο στην ανθοφορία παίζει η αζωτούχος και η καλιούχος λίπανση.

1.6.8 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Η ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών είναι κομβικής σημασίας για τη σύγχρονη αμπελοκαλλιέργεια. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων σταφυλιών αναφέρονται στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, στην περιεκτικότητά τους σε οξέα και στη χρώση τους .

Περιεκτικότητα σε σάκχαρα

Υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα θεωρείται επιθυμητό χαρακτηριστικό .Τα βασικότερα σάκχαρα που συναντούμε είναι η φρουκτόζη και η γλυκόζη (Σταύρακας 1997).

Περιεκτικότητα σε οξέα

Τα οξέα που περιέχονται στα σταφύλια διακρίνονται σε ανόργανα και οργανικά . Τα βασικότερα ανόργανα οξέα είναι το θειικό , το υδροχλωρικό και το φωσφορικό . Τα κυριότερα οργανικά είναι το μηλικό και το τρυγικό οξύ (Σταύρακας 1997) .

Χρώση

Σημαντική επίδραση στη χρώση των σταφυλιών παίζει η σωστή αζωτούχος λίπανση. Υπερβολική αζωτούχος λίπανση δεν δίνει ικανοποιητική χρώση ενώ μειωμένο άζωτο δίνει πρόωρη χρώση . Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν η ηλιοφάνεια , η θερμοκρασία και η θερμοπερίοδος. Τόσο οι υψηλές όσο και οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν αρνητική επίδραση στη χρώση των σταφυλιών (Σταύρακας 1997). Το ίδιο ισχύει και με την ακτινοβολία .

1.6.9 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα

Οι κύριοι συντελεστές που επιδρούν άμεσα στην ποιότητα των προϊόντων της αμπέλου είναι το κλίμα, η ποικιλία της αμπέλου το έδαφος και οι καλλιεργητικές φροντίδες .

Η άμπελος είναι ένα φυτό που μπορεί και αναπτύσσεται σε ένα ευρύ φάσμα εδαφικών τύπων, από αβαθή εδάφη μικρής γονιμότητας, επικλινή, μέχρι σε γόνιμα εδάφη με μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του εδάφους που καθορίζουν την καταλληλότητα ενός εδάφους για την εγκατάσταση ενός αμπελώνα και τη σωστή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των πρέμνων, που καθορίζει και την παραγωγικότητά τους, είναι η διαθεσιμότητα νερού στο φυτό από το έδαφος και ο καλός αερισμός του εδάφους (Hamblin, 1985). Και η καλή στράγγιση . Σύμφωνα με το (Ρούμπος, 1996) τέτοια εδάφη είναι τα αμμοχαλικώδη ελαφράς σύστασης και χαμηλής γονιμότητας εδάφη, τα οποία προσφέρονται για ποιοτική αμπελουργία . Όπως επίσης και τα μέσης σύστασης εδάφη είναι ιδανικά για ποιοτική αμπελουργία. Εδάφη βαριάς σύστασης δεν συνιστώνται. Το ανθρακικό ασβέστιο συντελεί στη βελτίωση της ποιότητας των σταφυλιών αυξάνοντας την περιεκτικότητα του χυμού των σταφυλιών σε σάκχαρα και αρωματικές ουσίες (Ρούμπος, 1996).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του εδάφους που επιδρά στην ανάπτυξη της αμπέλου και στην ποιότητα των σταφυλιών είναι το εδαφικό pH. Το αμπέλι αναπτύσσεται κανονικά σε εδάφη που οι τιμές του pH κυμαίνονται μεταξύ 6.5–7.5, αν και εκτός αυτών των ορίων πετυχαίνεται ικανοποιητική παραγωγή.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε αμπελουργική περιοχή επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα των αμπελουργικών προϊόντων. Η θερμοκρασία επιδρά αποτελεσματικά στις φυσιολογικές λειτουργίες της αμπέλου από την έναρξη της βλάστησης μέχρι τη φυλλόπτωση, ενώ η ηλιοφάνεια ελέγχει το ρυθμό της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φύλλων. Υπερβολική υγρασία σε γόνιμα εδάφη δημιουργεί στις ζωηρές ποικιλίες ζωηρότητα βλάστησης, ανθόρροια και ανισοραγία των σταφυλιών και γενικότερα υποβάθμιση της ποιότητας της παραγωγής (Ρούμπος, 1996).

Το ανάγλυφο του εδάφους είναι άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα. Συνήθως επιλέγονται πλαγιές λόφων, όπου τα εδάφη είναι λιγότερο γόνιμα, ελαφράς σύστασης και στραγγίζουν ευκολότερα, δίνοντας έτσι χαμηλότερη παραγωγή, με συνέπεια τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων σταφυλιών να είναι καλύτερα.

1.6.10 Οίνος

Οίνος καλείται το ποτό που προέρχεται αποκλειστικά από ολική ή μερική αλκοολική ζύμωση νωπών σταφυλιών ή γλεύκους από νωπά σταφύλια. Τα σταφύλια την εποχή του τρυγητού συλλέγονται από το χωράφι και μεταφέρονται στο οινοποιείο για επεξεργασία . Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας των σταφυλιών περιλαμβάνει την έκθλιψή τους, Κατά την επεξεργασία αυτή προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα διαφόρων οργανικών και ανόργανων ουσιών του σταφυλιού που ονομάζεται γλεύκος. Μετά ακολουθεί η στράγγιση του γλεύκους, δηλαδή ο αποχωρισμός αυτού από τα υπολείμματα της έκθλιψης των σταφυλιών που ονομάζονται στέμφυλα . Πριν από την αλκοολική ζύμωση του γλεύκους προηγείται η διαύγασή του, η απομάκρυνση δηλαδή των στερεών συστατικών του, η οποία πραγματοποιείται είτε χημικά με τη χρήση θειικού οξέος είτε μηχανικά με φυγοκέντριση. Μετά τη διαύγαση , το γλεύκος αφήνεται σε ήπια θερμοκρασία παρουσιάζοντας μετά από μικρό διάστημα ζωηρή αντίδραση που περιλαμβάνει έκλυση αερίου διοξειδίου του άνθρακα, ανύψωση της θερμοκρασίας του και σχηματισμό αιθυλικής αλκοόλης και οξέων. Η αντίδραση αυτή καλείται αλκοολική ζύμωση και έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή του γλεύκους σε κρασί.



Εικόνα 5. οίνος

1.7. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση μέσω μετρήσεων Γεωργίας ακριβείας της δυνατότητας για εγκατάσταση συστήματος μέτρησης της εδαφικής υγρασίας σε αμπελώνα που βρίσκεται στην περιοχή των Μικροθηβών Μαγνησίας. Οι μετρήσεις περιλάμβαναν διάφορους παράγοντες. Εδαφολογικούς, μετρήσεις παραγωγής, μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών, μετρήσεις ECa, οι οποίες βοηθούν στην κατανόηση της ύπαρξης παραλλακτικότητας στον αμπελώνα. Μέσω των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, και των συσχετίσεων μεταξύ τους, θα πραγματοποιηθεί ο χωρισμός του Αμπελώνα βάσει της παραλλακτικότητας του, σε ζώνες διαχείρισης και θα εγκατασταθεί, αν κρίνεται ωφέλιμο, σύστημα μέτρησης της εδαφικής υγρασίας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 πειραματικός αμπελώνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στον αμπελώνα του Δημητρίου Τιμπλαλέξη που βρίσκεται στο Δημοτικό Διαμέρισμα Μικροθηβών, του Δήμου Νέας Αγχιάλου στην Μαγνησία. Ο αμπελώνας είναι βιολογικός με έκταση 10 στρέμματα, βρίσκεται ανατολικά του κόμβου των Μικροθηβών και καλλιεργείται η ποικιλία αγιωργίτικο. . Ο αμπελώνας είναι σε επικλινές έδαφος που είναι πιο πετρώδες και έχει περίπου 40-50cm βάθος στο ψηλότερο σημείο του χωραφιού σε σχέση με το χαμηλότερο που το βάθος είναι περίπου 1,5 m. Η άρδευση του γίνεται με σταγόνες (στάγδην άρδευση) και χρησιμοποιούνται λάστιχα με αυτορρυθμιζόμενους σταλάκτες (έχουν απόσταση 40cm ο ένας από τον άλλο) οι οποίοι ρίχνουν 4l νερού την ώρα. Ο αμπελώνας αποτελείται από 23 γραμμές, κάθε γραμμή είναι 160 μέτρα με αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 2.60 m και μεταξύ των «πρέμων» 80cm. Συνολικά οι αμπελώνες έχουν έκταση 85 στρεμμάτων.

2.2 ποικιλία

Η ποικιλία που βρίσκεται εγκατεστημένη στον πειραματικό αμπελώνα είναι η ποικιλία Αγιωργίτικο. Τα σταφύλια της ποικιλίας αυτής είναι μέσου μεγέθους, πυκνά, με σφαιρικές ράγες, χυμώδη και με μαλακή σάρκα . Τα πρέμνα διαμορφώνονται σε γραμμοειδή σχήματα και δέχονται βραχύ κλάδεμα. Από την ποικιλία αυτήν προέρχονται ερυθροί οίνοι πλούσιοι σε ανθοκυάνες, που χαρακτηρίζονται από λεπτό άρωμα το οποίο αποκτούν μετά από παλαίωση. Ιδανικότερο υψόμετρο για την παραγωγή των καλύτερων ποιοτικά ερυθρών οίνων, κατάλληλων για παλαίωση, θεωρείται αυτό μεταξύ των 350 και 600 μέτρων, οπότε η συνηθέστερη περιεκτικότητά τους σε αλκοόλη είναι 13% vol. (Σταύρακας, 1997).



Εικόνα 6. ποικιλία Αγιωργίτικο

2.3 εδαφολογικά

Για τις μετρήσεις εδάφους χρησιμοποιήθηκε η δειγματοληψία πλέγματος. Το χωράφι χωρίστηκε σε 48 ίσα τετράγωνα. Συνολικά πάρθηκαν 144 μετρήσεις, 3 από κάθε τετράγωνο, από δύο διαφορετικά βάθη 0 έως 0,15 cm και 15 έως 40 cm. Έτσι τελικά φτιάχτηκαν 48 σύνθετα δείγματα. Τα σημεία από τα οποία πήραμε τα δείγματα καταγράφηκαν με GPS. Τα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν με την βοήθεια ειδικού εδαφολήπτη και τοποθετήθηκαν σε σακούλες, αναμίχθηκαν (ανά βάθος από κάθε τετράγωνο) και αεροξεράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου και έπειτα έγιναν εργαστηριακές αναλύσεις για να υπολογιστεί η μηχανική σύσταση του εδάφους.

Έπειτα για να προσδιοριστεί η μηχανική σύσταση του χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος βουγιούκου. Αρχικά τα εδαφικά δείγματα διήλθαν από κόσκινα 2mm και πάρθηκε ποσότητα 100 γραμμαρίων από κάθε σακούλα. Έπειτα σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίστηκαν 50,5 g εδάφους και τοποθετήθηκαν μαζί με 50 ml διασπορικού οξέος σε γυάλινο δοχείο, τα οποία ανακινήθηκαν με το χέρι. Τα δοχεία αυτά είχαν καθαριστεί καλά προηγούμενος και σημαδεύτηκαν με μαρκαδόρο ώστε να τοποθετηθεί σε αυτά ακριβώς η ίδια ποσότητα διαλύματος. Τα δοχεία αφού ανακινήθηκαν συμπληρώθηκαν με αποσταγμένο νερό, μέχρι το σημείο που είχαν σημειωθεί με τον μαρκαδόρο. Τα διαλύματα έμειναν σε ηρεμία για 24 ώρες και έπειτα μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό σωλήνα και προστέθηκε αποσταγμένο νερό μέχρι τα 1130ml, αφού είχε προηγηθεί ανακάτεμα σε ειδικές συσκευές (mixer) για 20 περίπου λεπτά.

Αμέσως μετά παίρνουμε μετρήσεις πυκνότητας και θερμοκρασίας και αφού περάσουν ακόμη δύο ώρες στις οποίες το διάλυμα βρίσκεται σε ηρεμία επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις. Έτσι υπολογίστηκε η περιεκτικότητα του εδάφους σε άμμο, άργιλο και υλί.

2.5 μετρήσεις ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους προσδιορίστηκε στον πειραματικό αμπελώνα με τον αισθητήρα EM 38 . Πριν την έναρξη των μετρήσεων προηγείται βαθμονόμηση του οργάνου, ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται στο εγχειρίδιο χρήσης του.

Βαθμονόμηση του EM 38

Αρχικά πριν την έναρξη των μετρήσεων πραγματοποιείται έλεγχος της μπαταρίας του οργάνου , φέρνοντας το διακόπτη λειτουργίας στη θέση BATT και ελέγχοντας τις ενδείξεις οι οποίες πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ -1500 και -720.

1. Με το EM 38 τοποθετημένο στο έδαφος οριζόντιο με τη μικρή πλευρά προς τα κάτω (Σχήμα 3.8.) ο διακόπτης Mode στρέφεται στην θέση Q/P. Με την βοήθεια του διακόπτη Q/P Zero control ρυθμίζεται η ένδειξη του οργάνου στο μηδέν
2. Με το όργανο στην ίδια θέση ο διακόπτης mode στρέφεται στην ένδειξη I/P. Με τη βοήθεια των διακοπών I/P Coarse control και I/P Fine control ρυθμίζεται ξανά η ένδειξη του οργάνου στο μηδέν. Επαναφέροντας το διακόπτη mode στη θέση λειτουργίας Q/P ελέγχουμε αν η ένδειξη παραμένει μηδενική. Αν η ένδειξη έχει αλλάξει με το διακόπτη Q/P Zero control ρυθμίζουμε ξανά την ένδειξη στο μηδέν.
3. Ανυψώνουμε το EM 38 σε ύψος 1,5 μέτρων τοποθετημένο με τη μεγάλη του πλευρά παράλληλη με την επιφάνεια του εδάφους (οριζόντια θέση λειτουργίας).
4. Φέρνοντας το διακόπτη Mode στις θέσεις I/P και Q/P, με την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε στα βήματα 1 και 2 οι ενδείξεις του οργάνου μηδενίζονται.

5. Με το όργανο στην οριζόντια θέση (η μεγάλη του πλευρά παράλληλα με το έδαφος) σε ύψος 1,5 μέτρων και το διακόπτη Mode στη θέση Q/P, ρυθμίζουμε το όργανο με το διακόπτη Q/P Zero control ώστε να δείξει μια αυθαίρετη τιμή (π.χ. $H= 10 \text{ mS/m}$). Χωρίς να αλλάξουμε το ύψος το EM 38 τοποθετείται με τη μικρή πλευρά προς τα κάτω (κάθετη θέση λειτουργίας) και σημειώνουμε την ένδειξή του (π.χ. $V= 16 \text{ mS/m}$). Αφαιρώντας την κάθετη από την οριζόντια ένδειξη καταγράφουμε μια τιμή (π.χ. $V-H= 6 \text{ mS/m}$).
6. Τέλος, με το διακόπτη Mode τοποθετημένο στη θέση Q/P και το όργανο με τη μεγάλη του πλευρά παράλληλα με το έδαφος ο διακόπτης Q/P Zero control στρέφεται μέχρι η ένδειξη του οργάνου να είναι αυτή που υπολογίστηκε στο βήμα 5 (στην περίπτωσή μας 6 mS/m). Κατά την περιστροφή του οργάνου στην κάθετη θέση λειτουργίας (η μικρή πλευρά του προς τα κάτω) η ένδειξή του πρέπει είναι η διπλάσια (στο παράδειγμά μας 12 mS/m).

Μετά τη βαθμονόμηση πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις οι οποίες γίνανε ανά τρεις σειρές αμπέλων μέσα στον πειραματικό αγρό. Κρατώντας όσο γίνεται πιο κοντά τον αισθητήρα σε επαφή με το έδαφος και περπατώντας ανάμεσα στις σειρές του πειραματικού αμπελώνα καταγράφηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Πάνω στον αισθητήρα είχαν τοποθετηθεί GPS και καταγραφικό (data logger, Alegro cx, Jupiner Systems Inc, Logan Utah, Usa). Στο logger αποθηκευόταν απευθείας οι μετρήσεις που λαμβάνονταν. Το όργανο ρυθμίστηκε να λαμβάνει μία μέτρηση ανα δευτερόλεπτο. Τελευταίο βήμα είναι η μεταφορά των μετρήσεων από το logger στον Η/Υ ώστε να γίνει η κατάλληλη επεξεργασία.



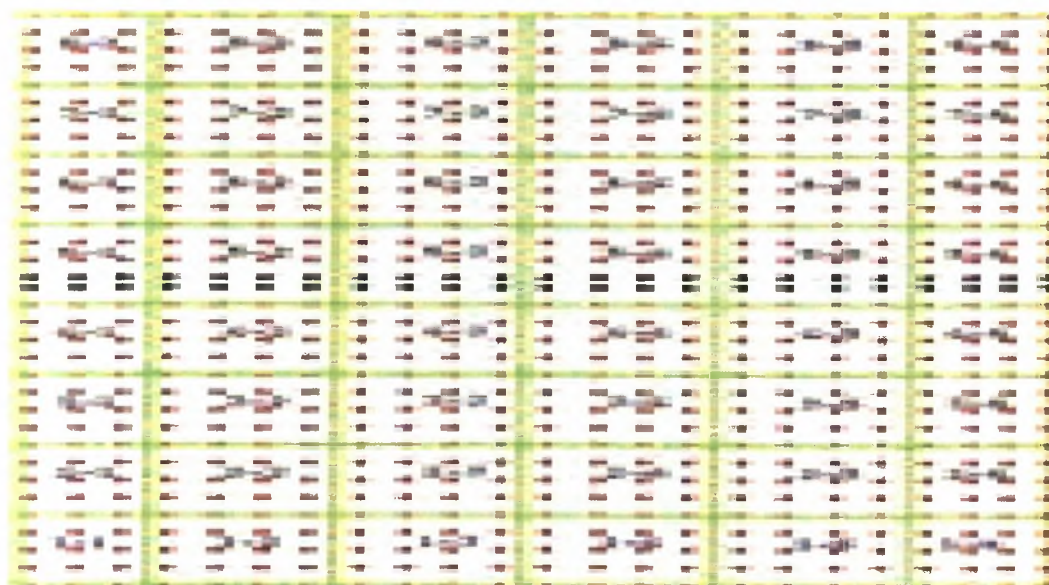
Μετρήσεις ηλ. Αγωγιμότητας με EM38

2.6 μετρήσεις παραγωγής

Για τις μετρήσεις της παραγωγής χρησιμοποιήθηκαν πλαστικές κλούβες χωρητικότητας γύρω στα 25 κιλά, μια ηλεκτρονική ζυγαριά τοποθετημένη σε ένα καροτσάκι και ένα GPS. Καθώς οι εργάτες μάζευαν τα σταφύλια και τα τοποθετούσαν μέσα στις κλούβες, κάθε φορά που μια κλούβα γέμιζε την άφηναν κατά μήκος της γραμμής και ακολουθούσε το ζύγισμα με την ηλεκτρονική ζυγαριά, η οποία ήταν τοποθετημένη πάνω σε καροτσάκι, καθώς χρειαζόταν συνεχώς να μετακινείται. Σε κάθε σημείο που ζυγίζονταν μια κλούβα παίρνονταν οι συντεταγμένες του σημείου με την χρήση GPS. Το ζητούμενο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν να υπολογιστεί βάρος σταφυλιών ανά μονάδα έκτασης. Άρα μετρώντας την απόσταση μεταξύ των γεμάτων τελάρων και πολλαπλασιάζοντας τη τιμή που έδιναν οι μετρήσεις με το πλάτος μεταξύ των σειρών υπολογίζονταν το ζητούμενο, βάρος σταφυλιών ανά μονάδα έκτασης.

2.7 μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν η περιεκτικότητα σε σάκχαρα, η περιεκτικότητα σε ολικά οξέα, και το PH. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε με κλίμακα πλέγματος. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης επιλέχθηκαν από κάθε κελί μερικά σταφύλια και τοποθετήθηκαν σε μια σακούλα που έγραφε έναν κωδικό.



Εικόνα 7 σχεδιάγραμμα του πλέγματος δειγματοληψίας των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

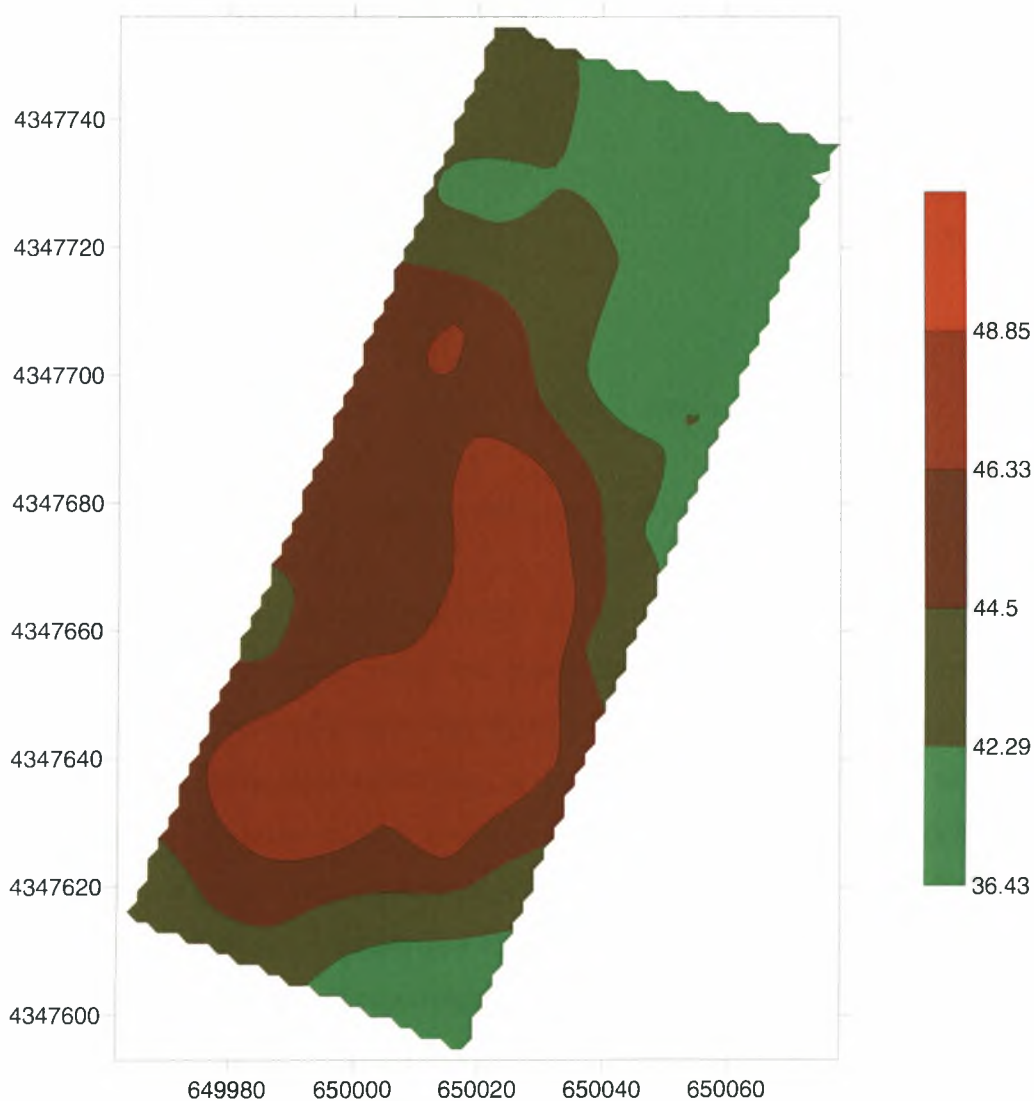
Ο κωδικός της κάθε σακούλας δόθηκε σύμφωνα με τον κωδικό του κάθε κελιού του πλέγματος από το οποίο μαζεύονταν τα σταφύλια. Κάθε σακούλα άνηκε σε ένα κελί. Μετά το πέρας αυτής της διαδικασίας οι σακούλες δόθηκαν για τις αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

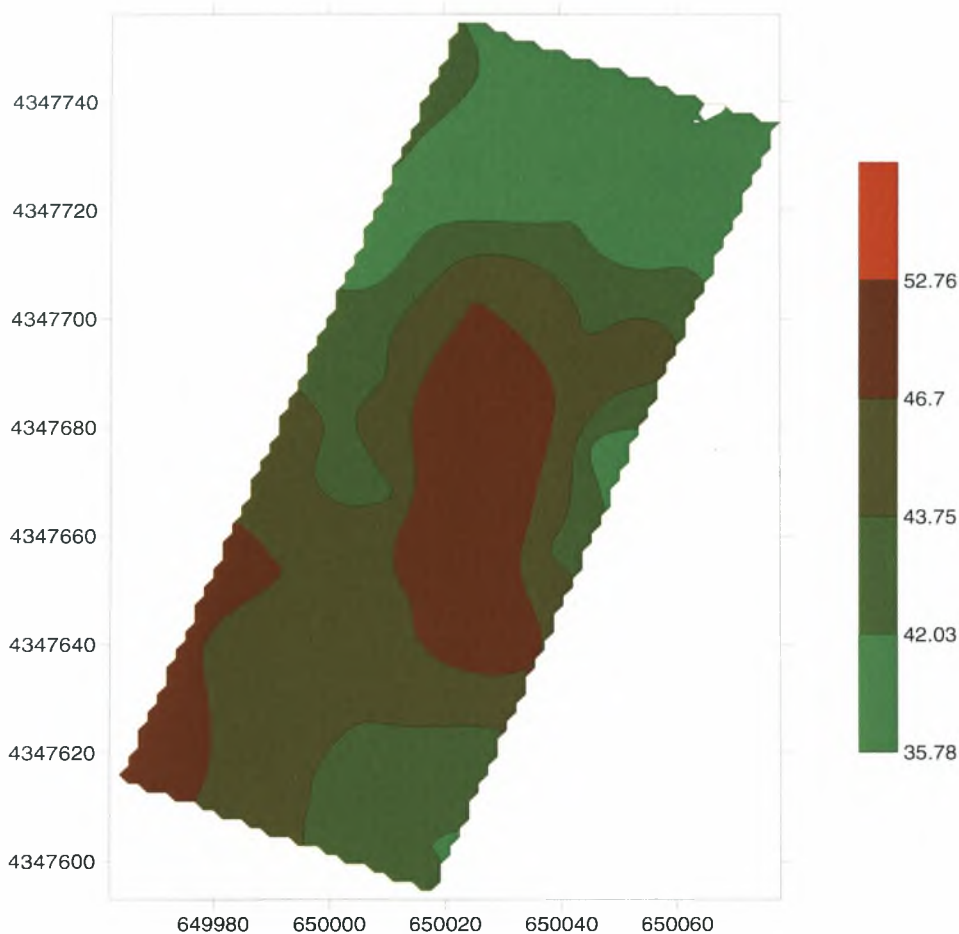
3.1 χάρτες

3.1.1. εδαφολογικά

Τα αποτελέσματα των εδαφολογικών αναλύσεων παρουσιάζονται στους παρακάτω χάρτες. Η δημιουργία των χαρτών πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα surfer.

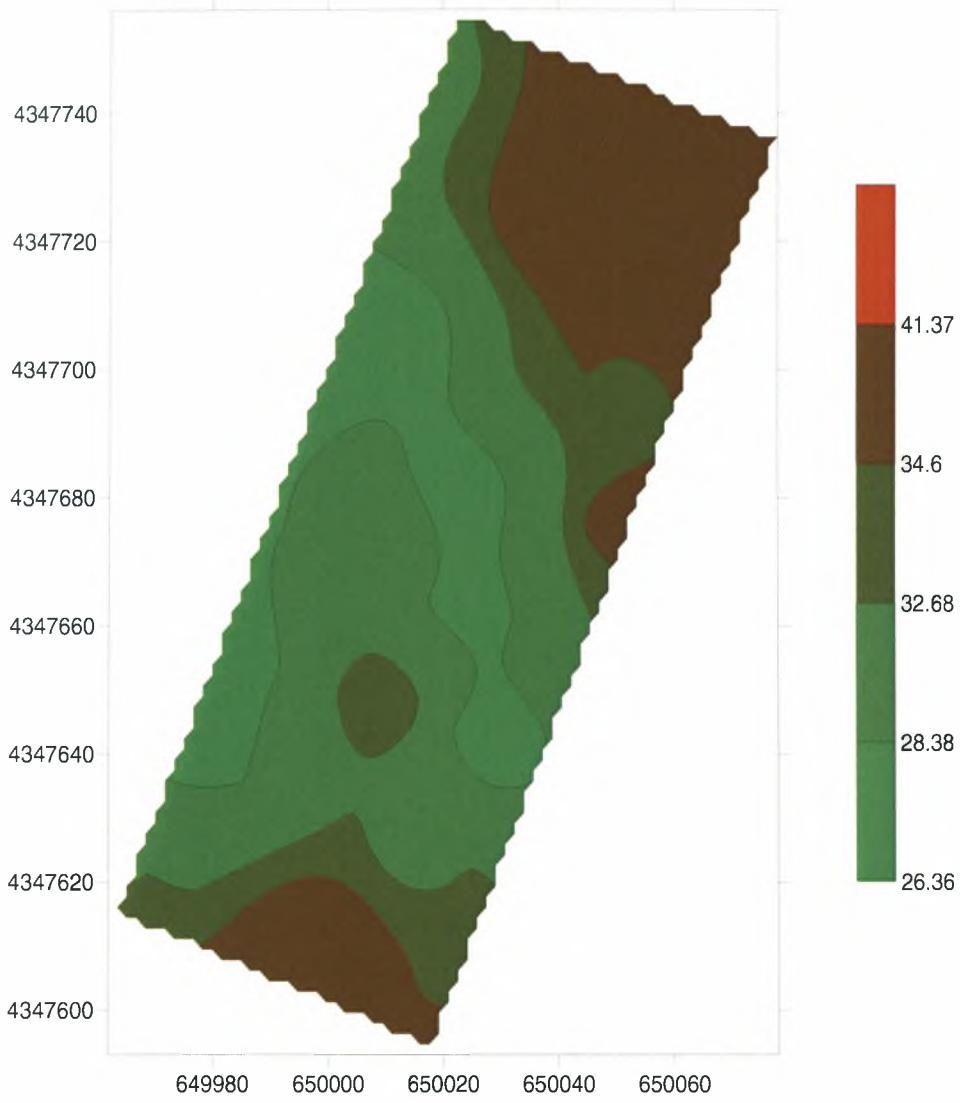


Εικόνα 8. περιεκτικότητα σε άργιλο για βάθος από 0-15 cm

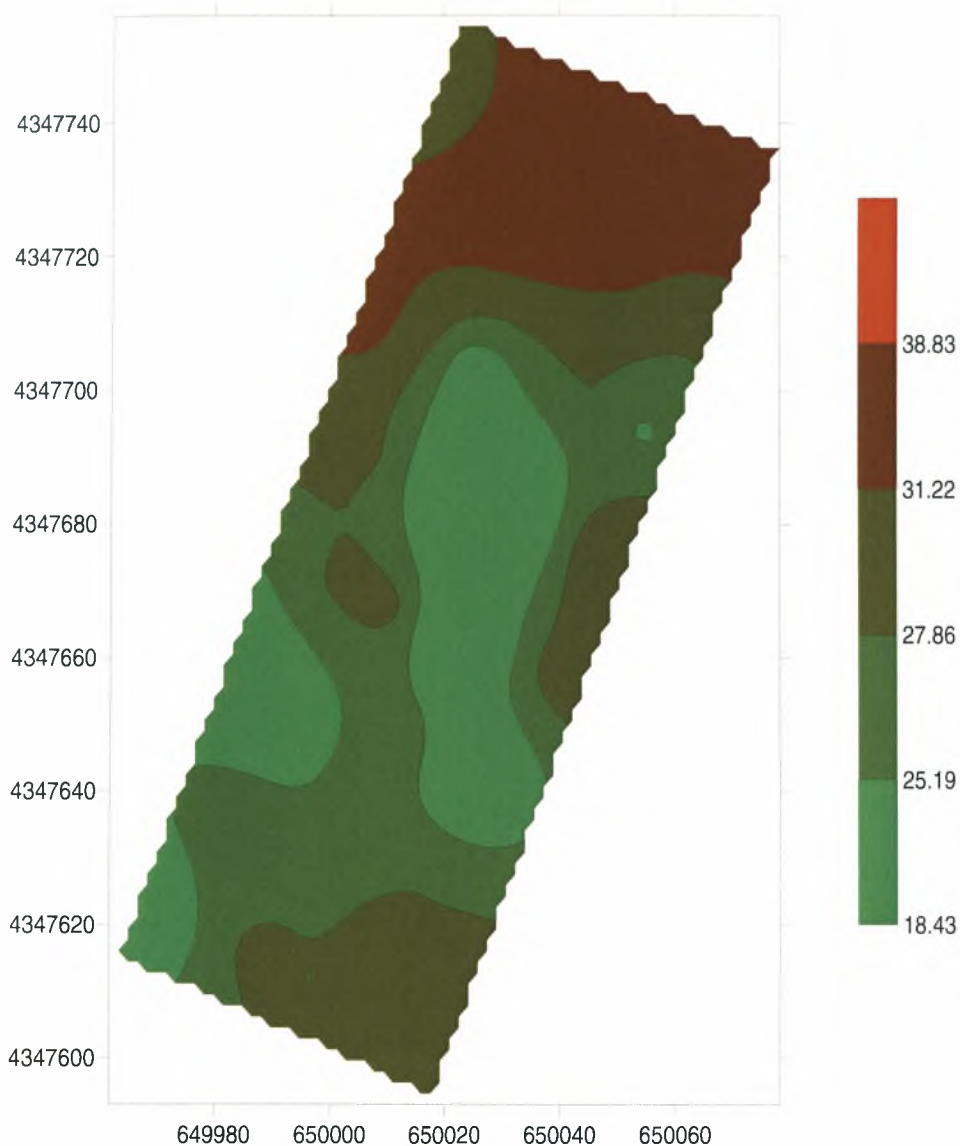


Εικόνα 9. περιεκτικότητα σε άργιλο για βάθος από 15-40 cm

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα σε άργιλο και στα δύο βάθη (0-15,15-40), είναι παρόμοια. Στο κάτω τμήμα του αγρού για βάθος 0-15 η περιεκτικότητα γίνεται υψηλότερη καθώς ανεβαίνουμε τον αγρό, ενώ για βάθος 15-40 σχηματίζονται τρεις ζώνες διαφορετικής περιεκτικότητας, η οποία γίνεται υψηλότερη από τα δεξιά προς τα αριστερά του κάτω μέρους του αγρού. Στο μεσαίο τμήμα παρατηρείται και στα δύο βάθη υψηλή περιεκτικότητα, κυρίως στα δεξιά, ενώ προς τα αριστερά ελαττώνεται. Στο πάνω τμήμα του αγρού παρατηρείται και στα δύο βάθη χαμηλή περιεκτικότητα με λίγο περισσότερη να βρίσκεται στο αριστερό τμήμα για βάθος 0-15.

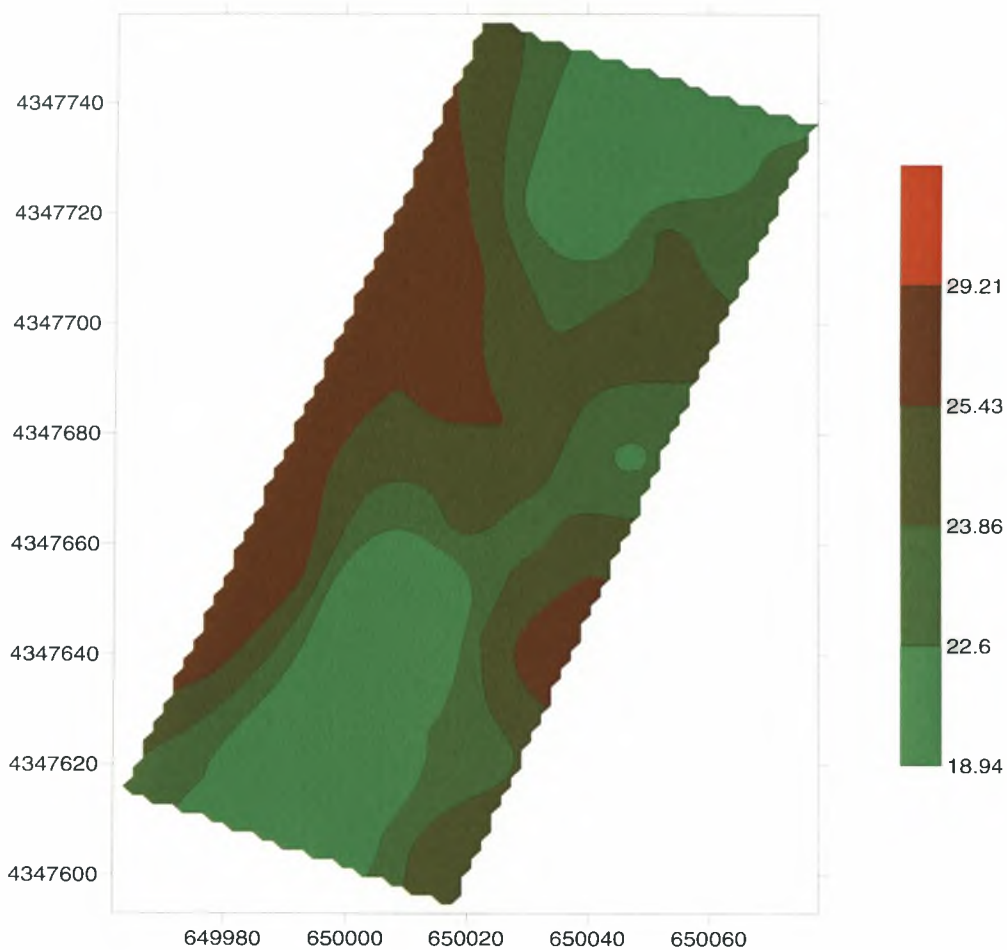


Εικόνα 10. περιεκτικότητα σε άμμο για βάθος 0-15 cm.



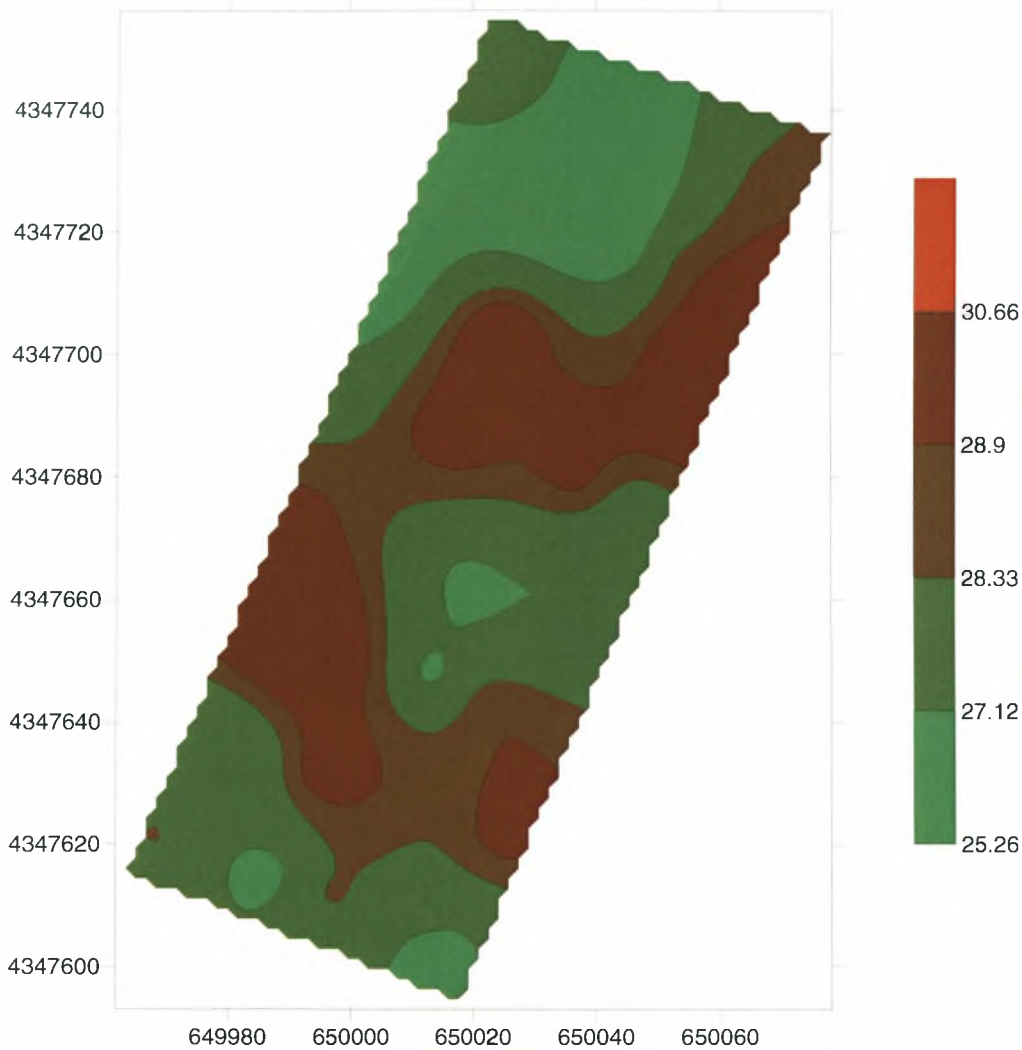
Εικόνα 11. περιεκτικότητα σε άμμο για βάθος 15-40 cm.

Παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα σε άμμο στο κάτω τμήμα του αγρού και στα δύο βάθη ξεκινά από μέτρια επίπεδα και όσο πλησιάζει στο κέντρο του αγρού μειώνεται σε χαμηλά επίπεδα. Το κεντρικό τμήμα του αγρού έχει την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άμμο και για τα δύο βάθη, και το ανώτερο τμήμα του αγρού φτάνει σε υψηλά επίπεδα περιεκτικότητας σε άμμο με μια μικρή διαφορά στο αριστερό μέρος, όπου η περιεκτικότητα για βάθος 15-40 είναι υψηλότερη.



Εικόνα 12. περιεκτικότητα σε ιλύ για βάθος 0-15 cm.

Παρατηρείται ότι υπάρχουν γι αυτό το βάθος, δύο ζώνες με χαμηλή περιεκτικότητα. Μια στο κέντρο του κάτω τμήματος και μια στο κέντρο του πάνω τμήματος. Αριστερά και δεξιά και από τα δύο τμήματα παρατηρούνται μέτριες τιμές. Τέλος το αριστερό μέρος του αγρού και κυρίως στο κεντρικό τμήμα του υπάρχουν υψηλές περιεκτικότητες σε ιλύ.

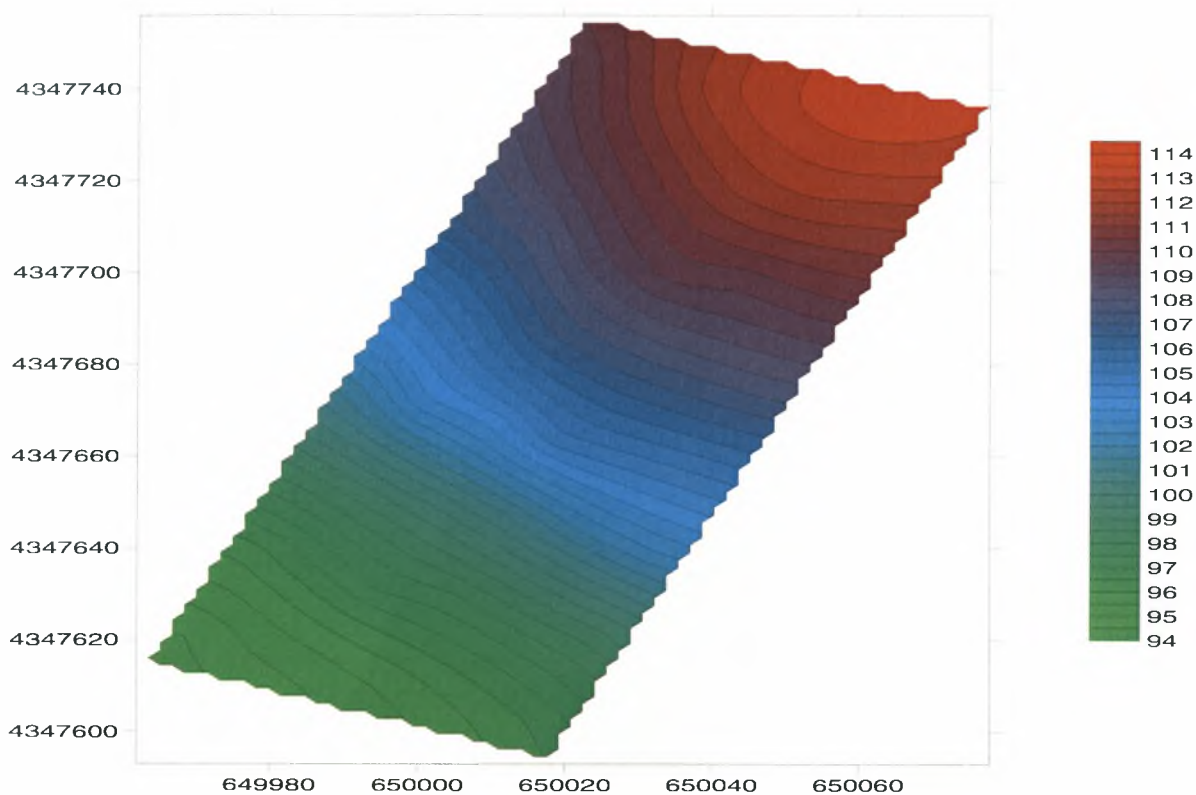


Εικόνα 13.περιεκτικότητα σε ιλύ για βάθος 15-40 cm.

Παρατηρείται στο κάτω τμήμα του αγρού χαμηλή περιεκτικότητα σε ιλύ η οποία καθώς πλησιάζουμε το κεντρικό τμήμα γίνεται υψηλή. Το κεντρικό τμήμα διαθέτει μέτριες τιμές περιεκτικότητας σε , αλλά γίνονται υψηλές προς το ανώτερο τμήμα του αγρού. Στο πάνω τμήμα του αγρού, αριστερά παρατηρούνται χαμηλές τιμές, ενώ δεξιά υψηλότερες.

3.1.2. τοπογραφικό ανάγλυφο

Η δημιουργία του τοπογραφικού ανάγλυφου του αμπελώνα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση RTK-GPS και ο χάρτης που παρουσιάζεται παρακάτω με τη χρήση του προγράμματος surfer .

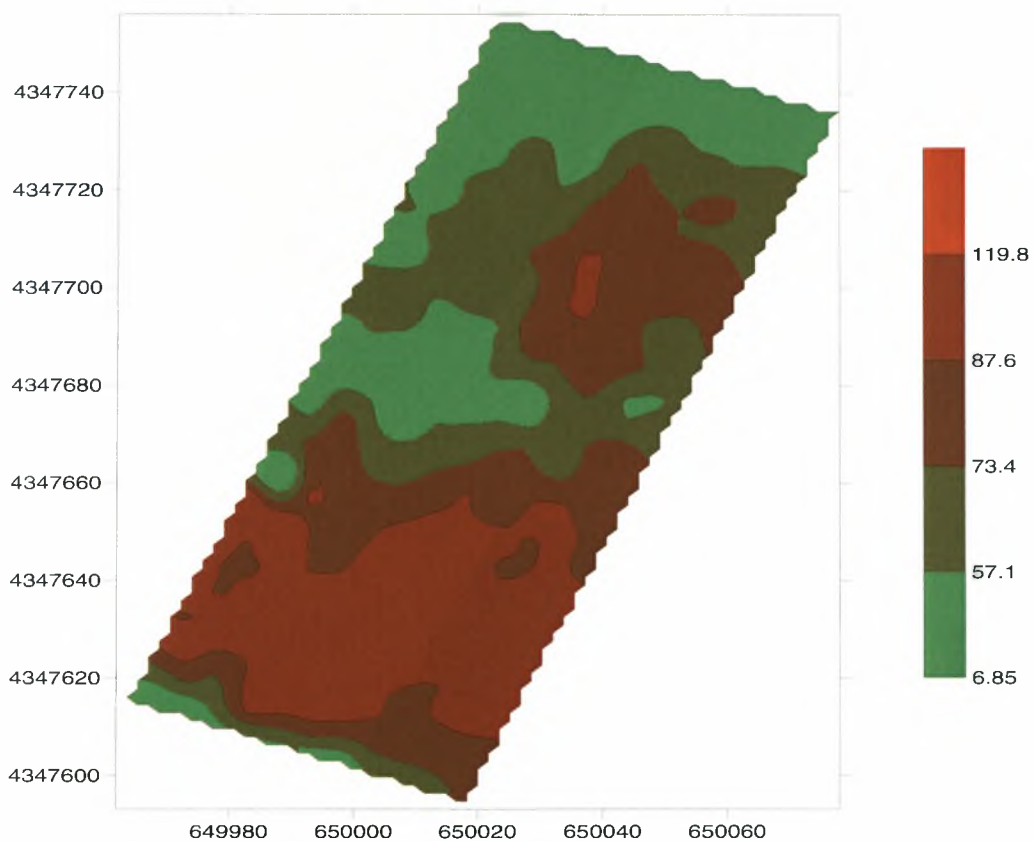


Το υψόμετρο του αγρού κυμαίνεται από 94 μέτρα μέχρι τα 114. Έχει μήκος σχεδόν 160 μέτρα και πλάτος 60 μέτρα. Στο δεξί κάτω τμήμα του αγρού η κλίση είναι μεγάλη, ενώ στο αριστερό κάτω τμήμα είναι μικρή. Στο μεσαίο τμήμα του αγρού η κλίση είναι μεγάλη, ενώ στο πάνω τμήμα του αγρού η κλίση είναι μικρή, με λίγο μεγαλύτερη στο πάνω αριστερό τμήμα.

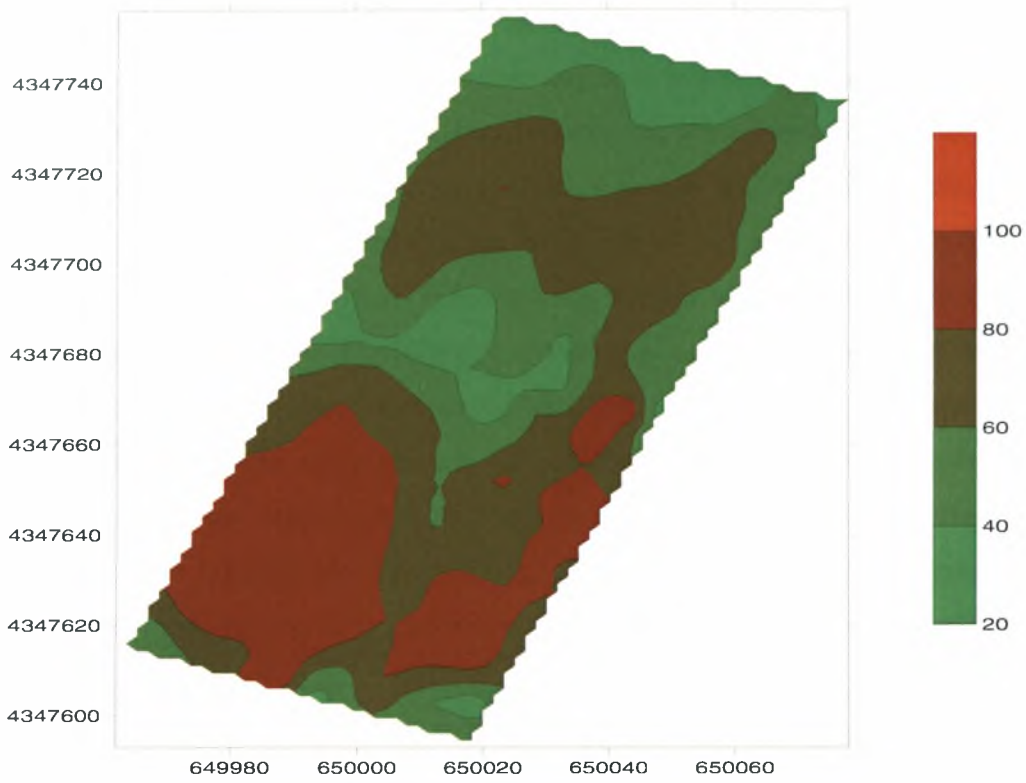
Το τοπογραφικό ανάγλυφο βοηθά στο να σχηματίσουμε μια εικόνα για τη περιεχόμενη εδαφική υγρασία στον αγρό. Σε περιοχές με μεγάλη κλίση, υπάρχει έκπλυση των υδάτων, τα νερά δηλαδή μετακινούνται σε κατώτερες θέσεις. Επίσης σε περιοχές με μεγάλη κλίση αναμένεται να παρατηρηθούν μικρότερες τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας, σε αντίθεση σε περιοχές με μικρή κλίση, όπου οι τιμές της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας αναμένονται υψηλές.

3.1.3. χάρτες ηλεκτρικής αγωγιμότητας

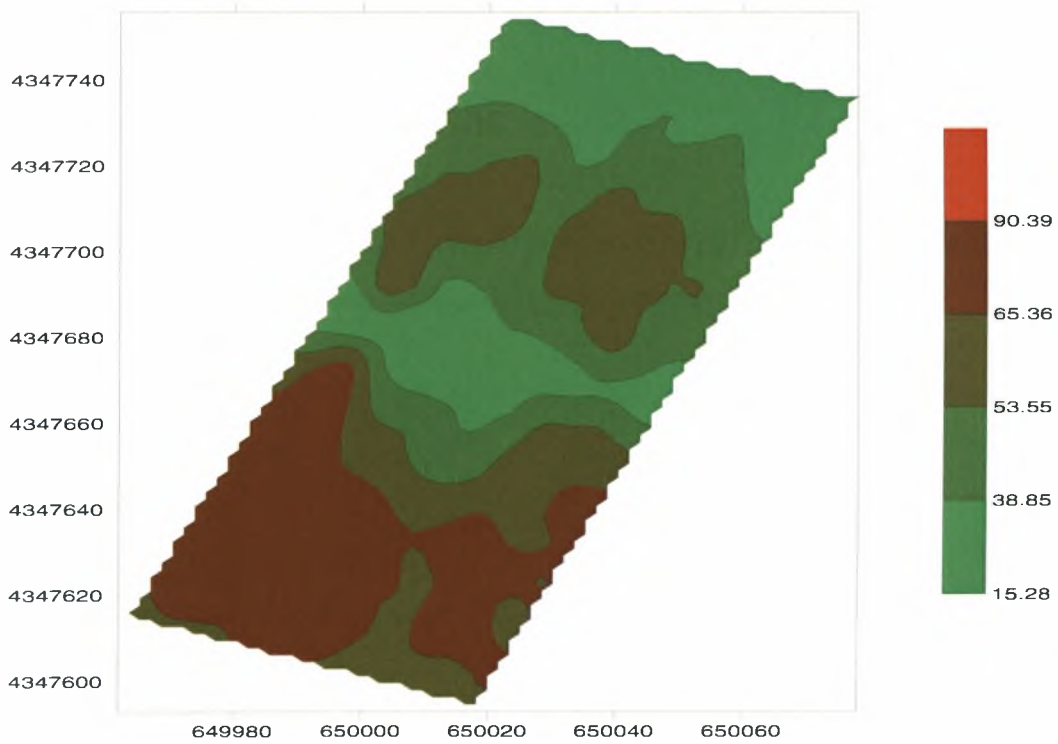
Η μέτρηση της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό με το EM38 του οίκου geonics. Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις σε διαφορετικές ημερομηνίες. Οι χάρτες της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας δημιουργήθηκαν με το πρόγραμμα surfer.



Εικόνα 14. χάρτης ECa No1



Εικόνα 15. χάρτης ECa No 2



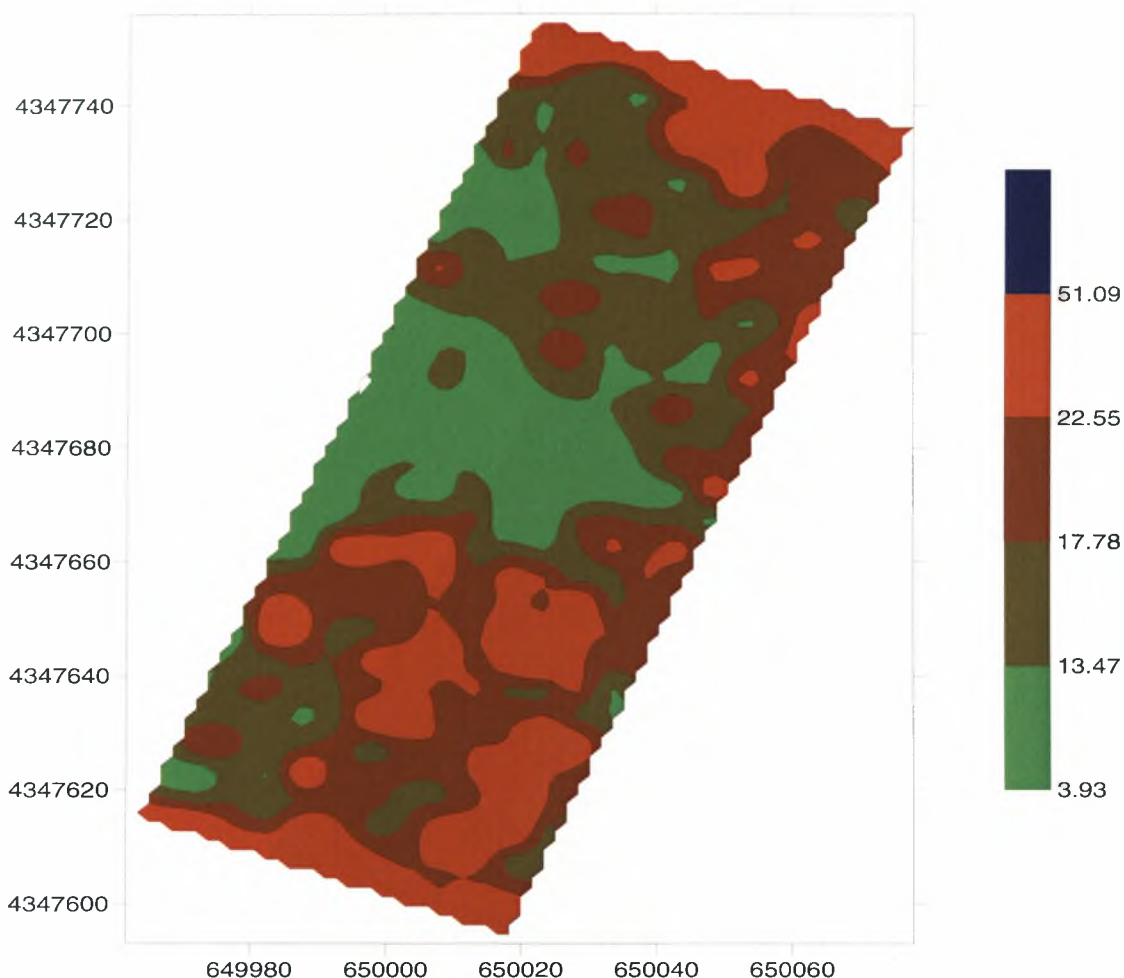
Εικόνα 16.χάρτης ECa Νο3

Η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένα μέγεθος που επηρεάζεται άμεσα από την περιεχόμενη υγρασία. Συγκρίνοντας τους παραπάνω τρεις χάρτες της ECa παρατηρείται ότι είναι παρόμοιοι. Ο αγρός έχει τις μεγαλύτερες τιμές στο κατώτερο τμήμα του, ενώ τις χαμηλότερες στο ανώτερο τμήμα του και στο μεσαίο. Μεσαίες τιμές παρατηρούνται ανάμεσα από τις δύο ζώνες με τις χαμηλότερες τιμές, δηλαδή μεταξύ ανώτερου και μεσαίου τμήματος του αγρού, αλλά και λίγο στο δεξί κάτω τμήμα. Οι χάρτες αυτοί μας δείχνουν ουσιαστικά την εδαφική υγρασία πάνω στον αγρό. Γενικά, παρατηρείται ότι ο αγρός χωρίζεται σε δύο κομμάτια σύμφωνα με τους χάρτες της ECa, στο πάνω και στο κάτω. Έτσι λόγω της παραλλακτικότητας που υπάρχει, κρίνεται θετικό να χωρίσουμε τον αγρό σε ζώνες διαχείρισης και να εφαρμόσουμε γεωργία ακριβείας. Επίσης υπάρχει δυνατότητα να εγκαταστήσουμε δύο αισθητήρες μέτρησης της εδαφικής υγρασίας. Ένας θα μετράει το πάνω τμήμα του αγρού κι ένας το κάτω.

Συγκρίνοντας τους χάρτες της ECa με το χάρτη του τοπογραφικού ανάγλυφου, παρατηρείται ότι η φαινόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα παίρνει τις υψηλότερες τιμές σε σημεία του αγρού όπου η κλίση του εδάφους δεν είναι έντονα υψηλή, και τις χαμηλότερες τιμές τις παίρνει σε σημεία του αγρού με έντονη κλίση.

3.1.4.χάρτες παραγωγής

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων παραγωγής και με τη βοήθεια του προγράμματος surfer, βγήκε ο παρακάτω χάρτης παραγωγής.



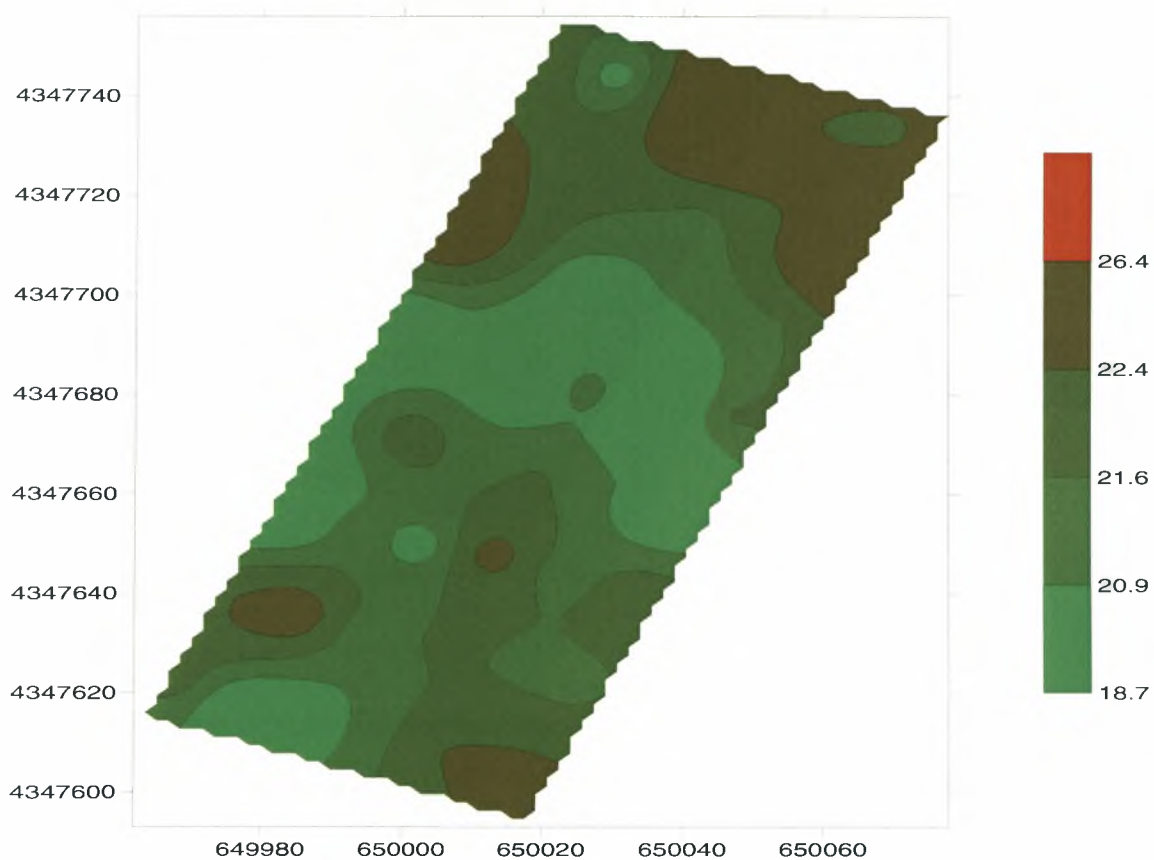
Εικόνα 17. χάρτης παραγωγής

Από το χάρτη παραγωγής παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη παραγωγή βρίσκεται στο κάτω τμήμα του αγρού και στο υψηλότερο. Η χαμηλότερη παραγωγή βρίσκεται στο μεσαίο τμήμα του αγρού, ενώ όσο ανεβαίνουμε προς τα πάνω οι τιμές της παραγωγής ακολουθούν ανοδική πορεία παίρνοντας μέτριες τιμές και στη συνέχεια υψηλές.

Συγκρίνοντας το χάρτη παραγωγής με τους χάρτες της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του τοπογραφικού ανάγλυφου παρατηρείται ότι τα σημεία με τη μεγαλύτερη παραγωγή, είναι τα σημεία στον αγρό με τη μικρότερη κλίση και τις υψηλότερες τιμές της ECa. Ενώ τα σημεία με τη χαμηλότερη παραγωγή είναι αυτά με τη μεγαλύτερη κλίση και τις μικρότερες τιμές της ECa.

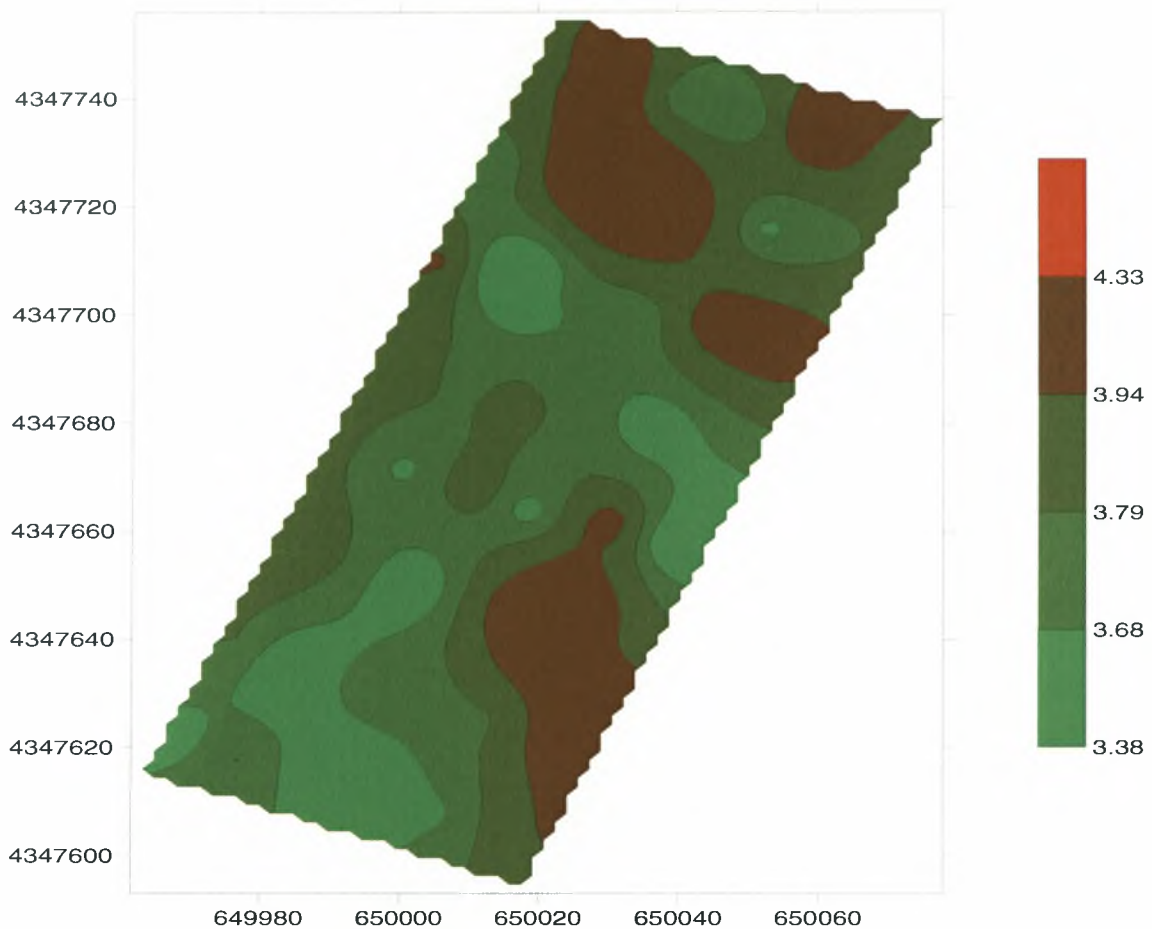
3.1.5. χάρτες ποιοτικών χαρακτηριστικών

Από τις μετρήσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών και με τη βοήθεια του προγράμματος surfer εξήχθησαν οι παρακάτω χάρτες των ποιοτικών χαρακτηριστικών.



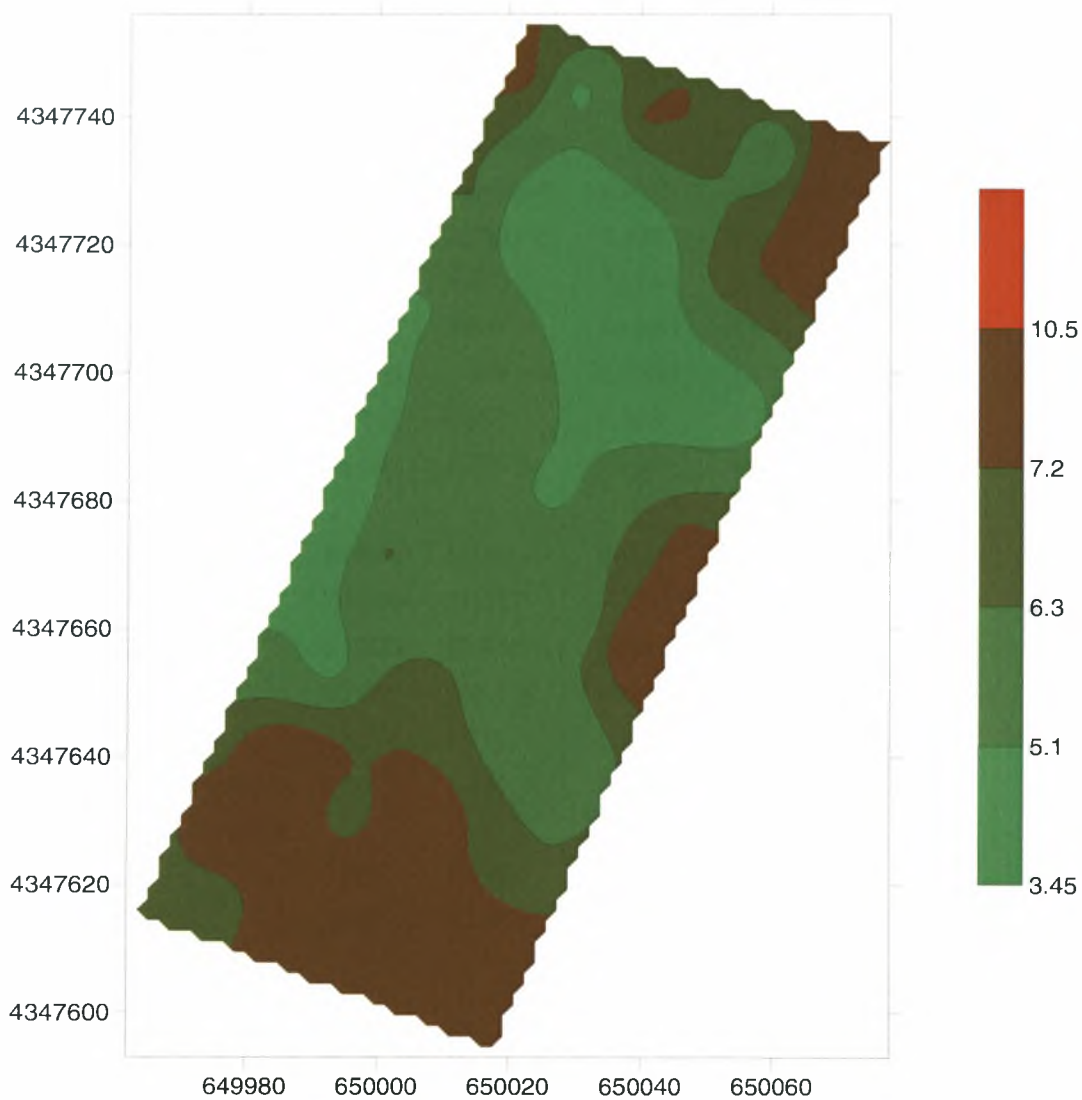
Εικόνα 18. χάρτης περιεκτικότητας σε σάκχαρα

Στο χάρτη περιεκτικότητας σε σάκχαρα παρατηρείται ότι στο κάτω τμήμα του αγρού υπάρχουν μέτριες τιμές, οι οποίες μειώνονται σταδιακά, ώσπου στο μεσαίο τμήμα του αγρού παίρνουν τις χαμηλότερες τιμές. Καθώς προχωράμε προς το ανώτερο τμήμα του αγρού οι τιμές αυξάνονται και γίνονται σταδιακά μέτριες και στο ανώτερο τμήμα του αγρού υψηλές.



Εικόνα 19. χάρτης PH

Στον παραπάνω χάρτη PH παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες τιμές βρίσκονται στο κάτω δεξί τμήμα του αγρού και στο ανώτερο τμήμα του αγρού. Το μεσαίο τμήμα παρουσιάζει γενικά μέτριες τιμές, ενώ οι χαμηλότερες τιμές βρίσκονται στο κάτω αριστερό τμήμα του αγρού.



Εικόνα 20. χάρτης περιεκτικότητας σε ολικά οξέα

Στον παραπάνω χάρτη περιεκτικότητας σε ολικά οξέα, οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται στο κατώτερο τμήμα του αγρού και στην άκρη δεξιά του μεσαίου αλλά και του ανώτερου τμήματος του αγρού. Το υπόλοιπο μεσαίο τμήμα έχει μεσαίες τιμές με την μεσαία άκρη αριστερά να παίρνει τις χαμηλότερες, και το ανώτερο τμήμα παρουσιάζει χαμηλές τιμές στο κέντρο του, αυξανόμενες προς τα πάνω.

3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ

	Mean	Standard Deviation	Variance	coef of variation(%)	Minimum	Maximum
άργιλος 0-15	44.177	2.743	7.526	6.2	36.43	48.85
άργιλος 15-40	44.017	3.573	12.766	8.11	35.78	52.76
άμμος 0-15	32.105	3.851	14.833	11.9	26.36	41.37
άμμος 15-40	27.938	4.236	17.950	15.1	18.43	38.83
ιλύς 0-15	23.717	2.317	5.368	9.7	18.94	29.21
ιλύς 15-40	28.044	1.279	1.636	4.5	25.26	30.66
τοπογραφικό						
ανάγλυφο	104.521	5.779	33.401	5.5	94.52	113.28
Eca No 1	70.704	21.857	477.757	30.9	6.856	119.854
Eca No 2	64.395	19.455	378.513	30.2	20.67	101.286
Eca No3	52.589	188.157	329.684	34.5	15.28	90.39
παραγωγή	18.814	7.776	60.467	41.3	3.938	51.09
περιεκτικ. Σε σάκχαρα	21.575	1.401	1.964	6.4	18.7	26.4
περιεκτικ. Σε ολικά						
οξέα	6.259	1.536	2.359	24.5	3.45	10.5
ph	3.817	0.206	0.042	5.3	3.38	4.33

Παραπάνω βρίσκεται ο πίνακας με τα βασικά περιγραφικά στατιστικά των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Παρατηρείται ότι ο συντελεστής παραλλακτικότητας στις μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της παραγωγής είναι υψηλός, πράγμα που σημαίνει ότι ο αγρός παρουσιάζει παραλλακτικότητα, κάνοντας δυνατό το να χωριστεί ο αγρός σε ζώνες διαχείρισης και εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας.

4. Συμπεράσματα

Με βάση τη στατιστική ανάλυση όλων των παραμέτρων του πειράματος, ο συντελεστής παραλλακτικότητας των περισσότερων παρουσιάζει υψηλό ποσοστό, που σημαίνει ότι υπάρχει πολλή παραλλακτικότητα. Η ύπαρξη υψηλής παραλλακτικότητας, δημιουργεί πρόβλημα στη διαχείριση, από πλευράς παραγωγού. Ο παραγωγός συμφωνεί με τα αποτελέσματα των χαρτών, όπως επίσης και για την ύπαρξη παραλλακτικότητας στον αγρό του.

Με τόσο υψηλή παραλλακτικότητα, η δημιουργία ζωνών διαχείρισης και εφαρμογή των τεχνολογιών της Γεωργίας ακριβείας κρίνεται αναγκαίο μέτρο για την μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος από πλευράς παραγωγού.

Οι τρεις μετρήσεις της ECa έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα και χάρτες. Εφόσον η ECa επηρεάζεται από την εδαφική υγρασία, και οι τρεις χάρτες είχαν σταθερά αποτελέσματα, μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε για τον καθορισμό των ζωνών διαχείρισης.

Επίσης, για τα δύο διαφορετικά βάθη (0-15, 15-40), για τα οποία πάρθηκαν μετρήσεις, τα αποτελέσματα και οι χάρτες αυτών των μετρήσεων είναι παρόμοια. Άρα μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η σύσταση στα δύο βάθη παραμένει σχετικά σταθερή.

Με βάση τις μετρήσεις της ECa, ο πειραματικός αγρός μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη, στο άνω τμήμα όπου οι τιμές της ECa είναι χαμηλότερες, άρα αναμένεται οι τιμές της εδαφικής υγρασίας να είναι χαμηλές, και στο κάτω τμήμα, όπου οι τιμές της ECa είναι υψηλές, άρα αναμένεται οι τιμές της εδαφικής υγρασίας εκεί να είναι υψηλές.

Τέλος, εγκαταστάθηκαν στον αγρό δύο αισθητήρες μέτρησης της εδαφικής υγρασίας τύπου cropsense. Ο ένας μετρά τις τιμές της εδαφικής υγρασίας για το άνω τμήμα του αγρού, και ο άλλος για το κάτω τμήμα του αγρού.

Το cropsense δίνει δεδομένα για τον ακριβή έλεγχο της εδαφικής υγρασίας. Δίνει αναφορές που μετρούν σε τακτά χρονικά διαστήματα τα επίπεδα της εδαφικής υγρασίας στο φυτό. Έτσι μπορεί ο παραγωγός να πάρει καλύτερες αποφάσεις σχετικά με τα προγράμματα άρδευσης και λίπανσης που θα εφαρμόσει, αυξάνοντας έτσι την παραγωγή και βελτιώνοντας το οικονομικό αποτέλεσμα (www.cropsense.com). Στον πειραματικό αμπελώνα 5 αισθητήρες υγρασίας είναι τοποθετημένοι σε σωλήνα

μήκους 1m. Ο σωλήνας τοποθετείται ολόκληρος κατακόρυφα μέσα στο έδαφος. Οι 5 αισθητήρες μετρούν την υγρασία σε βάθη 10, 20, 30, 50 και 90 cm. Επίσης τοποθετήθηκαν δύο σωλήνες αισθητήρων κατά μήκος της κεντρικής γραμμής, ένας στο άνω και ένας στο κατώτερο τμήμα. Η σύνδεση με το σταθμό καταγραφής, ο οποίος αποτελείται από ένα καταγραφικό (data logger), γίνεται με καλώδιο. Ο σταθμός λαμβάνει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και τα έστειλε μέσω σύνδεσης Internet στο διακομιστή της εταιρείας. Μία μπαταρία 12v η οποία και ένα φωτοβολταϊκό πάνελ παρείχαν την απαιτούμενη ενέργεια για την αυτόνομη συνεχή λειτουργία του συστήματος. Οι παρακάτω φωτογραφίες δείχνουν το σύστημα καταγραφής της εδαφικής υγρασίας cropsense:



Βιβλιογραφία

1. Αγγελοπούλου, Κ., (2008). Γεωργία Ακριβείας σε Οπωρώνες. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
2. Arnall D., Raun W., Stone M., Johnson G., Girma K., Freeman K., Teal R. and Martin K.(2006). Relationship between coefficient of variation measured by spectral reflectance and plant density at early growth stages in winter wheat, *Journal of Plant Nutrition*, 29: 1983–1997.
3. Bramley R.G.V., (2001). Progress in the development of Precision Viticulture-variation in yield, quality and soil properties in Contrasting Australian Vineyards in: L. D. Currie and P. Loganathan (eds). Precision tools for improving land management, Occasional report No 14, fertilizer and lime research centre, Massey University, Palmeston North
4. Bro – Jorgensen j., Brown M., Pettorelli N., (2008). Using the satellite-derived normalized difference vegetation index (NDVI) to explain ranging patterns in a lek-breeding antelope: the importance of scale, vol. 158, n^o1, pp. 177-182..
5. Cox S. (2002). Information technology : the global key to precision agriculture and sustainability. *Computers and electronics in agriculture*, 36, pp 93-111.
6. Doerge, T., (1998). Defining management zones for precision farming. *Crop insights* 8, 21. Drummond, P.E. Christy, C.D., Lund, E. D. , 2000. Using an automated penetrometer and soil EC probe to characterize the rooting zone. Proceedings of fifth international conference on Precision Agriculture (CD), July 16/19, 2000. Bloomington, MN, USA.
7. Fiengo J., Domenico D., and Glielmo L. (2007). A hybrid procedure strategy for vehicle localization system: Design and prototyping. Volume 17, issue 1, pp14-25.
8. Fix R. and Burt T., 1995. Global Positioning System. An effective way to map a small area of catchment. Volume 20, issue 9, pp 817-827.
9. Ζαρμπούτης, Ι., Τσιβεριώτου, Μ., (2003). Στοιχεία Αμπελουργίας και Οινολογίας, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
10. Gartley, K. 1995. Recommended soluble salts tests. In recommended soil testing procedures for the Northeastern United States. Second Edition . Northeastern Reg. Publ. 497, pp 70-75.

11. Geonics Limited, (2006). EM 38 Ground Conductivity Meter Operating Manual. Geonics Limited, Mississauga, ON, Canada.
12. Gemtos T., Foyntas S., Blackmore S.,B., Greipentrog H. w., 2002. Precision farming experience in Europe and the Greek potential , First Greek conference on information and communication technology in agriculture, Athens, Greece.
13. Hamblin, A.P., 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root and growth, and water uptake. *Advances in Agronomy*. Volume 38, pp 95-158.
14. Kvien, C., Pocknee, S., 2000. Introduction to why management zone. National environmentally sound production agriculture laboratory(NESPAL), college of agricultural and environmental sciences, The university of Georgia.
15. Μαρκινός Α. Γέμτος Θ., Τούλιος Λ., Πατέρας Δ., Ζέρβα Γ., Παπαοικονόμου Μ., 2003. Γεωργία Ακριβείας στο βαμβάκι: Συσχέτιση χαρτών παραγωγής και ηλεκτρικής αγωγιμότητας, Πρακτικά τρίτου συνεδρίου γεωργικής μηχανικής. Σελ. 222-229.
16. Mc Neil, J. D. 1992. rapid accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In: G.C. Topp, W. D. Reynolds and R. E. Green (eds), *advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice*. SSSA spec. Publ.30. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI., pp 209-229.
17. Νικολάου Ν.Α . Αμπελουργία. 2008 .Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία
18. Phillips L., Hansen A., Flather C.(2008). Evaluating the species energy relationship with the newest measures of ecosystem energy: NDVI versus MODIS primary production, volume 112, issue 12, pp 4381-4392
19. Rhoades J. D., and D. L. Corwin, 1981. Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Sci. Soc. AM. J.* 45:255-260.
20. Rhoades , J. D. N.A. Manteghi, P. J. Shouse and W. J. Alves, 1989. Soil electrical conductivity and soil salinity: new formulations and calibrations. *Soil Sci. Soc. AM J.* 53 :433-439.
21. Rhoades, J. D., F. Chanduri and S. Lesch, 1999. Methods and interpretation of electrical conductivity measurements , soil salinity assesement, FAO irrigation and drainage paper 57.

22. Smith, J. L. and J.W Doran, 1996. measurement and use of PH and electrical conductivity for soil quality analysis. In J. W. and A. j. Alice (eds) . Methods for assessing soil quality . SSSA spec. Publ. 49. SSSA, Madison, WI, pp169-185.
23. Stalord j., 2000. Implementing precision agriculture in the 21th century.
24. Σταύρακας 1997. μαθήματα αμπελογραφίας.πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας , Βόλος .
25. Στουγιάννης Γ., 2009. Εφαρμογή τεχνολογιών Γεωργίας ακριβείας σε αμπελώνα. Μεταπτυχιακή διατριβή.
26. Ταγαράκης Α., 2008. Γεωργία ακριβείας στο Αμπέλι, μεταπτυχιακά διατριβή.
27. Taylor J. A. , 2004. Digital terroirs and precision viticulture: investigations into the application of information technology in Australian vineyards, Msc. Thesis , Univerisy of Sydney.
28. www.cropsense.com



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108492