

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΑΜΠΕΛΙ



Ιωάννης Μαράκης

Βόλος 2009



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

Αριθ. Εισ.: 7911/1

Ημερ. Εισ.: 10-12-2009

Δωρεά: Συγγραφέας

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ

2009

ΜΑΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ

ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

Πτυχιακή εργασία

Ιωάννης Μαράκης, ΑΕΜ 900

**ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ
ΥΓΡΑΣΙΑΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ ΑΜΠΕΛΙ**

Επιβλέπων καθηγητής:

Θεοφάνης Γέμτος, Καθηγητής

Μέλη τριμελούς επιτροπής :

Σπύρος Φουντάς, Επίκουρος Καθηγητής

Γεώργιος Νάνος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2.ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (PRECISION AGRICULTURE)

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ- ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

2.3 ΓΙΑΤΙ ΚΑΘΥΣΤΕΡΕΙ Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

2.4 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΣΗΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ (GLOBAL POSITIONING SYSTEM, GPS)

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

3.2 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ GPS

3.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GPS

3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GPS

3.5 Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

3.6 ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (SELECTIVE AVAILABILITY)

3.7 ΛΗΨΗ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

3.8 ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ (DIFFERENTIAL CORRECTION)

3.9 ΣΧΕΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΠΡΟΣ ΚΟΣΤΟΣ

3.10 ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (MANAGEMENT ZONES)

3.11 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

3.12 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (YIELD MAPING)

3.13 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

3.14 ΕΛΑΦΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY)

4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, GIS)

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

4.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΕΝΑ GIS

5. ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

5.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

5.4 ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

5.4.1 ΚΛΙΜΑ

5.4.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

5.4.2 ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ

5.4.3 ΥΓΡΑΣΙΑ

5.5 ΡΑΓΑ

5.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΚΑΡΠΟ

5.7 ΛΙΠΑΝΣΗ

5.8 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ (ΒΑΘΙΑ ΑΡΟΣΗ)

5.9 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

5.10 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

5.11 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

5.12 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΥΝΟΟΥΝ ΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ

5.12.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ

5.12.2 ΕΔΑΦΙΚΟΙ- ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΟΙ

5.12.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ

**5.13 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ
ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

5.14 ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ- ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

5.15 ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.16 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

6. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ

**6.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ
ΕΔΑΦΟΥΣ**

6.3 ΔΗΨΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

6.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΤΟΥ ΧΩΡΑΦΙΟΥ

6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΧΩΡΑΦΙΟΥ

6.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας κύριο Θεοφάνη Γέμτο, τον καθηγητή Σπύρο Φουντά, τη διδάκτορα γεωπόνο Κατερίνα Αγγελοπούλου και τον μεταπτυχιακό φοιτητή Γιώργο Στουγιάννη για τη βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Ακόμα τους καθηγητές μου στο πανεπιστήμιο του Auburn στην Αμερική, John Fulton και Paul Mask για τις εμπειρίες που απέκτησα εκεί.

Στην οικογένεια μου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην εφαρμογή των τεχνολογιών της γεωργίας ακριβείας σε ένα αμπελώνα στην περιοχή των Μικροθηβών Μαγνησίας. Στόχος ήταν η παρακολούθηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στο αμπέλι όπως η υγρασία του εδάφους και πως αυτή κατανέμεται ανάλογα με τη θέση των αισθητήρων που τοποθετήσαμε. Ακόμα μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα με τη συσκευή EM 38 λαμβάνοντας ταυτόχρονα τις συντεταγμένες κάθε σημείου με GPS, ενώ έγινε μηχανική ανάλυση εδάφους και δημιουργία του ανάγλυφου του χωραφιού με RTK-GPS. Όλα τα παραπάνω συγκρινόμενα με στοιχεία όπως η μηχανική σύσταση του εδάφους μας βοήθησαν στη δημιουργία ζωνών διαχείρισης μέσα στο χωράφι. Μέσα σε κάθε ζώνη εγκαταστάθηκαν ασύρματοι αισθητήρες με τους οποίους μετρήθηκε η υγρασία κάθε ζώνης. Από την ανάλυση των χαρακτηριστικών που μελετήθηκαν προέκυψαν τρεις ζώνες διαχείρισης και η μεταβολή της υγρασίας σε κάθε μια ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητας κάθε ζώνης. Στόχος του πρώτου έτους του πειράματος ήταν η εκμάθηση και τοποθέτηση των αισθητήρων ώστε να δημιουργηθεί η υποδομή για τη λήψη των δεδομένων για να εκτιμηθεί η δυνατότητα βελτιστοποίησης της άρδευσης του αμπελώνα.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα παλαιότερα χρόνια οι γεωργοί εκτελούσαν τις καλλιεργητικές τους εργασίες χειρονακτικά έχοντας άμεση επαφή με το έδαφος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Παρόλα αυτά όμως δεν είχαν τις ακριβείς γνώσεις για τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζονταν σε κάποια τμήματα του αγρού όπως και της μορφολογίας τους. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρχει έλλειψη ενός στοιχείου σε ένα σημείο του αγρού και να γινόταν άσκοπη εφαρμογή αυτού του στοιχείου σε όλο τον αγρό. Για αυτό τα τελευταία χρόνια αρχίζει να αναπτύσσεται μία μέθοδος για την καλύτερη διαχείριση του αγρού και για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων που θα είναι χρήσιμες για το γεωργό. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται γεωργία ακριβείας. Μέσω της γεωργίας ακριβείας υπάρχει καλύτερος έλεγχος στις εισροές στο χωράφι. Οι εισροές εφαρμόζονται μόνο στα σημεία του αγρού που είναι απαραίτητες και στην ακριβή ποσότητα που απαιτούνται. Για να γίνει αυτό πρέπει να υπάρχει γνώση σχετικά με τις ιδιότητες σε κάθε σημείο του αγρού όπως μηχανική σύσταση, η ηλεκτρική του αγωγιμότητα, κ.α. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι νέες τεχνολογίες και φυσικά η ύπαρξη Η/Υ. Η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας με βάση τη γνώση της παραλλακτικότητας του αγρού βοηθάει στην καλύτερη διαχείριση του. Στόχος της είναι η αντιμετώπιση της παραλλακτικότητας που εμφανίζεται σε πολλά σημεία στον αγρό ώστε να αυξηθεί η γεωργική παραγωγή ή να μειωθούν οι εισροές. Η παραλλακτικότητα αυτή εμφανίζεται σε διάφορους παράγοντες όπως το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, η οργανική ουσία, η παρουσία ζιζανίων, η παραγωγή και άλλα. Σήμερα με την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (GPS) με το οποίο γίνεται ακριβής προσδιορισμός ενός σημείου πάνω στην επιφάνεια της Γης μέσω ενός συστήματος 24 δορυφόρων και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) με τα οποία δημιουργούμε χάρτες των στοιχείων που μελετούνται, μπορεί εύκολα να επιτευχθεί η χαρτογράφηση των αγρών.

Επιπλέον πλεονεκτήματα από την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας σε έναν αγρό μπορεί να είναι οικονομικά αφού έτσι δε γίνεται άσκοπη σπατάλη των εισροών, οι οποίες ελέγχονται όσο το δυνατόν καλύτερα και περιβαλλοντικά επειδή με την εφαρμογή συγκεκριμένων ποσοτήτων εισροών ούτε προκαλείται ρύπανση του νερού και του εδάφους αλλά επίσης δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη και ποιοτικά ανώτερη παραγωγή.

2. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ (PRECISION AGRICULTURE)

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Μέχρι σήμερα έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί στον όρο Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture, PA). Το 1997 το κογκρέσο των Η.Π.Α. υποστήριξε ότι ως γεωργία ακριβείας θα μπορούσε να οριστεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα καλλιέργειας το οποίο βασίζεται στην παραγωγή και έχει σχεδιαστεί για να αυξήσει μακροπρόθεσμα το δυναμικό του χωραφιού σε ορισμένα σημεία του ή ακόμα και σε όλο το χωράφι, την αποδοτικότητα και την κερδοφορία, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιούνται οι ανεπιθύμητες επιδράσεις στην άγρια ζωή και στο περιβάλλον. Ένας άλλος ορισμός που αναφέρεται στον όρο γεωργία ακριβείας είναι ότι αποτελεί μία νέα προσέγγιση διαχείρισης που λαμβάνει υπόψη της τη χωρική και χρονική παραλλακτικότητα των παραμέτρων μέσα σε ένα χωράφι και επιτάσσει μεταβλητές καλλιεργητικές φροντίδες από σημείο σε σημείο (Γέμτος, 2006). Ένας τρίτος ορισμός ο οποίος περιέχει και τους δύο προηγούμενους ορισμούς καλεί τη γεωργία ακριβείας ως σύστημα διαχείρισης της χωρικής και χρονικής διαφοροποίησης (παραλλακτικότητα) των αγρών προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των αγροκτημάτων και/ ή να επιτευχθεί η μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον από την ορθολογική χρήση των εισροών (Γέμτος, 2006).

Στόχος είναι η διαχείριση της παραλλακτικότητας που παρουσιάζει η καλλιέργεια και οι ιδιότητες του εδάφους, ώστε να αυξηθεί η αποδοτικότητα και να μειωθούν οι εισροές οι οποίες συνήθως έχουν επιπτώσεις στο κόστος και στο περιβάλλον. Οι κύριες λειτουργίες ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων και η μεταβλητή εφαρμογή εισροών σύμφωνα με τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων. Τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα αποτελούνται από ένα ευρύ φάσμα τεχνικών και τεχνολογιών οι κυριότερες από τις οποίες είναι η τεχνολογία πληροφοριών (GPS, GIS), οι τεχνολογίες αισθητήρων και εφαρμογής τους και τέλος η γεωργική διαχείριση και τα οικονομικά (Gemtos et al., 2002).

Η Γεωργία Ακριβείας περιλαμβάνει μία συλλογή ενός μεγάλου όγκου δεδομένων που έχουν σχέση με την απόδοση της καλλιέργειας και τις παραμέτρους των ιδιαίτερων περιοχών παραγωγής (αγροί, επιμέρους τεμάχια κ.τ.λ.) σε υψηλή χωρικά ανάλυση. Σκοπός της είναι να γίνει διαχείριση της καλλιέργειας με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωριστεί η παραλλακτικότητα που εμφανίζεται στο χωράφι.

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι η Γεωργία Ακριβείας με τη χρήση της τεχνολογίας σε συνεργασία με την αγρονομική εμπειρία μπορεί να (Taylor, 2004):

- βελτιστοποιήσει το δυναμικό παραγωγής
- βελτιστοποιήσει την ποιότητα του προϊόντος
- βελτιστοποιήσει το εισόδημα του παραγωγού
- ελαχιστοποιήσει τις περιβαλλοντικές επιδράσεις και
- ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο επένδυσης

Σε ένα σύστημα γεωργίας ακριβείας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση των νέων τεχνολογιών GPS (Global Positioning System) και GIS (Geographical Information System). Το GPS είναι ένα σύστημα το οποίο έχει τη δυνατότητα να καθορίζει την ακριβή θέση κάποιου αντικειμένου στην επιφάνεια της γης, δίνοντας τις συντεταγμένες του. Αποτελείται από μια συσκευή η οποία τοποθετείται πάνω στο αντικείμενο. Συνεργάζεται με ένα σύστημα δορυφόρων, οι οποίοι στέλνουν σήμα που λαμβάνει η συσκευή προσδιορίζοντας τη θέση του. Το GIS είναι ένας ευρύτερος όρος και περιλαμβάνει λογισμικό για την αναγνώριση και επεξεργασία γεωδεμένων δεδομένων.

Παράλληλα με τα παραπάνω συστήματα στις περισσότερες εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας κρίνεται απαραίτητη η χρησιμοποίηση αισθητήρων. Οι αισθητήρες είναι συσκευές οι οποίες προσαρμόζονται στα μηχανήματα και τις συσκευές που χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας και μετρούν επιθυμητές παραμέτρους του εδάφους, της καλλιέργειας, του κλίματος και ότι άλλο χρειάζεται. Η λειτουργία και το έργο που επιτελεί ο κάθε αισθητήρας ποικίλει. Υπάρχουν αισθητήρες οι οποίοι λαμβάνουν μετρήσεις οι τιμές των οποίων αποθηκεύονται αυτόματα σε κάποιο ηλεκτρονικό αποθηκευτικό μέσο, όπως για παράδειγμα οι αισθητήρες που προσαρμόζονται στη βαμβακοσυλλεκτική μηχανή και εκτιμούν τη ροή του βάμβακος προς το καλάθι αποθήκευσης. Άλλοι αισθητήρες υπολογίζουν την ταχύτητα της μηχανής, ενώ υπάρχουν άλλοι οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να δίνουν εντολή σε κάποιους ενεργοποιητές για την πραγματοποίηση κάποιας λειτουργίας όπως για παράδειγμα η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου σε σημεία στα οποία έχουν εντοπιστεί ζιζάνια. Η νέα αυτή τεχνολογία της γεωργίας ακριβείας παρέχει τα εργαλεία ενώ ο διαχειριστής αποφασίζει τον τρόπο που τα εργαλεία αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθούν (Gemtos et al., 2002).

Η γεωργία ακριβείας χρησιμοποιεί αυτές τις νέες τεχνολογίες με σκοπό να εξορθολογήσει την εφαρμογή εισροών στον αγρό χωρίζοντας το αγροτεμάχιο σε μικρότερα τεμάχια, ζώνες διαχείρισης, στα οποία ακολουθείται χωριστή διαχείριση. Σύμφωνα με τη συμβατική γεωργία η εφαρμογή των διαφόρων χειρισμών είναι πολύ εύκολη καθώς

εφαρμόζεται ένας μέσος όρος σε όλη την επιφάνεια του χωραφιού. Όταν όμως ο αγρός χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα με διαφορετικές απαιτήσεις το καθένα, η εφαρμογή γίνεται ολοένα και πιο πολύπλοκη. Οι απαιτήσεις ποικίλουν ανάλογα με διάφορους παράγοντες όπως οι ιδιότητες του εδάφους και το είδος της καλλιέργειας που προηγήθηκε. Η πολυπλοκότητα αυξάνει όσο περισσότεροι παράγοντες λαμβάνονται υπόψη. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να είναι αλλαγές στα χαρακτηριστικά του εδάφους, χρωματική διαβάθμιση του φυλλώματος της καλλιέργειας ή περιοχές όπου το έδαφος παρουσιάζει αυξημένη συμπίεση. Η γεωργία ακριβείας έχει τη δυνατότητα να παράγει δεδομένα που αφορούν τις ιδιότητες του εδάφους και τις ιδιότητες της καλλιέργειας σε ακρίβεια μικρότερη του ενός μέτρου, αλλά η δυνατότητα χρησιμοποίησης των δεδομένων αυτών είναι πολύ περιορισμένη μέχρι να αναπτυχθούν τα κατάλληλα συστήματα πληροφοριών (Blackmore et al., 2002).

2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ- ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Ένα από τα αρχικά στάδια εφαρμογής της γεωργίας ακριβείας είναι η χαρτογράφηση της παραγωγής. Με την χαρτογράφηση και την ανάλυση των στοιχείων, δίνεται η δυνατότητα στο διαχειριστή να εντοπίσει τις περιοχές του αγρού όπου η παραγωγή δεν είναι ικανοποιητική και να κινητοποιηθεί ώστε να επισημάνει τα αίτια που συντελούν στη μείωση της παραγωγής στα σημεία αυτά. Συνεπώς, δίνεται στο διαχειριστή ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμο στη λήψη αποφάσεων. Εξίσου σπουδαία μπορεί να χαρακτηριστεί και η χαρτογράφηση της ποιότητας του αγροτικού προϊόντος που συγκομίζεται.

Άλλες βασικές, πρακτικές εφαρμογές της νέας τεχνολογίας είναι η δειγματοληψία εδάφους σε μορφή πλέγματος ή σε ζώνες διαχείρισης και οι εφαρμογές μεταβλητών δόσεων εισροών (Gemtos et al., 2002). Εφαρμογές όπως πότισμα, εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων και δειγματοληψία εδάφους, γίνονται απλούστερες και ακριβέστερες με τη χρησιμοποίηση γεωγραφικών συστημάτων εντοπισμού σημείων (GPS) που εξοπλίζουν τα μηχανήματα με τα οποία πραγματοποιείται η εκάστοτε λειτουργία (Gemtos et al., 2002).

Η γεωργία ακριβείας έχει ως τελικό στόχο να καθορίζει ζώνες εντός του αγρού με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Αυτές οι ζώνες ονομάζονται ζώνες διαχείρισης. Είναι τμήματα του αγρού με κοινά χαρακτηριστικά όπου μπορεί να εφαρμοστεί κοινή διαχείριση. Η διαχείριση μεταβάλλεται σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της κάθε ζώνης

επιτρέποντας στον παραγωγό να εφαρμόσει μεταβαλλόμενες εισροές και ιδιαίτερες καλλιεργητικές πρακτικές για την κάθε ζώνη. Οι ζώνες διαχείρισης είναι τμήματα του αγρού εντός των οποίων οι ιδιότητες και η σύσταση του εδάφους και οι αβιοτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή είναι παρόμοιοι (Kitchen et al., 2005).

2.3 ΓΙΑΤΙ ΚΑΘΥΣΤΕΡΕΙ Η ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ;

Σε παγκόσμιο επίπεδο η διάδοση της νέας αυτής μεθόδου διαχείρισης των αγρών, προχώρησε με βραδείς ρυθμούς για διάφορους λόγους. Ο τεχνολογικός εξοπλισμός που απαιτείται για την εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας κοστίζει αρκετά και το οικονομικό όφελος από την εφαρμογή της δεν είναι εμφανές. Επιπλέον η πολυπλοκότητα της εφαρμογής και οι αυξημένες απαιτήσεις σε γνώση χειρισμού ηλεκτρονικών υπολογιστών και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών όπως επίσης και ικανότητα ανάλυσης και εξήγησης των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των δεδομένων, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που οδήγησαν στην καθυστέρηση της διάδοσης της γεωργίας ακριβείας (Blackmore et al., 2006).

Έχει διαπιστωθεί ότι η διάδοση της γεωργίας ακριβείας πραγματοποιείται δυσανάλογα μεταξύ των χωρών της Ευρώπης. Οι χώρες της Βόρειας Ευρώπης εμφανίζουν μεγαλύτερη αποδοχή της γεωργίας ακριβείας. Το γεγονός ότι η Δανία παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη ίσως οφείλεται στο ότι υπήρξε πρωτοπόρος στον εξοπλισμό των αγροτικών μηχανημάτων με GPS (Blackmore et al., 2006).

Στη νότια Ευρώπη η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας καθυστέρησε σημαντικά. Οι κύριες αιτίες είναι ότι η γεωργία ακριβείας αποτελεί εντελώς ένα νέο τρόπο καλλιέργειας. Το μέγεθος του κλήρου (η νότια Ευρώπη έχει κατά κύριο λόγο μικρά αγροτεμάχια) οι κλιματικές συνθήκες, τα είδη που καλλιεργούνται, το κόστος καλλιέργειας, η μειωμένη διάθεση των παραγωγών για υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και η χρηματοδότηση, διενέργεια και προώθηση της έρευνας (Gemtos et al., 2002) συμβάλουν στην καθυστερημένη εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη γεωργία.

2.4 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γεωργία ακριβείας είναι ένα τεχνολογικό βήμα στον τομέα της γεωργίας που αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια. Γνώρισε σημαντική αποδοχή από τους παραγωγούς στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, την Αυστραλία, τη Νότια

Αμερική και Βόρεια Ευρώπη (Gemtos et al, 2002). Δηλαδή σε περιοχές της γης όπου υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις καλλιεργήσιμης γης και η ανάπτυξη τέτοιων τεχνολογιών έχει μεγάλη οικονομικά και οικολογικά οφέλη.

Όταν πρωτοξεκίνησε εφαρμόστηκε κυρίως σε αροτριάειες καλλιέργειες. Στις ΗΠΑ κατά την περίοδο συγκομιδής του 1997 εγκαταστάθηκαν αισθητήρες καταγραφής της παραγωγής σε ποσοστό 3% επί του συνόλου των θεριζοαλωνιστικών μηχανών. Παρόμοιοι αισθητήρες αναπτύσσονται και κατασκευάζονται για ένα μεγάλο εύρος καλλιεργειών (Lowenberg Debor, 1998).

Τα πρώτα χρόνια, τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας εφαρμόστηκαν στα σιτηρά καθώς και σε αυτά χρησιμοποιήθηκαν σε θεριζοαλωνιστικές συνδυασμός αισθητήρων παραγωγής, υγρασίας και εντοπισμού της θέσης στις αρχές της δεκαετίας του 90' (Godwin et al., 1999). Οι πρώτες εφαρμογές της νέας τεχνολογίας έδειξαν ορισμένες περιοχές του αγρού να εμφανίζουν σταθερά υψηλή παραγωγή, ενώ άλλες να παρουσιάζουν χαμηλή παραγωγή. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στο ότι τα χαρακτηριστικά του εδάφους ποικίλουν από σημείο σε σημείο και έχουν μόνιμη επίδραση στην παραγωγή κάθε χρόνο. Τα πρώτα συστήματα χαρτογράφησης της παραγωγής αναπτύχθηκαν για καλλιέργειες σιτηρών (De Baermacker et al, 1985 Searchy et al, 1989, Stafford et al, 1991). Μερικά χρόνια αργότερα, η τεχνολογία αυτή εφαρμόστηκε και σε άλλες καλλιέργειες όπως η πατάτα (Campell et al, 1994), τα ζαχαρότευτλα (Hofman et al, 1995), τα χορτοδοτικά φυτά (Auenhammer et al, 1995, Krommer et al, 1999), η τομάτα (Pelletier and Upadyaya, 1999), το βαμβάκι (Vellidis et al, 2003, Markinos et al 2004, Toullos et al, 2005), και η πιπεριά (Qiuaao et al, 2005).

Στα μέσα της δεκαετίας του 90' τα συστήματα αυτά βελτιώθηκαν αλλά σε αυτό συνέβαλε κυρίως η βελτίωση των συστημάτων εντοπισμού της θέσης (GPS), καταφέροντας να βελτιώσουν σημαντικά την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης σε λίγα μέτρα ή ακόμα και σε λίγα εκατοστά.

Αργότερα, προς το τέλος της δεκαετίας του 90' άρχισαν να παράγονται αισθητήρες παραγωγής και για άλλα φυτά μεγάλης καλλιέργειας όπως το βαμβάκι, η βιομηχανική τομάτα, η πατάτα και τα τεύτλα. Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιούνται αισθητήρες και για άλλες μορφές καλλιέργειας όπως είναι τα κηπευτικά και τα δέντρα. Τέλος, η εφαρμογή γίνεται και στο χώρο της κτηνοτροφίας. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται το κάθε ζώο ως χωριστή μονάδα.

Η εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας στο χωράφι απαιτεί μία σειρά αισθητήρων, την ύπαρξη διάφορων συστημάτων τα οποία είναι απαραίτητα για την εφαρμογή τους. Τέτοια

συστήματα είναι το σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

Σύμφωνα με τον Taylor (2004), η παραλλακτικότητα που παρουσιάζεται είτε στη μορφολογία είτε στην απόδοση, οφείλεται στην ιδιομορφία της κάθε περιοχής και στην αλληλεπίδραση των παραγόντων φυτό- περιβάλλον- διαχείριση.

Υπάρχουν αρκετοί ερευνητές οι οποίοι ασχολήθηκαν με την παραλλακτικότητα που εμφανίζεται στον αγρό και πως αυτή διαμορφώνεται. Οι Larscheid και Blackmore (1997) ανέπτυξαν μία 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 (Fountas et al., 2004).

Οι Lark και Stafford (1996) ανέπτυξαν μία τεχνική χρησιμοποιώντας μη ιεραρχική ασαφή ομαδοποίηση "unsupervised fuzzy clustering" η οποία έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει περιοχές του αγρού που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Οι Panneton et al (2001) σε έρευνα που πραγματοποίησαν, χρησιμοποίησαν παρόμοια τεχνική για να εντοπίσουν σε ποια σημεία η παραγωγή είναι σταθερή με το πέρασμα του χρόνου και σε ποια όχι. Το ίδιο πείραμα επαναλήφθηκε την επόμενη χρονιά (Panneton and Brouillard, 2002). Ο Fraisse et al (2001) ακολούθησαν την ίδια τεχνική συμπεριλαμβάνοντας και τοπογραφικά στοιχεία και στοιχεία ηλεκτρικής αγωγιμότητας στις αναλύσεις τους.

Τα οφέλη από την χρησιμοποίηση των εφαρμογών της Γεωργία Ακριβείας είναι τα ίδια με τις άλλες καλλιεργητικές τεχνικές διαχείρισης των αγροκτημάτων (Φλωράς, 2004 & Παπαοικονόμου, 2001)

- Γίνεται αποτελεσματική χρήση των εισροών (λιπάσματα, άρδευση, φυτοφάρμακα) και αυτό οδηγεί σε μείωση του κόστους και αειφορία.
- Γίνεται ξεχωριστή συγκομιδή ανάλογα με τις ποιοτικές προδιαγραφές, αυξάνοντας το εισόδημα του παραγωγού ενώ η ποιότητα του προϊόντος δε μειώνεται. Επίσης γίνεται ξεχωριστή συγκομιδή ανάλογα με τις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις του κοινού καθώς και από την ποσότητα που αποθηκεύεται.
- Μπορεί να προβλέψει την παραγωγικότητα
- Καλύτερη πληρωμή για τους παραγωγούς, ενώ εξασφαλίζει την ποιότητα κατά διάφορα πρωτόκολλα (ISO, HACCP).
- Μπορεί να αποτελέσει την αρχή ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας καθώς και επιβεβαιώσεις με συμμορφώσεις προς αγροπεριβαλλοντικές δράσεις.

Οι 5 βασικές συνιστώσες ενός ΓΣΠ είναι:

- Αναγνώριση και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή (Data Acquisition)
- Προεπεξεργασία, δηλ. προετοιμασία των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολογιστή, και εισαγωγή τους σ'αυτόν (Preprocessing)
- Διαχείριση Δεδομένων με τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων (Data Management)
- Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων (Manipulation and Analysis) με διάφορες μεθόδους
- Παραγωγή Αποτελεσμάτων σε έντυπη (hard copy) ή μη έντυπη (soft copy) μορφή (Product Generation)

3 ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΣΗΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ (GLOBAL POSITIONING SYSTEM, GPS)

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Παγκόσμιο σύστημα θέσης καθορισμού (GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικών δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικάνικο Υπουργείο Άμυνας το 1970 και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '90 δεν ήταν ελεύθερη η χρήση του. Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε σταθερή τροχιά σε ύψος είκοσι χιλιάδων χιλιομέτρων από την επιφάνεια της γης, σε συγκεκριμένα γνωστά σημεία. Μικρές αποκλίσεις από τις τροχιές τους που παρατηρούνται, οφείλονται στις επιδράσεις της βαρύτητας από τον Ήλιο και τη Σελήνη. Κάθε ένας από αυτούς τους δορυφόρους διαθέτει ατομικό ρολόι ακριβείας και εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από 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 τη χρονική υστέρηση στο σήμα που δέχεται, την οποία και χρησιμοποιεί για να μετρήσει την

απόσταση του από κάθε δορυφόρο. Όταν δέχεται σήματα από τρεις δορυφόρους τουλάχιστον, ο δέκτης χρησιμοποιεί γεωμετρική ανάλυση για να καθορίσει τη 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. Τέτοιοι δέκτες εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια στη γεωργία με αξιοσημείωτα αποτελέσματα. Τα συστήματα αυτά βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στη Γεωργία, κυρίως στην κατεύθυνση των γεωργικών μηχανημάτων στο χωράφι, στην αυτοματοποίηση των οχημάτων μέσα στο χωράφι και κυρίως στη χαρτογράφηση της παραγωγής.

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό θέσης οπουδήποτε στην επιφάνεια της γης, αρκεί να υπάρχει 'οπτική επαφή' με τους δορυφόρους. Σε κλειστούς ή στεγασμένους χώρους ο δέκτης GPS αδυνατεί να καθορίσει το στίγμα του, καθώς δε λαμβάνει τα δορυφορικά στίγματα. Το GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κ.τ.λ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στη Γεωργία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ύπαρξη του αντίστοιχου Ρωσικού συστήματος που ονομάζεται Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) που αποτελείται από 15 δορυφόρους σε τροχιές ύψους 19 χιλιάδων χιλιομέτρων περίπου. Επίσης και του Ευρωπαϊκού Global Navigation Satellite System (GNSS), που είναι προσπάθεια σύνδεσης και ολοκλήρωσης των δύο συστημάτων, καθώς και άλλων επίγειων ή διαστημικών σταθμών κ.λ.π. με στόχο την υποστήριξη κάθε είδους τεχνολογίας καθορισμού θέσης. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια από την Ε.Ε. και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Διαστήματος (ESA), να λειτουργήσει το δικό της αυτόνομο σύστημα, το οποίο θα ονομάζεται GALILEO. Το σύστημα αυτό θα λειτουργήσει με τη χρήση 30 δορυφόρων που θα βρίσκονται σε ύψος 24 χιλιάδων χιλιομέτρων. Σε συνεργασία με το σύστημα GPS θα αυξηθεί σημαντικά η ακρίβεια της θέσης. Το GALILEO, ένα προηγμένο σύστημα εντοπισμού θέσης που πήρε το όνομα του από το διάσημο ιταλό αστρονόμο Galileo Galilei. Το πρόγραμμα ξεκίνησε στις 26 Μαΐου του 2003, έπειτα από μεμονωμένες προσπάθειες διαφόρων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σε αυτό συμμετέχουν όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ. Η ολοκλήρωση του και η διάθεση του αναμένεται το 2013. Αν και πέρασε από "40 κύματα" ως έργο, καθώς υπήρξαν πολλά προβλήματα ως προς την κατασκευή και υποστήριξη, παρόλα αυτά χρηματοδοτήθηκε αδρά για να συνεχιστεί. Θα αποτελείται από ένα πλέγμα 30 δορυφόρων μέσης τροχιάς και ο χρόνος ζωής κάθε δορυφόρου εκτιμάται να είναι 12 χρόνια. Θα υπάρχουν τεσσάρων ειδών διαφορετικές υπηρεσίες κάλυψης. Η

ελεύθερη Open service (OS) , θα είναι διαθέσιμη από τον καθένα και θα έχει ακρίβεια μικρότερη των 4ων μέτρων οριζοντίως και 8 μέτρων καθέτως. Η κωδικοποιημένη Commercial Service (CS), η εμπορική εφαρμογή δηλαδή , θα έχει ακρίβεια καλύτερη από ένα μέτρο. Οι κωδικοποιημένες Public Regulated Service (PRS) και Safety of Life Service (SoL) θα έχουν ακρίβεια όπως και η ελεύθερη και θα χρησιμοποιούνται από τις δημόσιες υπηρεσίες, όπως αστυνομία, πυροσβεστική, πρώτες βοήθειες κλπ.

3.2 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ GPS

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Την εγκατάσταση του
- Την τεχνολογία του
- Τον αριθμό των δορυφόρων από τους οποίους λαμβάνει σήματα καθώς και τις σχετικές θέσεις τους.
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα
- 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 περιοχής
- Τη διαφορική διόρθωση (differential correction)

3.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ 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 πιο ανοιχτές (χωρίς εμπόδια) επιφάνειες για να αποφεύγονται ανακλάσεις στις επιφάνειες του γεωργικού μηχανήματος που μπορεί να προκαλέσουν παραμορφώσεις του σήματος. Πρέπει ο δέκτης να βρίσκεται σε μια θέση όπου δε θα επηρεάζεται από ψηλά κτίρια ή από άλλα αντικείμενα που προκαλούν ανάκλαση του σήματος του δορυφόρου πάνω σε αυτά και να μειώνει την ακρίβεια. 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 ασύρματων 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. Η διαφορική διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβεια του GPS. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται επίγειος σταθμός με γνωστές συντεταγμένες και πομπό GPS. Αυτός υπολογίζει το βαθμό που επηρεάζεται το σήμα του δορυφόρου από τους διάφορους παράγοντες. Το σύστημα GPS που χρησιμοποιείται με τη μέθοδο αυτή λέγεται διαφορικό GPS (Differential GPS, dGPS). Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του, ενώ όσο ανεβαίνει η ακρίβεια τόσο αυξάνει το κόστος.

3.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΔΕΚΤΗ GPS

Οι παλαιάς τεχνολογίας δέκτες GPS λαμβάνουν σήμα από ένα δορυφόρο κάθε φορά. Όμως υπάρχουν πλέον δέκτες πιο ακριβείς που μπορούν να λάβουν σήματα από 8 μέχρι 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.

3.5 Ο ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΙ Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

Όταν ο δέκτης βρίσκεται στη 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 στη γεωγραφική- αναλυτική μέθοδο που χρησιμοποιεί για τον καθορισμό της θέσης. Το σφάλμα αυτό εξαλείφεται και η ακρίβεια αυξάνει όταν ο δέκτης έχει επαφή με περισσότερους και διασκορπισμένους δορυφόρους σε μεγαλύτερο τμήμα του ουρανού.

3.6 ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ (SELECTIVE AVAILABILITY)

Το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης για να προστατέψει τα συμφέροντα του, εισήγαγε κατά το παρελθόν, σε τυχαίες χρονικές στιγμές, εσκεμμένο σφάλμα στο σήμα που εξέπεμπαν οι δορυφόροι, μειώνοντας με αυτό 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 1η Μαΐου 2000 με απόφαση του Αμερικανικού Υπουργείου Αμύνης, η κατάσταση της επιλεκτικής διαθεσιμότητας τέθηκε εκτός λειτουργίας και πλέον η ακρίβεια του συστήματος παραμένει υψηλή, δίχως διακοπές.

3.7 ΛΗΨΗ ΤΟΥ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

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 ανάκλαση τους π.χ. σε κτίρια.

3.8 ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ (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 και εκτιμά το σφάλμα των μετρήσεων. Στη συνέχεια στέλνει σήματα στον κινητό δέκτη GPS (που μπορεί να βρίσκεται πάνω στο γεωργικό μηχάνημα), ο οποίος λαμβάνοντας σήμα από το σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξη του. Η διαφορική διόρθωση παρέχεται σαν υπηρεσία από διάφορους κρατικούς

ή ιδιωτικούς φορείς, με κάποια συνδρομή. Το GPS που χρησιμοποιείται στη μέθοδο αυτή Differentially Corrected GPS ή DGPS ονομάζεται και είναι ακριβέστερο του απλού.

3.9 ΣΧΕΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΠΡΟΣ ΚΟΣΤΟΣ

Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του. Ένας οικονομικός δέκτης χωρίς διαφορική διόρθωση, αξίας 150 ευρώ παρέχει ακρίβεια 3-5 μέτρων, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή επισημάνσεων- παρατηρήσεων στον αγρό. Ένας δέκτης DGPS, αξίας 300 ευρώ παρέχει ακρίβεια ενός μέτρου, 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 διάταξης με σταθμό στο χωράφι RDK- GPS, αξίας 20.000 ευρώ παρέχει ακρίβεια ενός εκατοστού και προτιμάται στην πλοήγηση γεωργικών μηχανημάτων ή άλλων εργασιών που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια.

3. 10 ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ (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 και ομοιόμορφων τμημάτων ενός αγρού, που χρήζουν διαφορετικής μεταξύ τους διαχείρισης.

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

Ένα απλό παράδειγμα ζώνης διαχείρισης και εφαρμογή εισροής με μεταβλητή δόση που εφαρμόζεται σήμερα στην πράξη, διαφοροποίηση της δόσης εφαρμογής του λιπάσματος από τον παραγωγό όταν η εφαρμογή γίνεται με τα χέρια σε αγρό που γνωρίζει καλά και διαφοροποιεί τις ποσότητες. Το ίδιο ισχύει και για άλλες εφαρμογές όπως η εντοπισμένη εφαρμογή κοπριάς ή άλλων εισροών. Ο παραγωγός το πραγματοποιεί αυτό βασισμένος στην εμπειρία και τη γνώση του, όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας σε προηγούμενα χρόνια ή το είδος του εδάφους στην 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 πρέπει να εφαρμόζονται (χάρτης εφαρμογής εισροής).

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 τη ένταση τους.

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 αναπτύχθηκε μία μεθοδολογία για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης, που είχε ως βάση τη δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling). Κατά τη μεθοδολογία αυτή, διαιρείται ο αγρός σε τμήματα με οριζόντιες και κάθετες γραμμές υπό τη μορφή πλέγματος και λαμβάνεται ένα δείγμα εδάφους από κάθε τομή των γραμμών του πλέγματος. 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, που είναι αδύνατο να καταγραφούν με την ενιαία δειγματοληψία (composite sampling). Ωστόσο αυτή η μεθοδολογία έχει πολλούς περιορισμούς:

- Οι ιδιότητες των περιοχών μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας δε χαρακτηρίζονται με ακρίβεια
- Οι στατιστικές μέθοδοι απαιτούν μεγάλο αριθμό δειγμάτων για τη δημιουργία ψηφιακών χαρτών ικανοποιητικής ακρίβειας
- Η δειγματοληψία είναι χρονοβόρα και έχει μεγάλο κόστος σε ανθρώπινο δυναμικό
- Το κόστος της ανάλυσης των δειγμάτων είναι υψηλό

3.11 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΩΝΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Η βάση της εφαρμογής ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας είναι η διαμόρφωση στο χωράφι ζωνών διαχείρισης που στόχο έχουν την καλύτερη εφαρμογή καλλιεργητικών εφαρμογών. Ως ζώνη διαχείρισης (management zone) ορίζεται ένα επιμέρους τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από ένα λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων. Ειδικότερα, ζώνη διαχείρισης είναι το μέρος του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία (Kitchen et al., 2005).

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

- Σταθερότητα στο χρόνο
- Ευκολία στη μέτρηση και στην οριοθέτηση
- Σχέση με την παραγωγή
- Χαμηλό κόστος προσδιορισμού

Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι η βάση ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας. Η δημιουργία τους βασίζεται σε σειρά παραγόντων και μετρήσεων όπως της παραγωγής, των ιδιοτήτων του εδάφους, το ανάγλυφο κ.τ.λ. Η συγκέντρωση όλων των στοιχείων απαιτεί χρόνο και κόστος. Για αυτό έγιναν και γίνονται προσπάθειες να βρεθούν μέθοδοι γρήγορης και οικονομικής διαμόρφωσης των ζωνών. Μια τέτοια παράμετρος είναι η φαινομενική εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Η εδαφική ECa συγκεντρώνει όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά δηλαδή έχει υψηλή σχετικά συσχέτιση με την υφή του εδάφους (βασικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει μια σειρά παράγοντες της γονιμότητας), την υγρασία, την οργανική ουσία και την περιεκτικότητα σε ιόντα. Σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος και την υψηλή ταχύτητα με την οποία μπορούν να χαρτογραφηθούν πολλά στρέμματα εδάφους μπορεί να δώσει γρήγορα και οικονομικά μια πρώτη προσέγγιση σε ζώνες διαχείρισης που μπορούν αργότερα να βελτιωθούν με τη χρήση και άλλων στοιχείων που θα συγκεντρωθούν. Όμως πριν από τη δημιουργία των ζωνών είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ποιες μεταβλητές είναι απαραίτητες για την απεικόνιση αυτών. Συνήθως χρησιμοποιούνται ο χάρτης της παραγωγής μόνος του ή σε συνδυασμό με τις εδαφικές παραμέτρους. Όλες οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό πρέπει να μετατρέπουν τα δεδομένα με την ίδια κλίμακα, έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολα η απεικόνιση των ζωνών διαχείρισης.

Για την απεικόνιση των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι είτε χρησιμοποιώντας παραμέτρους βασισμένες σε δορυφορικές εικόνες, είτε χρησιμοποιώντας στατιστικά μεγέθη, είτε τέλος χρησιμοποιώντας αισθητήρες.

3.12 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (YIELD MAPPING)

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

- Ανομοιομορφία του τύπου ή του ανάγλυφου του εδάφους
- Υδατικό στρες σε ένα μέρος του αγρού
- Διαφορετικές 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 μεγαλύτερη και κάποια μικρότερη δόση από κακή λειτουργία και εγγενής ανακρίβειες των μηχανημάτων εφαρμογής.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας η μέτρηση της παραλλακτικότητας της παραγωγής, συνδυάζεται με τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της, σε κάθε σημείο του αγρού, και την προσπάθεια διόρθωσης τους. Η μέτρηση της παραγωγής (yield monitoring) αποτελεί ένα τρόπο για αν 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 στη Γεωργία Ακριβείας.

Οι μετρητές παραγωγής (yield monitors) μπορούν να εγκατασταθούν στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων και μετρούν την παραλλακτικότητα της παραγωγής που εφαρμόζεται 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.

Ένα σύστημα μέτρησης παραγωγής (yield monitoring) μπορεί να αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Κονσόλα ελέγχου
- Κεραίες και δέκτες GPS, DGPS

- Κάρτα δεδομένων
- Πλήθος αισθητήρων (sensors) που χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση

Τα δεδομένα καταγράφονται στην ηλεκτρονική κάρτα δεδομένων και μεταφέρονται στον Η/Υ για την ανάλυση, επεξεργασία και δημιουργία του χάρτη παραγωγής (yield mapping).

3.13 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

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

- Αισθητήρες μέτρησης παραγωγής. Είναι ο βασικότερος. Εγκαθίσταται σε συγκεκριμένες θέσεις των μηχανών συγκομιδής και μετράει τη ροή της παραγωγής.
- Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας. Εγκαθίσταται και αυτός σε συγκεκριμένα σημεία των μηχανών συγκομιδής και μετράει το ποσοστό υγρασίας του συγκομιζόμενου προϊόντος
- Αισθητήρας μέτρησης της ταχύτητας. Εγκαθίσταται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράει την ταχύτητα της. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί οι νεώτερης τεχνολογίας αισθητήρες που μετρούν την ταχύτητα της μηχανής συγκομιδής με τη βοήθεια λέιζερ.
- Ζυγαριές ακρίβειας. Χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση του συστήματος.

Όσον αφορά τους αισθητήρες υγρασίας εδάφους, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν και στο πείραμα, αφορούν ένα τύπο αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για δενδρώδεις καλλιέργειες και σε φυτά μεγάλης καλλιέργειας. Οι αισθητήρες αυτοί αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα κατά την τελευταία δεκαετία δίνοντας την δυνατότητα περιοδικών μετρήσεων της υγρασίας με κατά περιόδους μετρήσεις αλλά και συνεχών μετρήσεων με την χρήση δικτύου ασύρματων αισθητήρων. Ταυτόχρονα υπάρχει δυνατότητα μέτρησης και άλλων παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας όπως της ατμοσφαιρικής υγρασίας, της θερμοκρασίας, κ.α. Οι ασύρματοι αισθητήρες εγκαθίστανται σε ειδικούς κλωβούς εντός του αγρού που τους παρέχουν προστασία από ακραίες κλιματικές συνθήκες επιτρέποντας την συνεχή καταγραφή της εδαφικής υγρασίας.

3.14 ΕΔΑΦΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (Soil Electrical Conductivity, EC)

Η εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα του εδάφους που δείχνει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από την 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 και ιόντα σε διάλυση (εδαφικό διάλυμα). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους μετριέται σε milliSiemens ανά μέτρο και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που έχουν επίδραση και στην παραγωγικότητά του (Lund et al., 2003).

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι (Friedman, 2005):

- Η υγρασία του εδάφους αφού αύξηση της υγρασίας του εδάφους αυξάνει και την ηλεκτρική του αγωγιμότητα.
- Η παρουσία ηλεκτρολυτών (αλάτων) στο εδαφικό διάλυμα. Αύξηση της αλατότητας συνεπάγεται και αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.
- Η μηχανική σύσταση του εδάφους. Αμμώδη εδάφη έχουν χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα ιλύος μέση ενώ τα αργιλώδη εδάφη έχουν υψηλή αγωγιμότητα. Αυτό οφείλεται στον μεγάλο αριθμό τριχοειδών διαστάσεων πόρων που περιέχουν τα αργιλώδη εδάφη σε σχέση με τα αμμώδη με αποτέλεσμα να κατακρατείται σ' αυτά μεγαλύτερη ποσότητα νερού.
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους (C.E.C.). Εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα 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 του εδάφους. Εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας παρουσιάζουν και υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας εξαιτίας της συγκράτησης από την οργανική ουσία πολλών ιόντων.
- Η μηχανική καταπόνηση του εδάφους. Γενικά η συμπίεση του εδάφους προκαλεί και αύξηση της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας καθώς μειώνει το πορώδες του εδάφους.

- Η θερμοκρασία του εδάφους. Πτώση της θερμοκρασίας σε τιμές κάτω από το μηδέν (συνθήκες παγετού), επιφέρει σημαντική μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, GIS)

4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Ως Σύστημα Πληροφοριών (Information System) μπορεί να οριστεί μια «αλυσίδα λειτουργιών συλλογής, αποθήκευσης, και ανάλυσης δεδομένων». Κατ' επέκταση, ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) μπορεί να οριστεί συνοπτικά ένα σύνολο εργαλείων συλλογής, αποθήκευσης, ανάκτησης, ανάλυσης και εμφάνισης χωρικών δεδομένων. Ακόμα ο όρος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αναφέρεται σε κάθε σύστημα υπολογιστή, που έχει τη δυνατότητα να χειρίζεται γεωγραφικά δεδομένα. Δεν περιλαμβάνει μόνο λογισμικό και υλικό αλλά και ειδικές συσκευές για εισαγωγή και δημιουργία χαρτών, καθώς και τα συστήματα επικοινωνιών που απαιτούνται για να συνδέσουν τα διάφορα συστατικά από τα οποία αποτελούνται.

Σε σύγκριση με τους απλούς χάρτες που ξέρουμε και χρησιμοποιούμε όλοι, ένα σύστημα GIS έχει το σημαντικότερο πλεονέκτημα ότι η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται χωριστά από την αναπαράστασή τους, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αναπαρασταθούν με διαφορετικούς τρόπους. Π.χ. μπορούμε να μεγεθύνουμε τον (ψηφιακό πλέον) χάρτη, να εμφανίσουμε συγκεκριμένες μόνο περιοχές, να κάνουμε υπολογισμούς αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών, να δημιουργήσουμε πίνακες που να δείχνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά του χάρτη, να υπερθέσουμε επιπλέον πληροφορία πάνω στο χάρτη, ακόμα και να αναζητήσουμε ποιές είναι οι καλύτερες τοποθεσίες για να ιδρύσουμε τα επόμενα υποκαταστήματα της επιχείρησής μας. Φυσικά, επιπλέον όλων αυτών, ένα σύστημα GIS έχει όλα τα πλεονεκτήματα από τη χρήση των υπολογιστών, όπως διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα κ.λπ. Σήμερα, με τις τεράστιες δυνατότητες που παρέχουν οι σύγχρονοι, εξελιγμένοι υπολογιστές, η χαρτογράφηση περνά σε μια νέα εποχή. Τα υπολογιστικά δίκτυα, οι εξομοιωτές, ακόμη και η εικονική πραγματικότητα αποτελούν την τελευταία εξέλιξη των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, τα εμπλουτίζουν και τα βελτιώνουν σημαντικά.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στη Γεωργία Ακριβείας γιατί υποστηρίζουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και απεικόνιση των δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο. Το Γεωγραφικό Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα καλά οργανωμένο σύστημα, αποτελούμενο από πολύ καλά εκπαιδευμένο προσωπικό καθώς και από ένα υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί αν εισάγει, αποθηκεύει ενημερώνει, διαχειρίζεται, αναλύει και εμφανίζει όλες τις μορφές των γεωγραφικά σχετιζόμενων πληροφοριών. Ουσιαστικά δηλαδή το GIS είναι μία πολύ δυναμική Γεωγραφική βάση δεδομένων (Φλωράς, 2004). Σε συνεργασία με το GPS και ρις ψηφιακές δορυφορικές εικόνες, βοηθούν τους παραγωγούς να καταγράψουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τις καλλιέργειες τους καθώς και να εντοπίσουν τα σημεία στα οποία επηρεάζεται η παραγωγικότητα. Η δυνατότητα των GIS να ενσωματώνουν πληροφορίες από διαφορετικές πηγές, τα κάνει πολύ ελκυστικά στην χρησιμοποίησή τους στη γεωργία ακριβείας. Τέτοιες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα συστήματα αυτά είναι οι εδαφικοί παράμετροι (pH, EC, συγκεντρώσεις στοιχείων κ.τ.λ.), η παραγωγή, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά κ.τ.λ. Αυτά μπορούν να συνδυαστούν με τον τρόπο και την ποσότητα άρδευσης, με το σύστημα κλαδέματος, με την ποικιλία και να συμπεραίνουμε ποια ποικιλία είναι καλύτερη για το συγκεκριμένο χωράφι. Μέχρι τώρα χρησιμοποιούνταν κυρίως για την επίτευξη όσο το δυνατό μεγαλύτερης παραγωγής, αλλά τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για τη μεγιστοποίηση της ποιότητας. Χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή και το GIS μπορούμε μέσα από πολλά σενάρια να καταλήξουμε σε ένα άριστο συνδυασμό ποιότητας και παραγωγής (Longley et al., 2005).

4.2 ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΕΝΑ GIS

Όλα τα δεδομένα σε ένα GIS είναι «γεωκαταχωρισμένα», βρίσκονται δηλαδή άμεσα συνδεδεμένα με μια συγκεκριμένη γεωγραφική τοποθεσία της επιφάνειας της Γης μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων. Ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους. Σ' αυτό το σύστημα συντεταγμένων, κάθε τοποθεσία προσδιορίζεται σχετικά με τον Ισημερινό και τη γραμμή μηδενικού γεωγραφικού μήκους που περνά από το φημισμένο αστεροσκοπείο Γκρίνουιτς, στο Λονδίνο. Υπάρχουν, όμως, και πολλά άλλα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων, συνεπώς κάθε GIS σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να μετατρέπει τις συντεταγμένες από το ένα σύστημα στο άλλο. Η χωρική πληροφορία

αναπαρίσταται με δυο τρόπους: ως διανυσματικά δεδομένα με τη μορφή σημείων, γραμμών και πολυγώνων, ή ως δικτυωτά (raster) δεδομένα, οργανωμένα συστηματικά σε κελιά (όπως π.χ. μια ψηφιακή εικόνα).

Απ' όλα όσα αναφέραμε μέχρι τώρα, είναι προφανές ότι βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός GIS είναι ότι χρησιμοποιεί τη γεωγραφία (το χώρο) ως κοινό στοιχείο μεταξύ των διαφόρων ομάδων δεδομένων, συνδυάζοντας ισότιμα τη γεωγραφική (χαρτογραφική) και την αναλυτική (στατιστική) πληροφορία.

Ένα GIS μπορεί να είναι αναλογικό ή ψηφιακό. Τα δεδομένα ενός αναλογικού GIS επεξεργάζονται με το χέρι, χρησιμοποιώντας γνωστές μεθόδους, όπως επίθεση χαρτών, σχεδιασμένων σε ριζόχαρτο, κ.ά. Αντίθετα, το ψηφιακό ΓΣΠ βασίζεται στην επεξεργασία μέσω υπολογιστή.

Είναι σημαντικό να τονιστεί πως τα διάφορα συστήματα σχεδίασης (Αυτόματη Χαρτογράφηση (Automated Mapping), Χαρτογράφηση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Assisted Mapping), Σχεδίαση με τη Βοήθεια Υπολογιστή (Computer Aided Design)) μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη σχεδίαση ενός χάρτη είτε ως υπόβαθρο ενός πληροφοριακού συστήματος, αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν τα ίδια ένα GIS.

5. ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Η Γεωργία Ακριβείας στο αμπέλι αποτελεί μια συνεχή κυκλική διαδικασία (Bramley, 2001, Bramley et al, 2003), και απαρτίζεται από τα εξής τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο (παρατήρηση) περιλαμβάνει τη χαρτογράφηση της παραγωγής (yield mapping) στον αγρό, χρησιμοποιώντας μετρητές παραγωγής με τη βοήθεια του GPS. Το δεύτερο στάδιο (ερμηνεία) περιλαμβάνει τη συσχέτιση του χάρτη παραγωγής με άλλες διαθέσιμες πληροφορίες όπως δορυφορικές φωτογραφίες, χάρτες εδαφικών ιδιοτήτων, επιδράσεις παρασίτων, ανωμαλίες του εδάφους και άλλα, χρησιμοποιώντας ειδικό λογισμικό (GIS). Η κάθε μία πληροφορία αποτελεί μία στρώση (layer) σε ένα πρόγραμμα GIS. Οι χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων μπορούν να δημιουργηθούν με δειγματοληψία εδάφους σε διάφορα σημεία του χωραφιού. Τρίτο στάδιο (εκτίμηση) αποτελεί τη διαδικασία που ακολουθείται έτσι ώστε να έχουμε σχέδιο διαχείρισης του αγροκτήματος. Τελευταίο στάδιο είναι η εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης του προηγούμενου σταδίου το οποίο αξιολογείται από το χάρτη παραγωγής. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της διαχείρισης, οδηγεί τους παραγωγούς σε νέες παρατηρήσεις με διαφορετικά αποτελέσματα.

Υπάρχουν δύο βασικά είδη δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη Γεωργία Ακριβείας. Η κυψελωτή δειγματοληψία (grid sampling) και η κατευθυνόμενη δειγματοληψία (directed sampling). Στην κυψελωτή δειγματοληψία παίρνονται δείγματα σε ένα δίκτυο σημείων με σταθερές αποστάσεις, ενώ στην κατευθυνόμενη η δειγματοληψία γίνεται κατά ζώνες. Όλες αυτές οι πληροφορίες συγκεντρώνονται και συσχετίζονται μαζί σε ένα πρόγραμμα GIS, όπου κάθε πληροφορία θεωρείται ένα στρώμα. Το αποτέλεσμα της συσχέτισης των πληροφοριών μας οδηγεί στη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης (zone management) και στην εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων.

5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ

Η άμπελος ή αλλιώς αμπέλι (*Vitis vinifera*) αποτελεί μία πολύ δυναμική καλλιέργεια. Το κόστος τόσο της εγκατάστασης όσο και της καλλιέργειας είναι πολύ υψηλό. Είναι πολυετές φυτό, το οποίο είναι γνωστό για τον καρπό του (σταφύλι). Η ιστορία του φυτού είναι συνυφασμένη με τη ιστορία του κρασιού. Συνεπώς η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στον τομέα της Αμπελουργίας διαφαίνεται ότι θα παρουσιάσει άμεσα και σε μεγάλο βαθμό τα οφέλη της νέας αυτής μορφής διαχείρισης στην παραγωγή υψηλής ποιότητας οίνων.

Σύμφωνα με στοιχεία του 2000 η συνολική έκταση της καλλιέργειας αμπέλου παγκοσμίως υπολογίζεται στα 78.885.000 στρέμματα. Στην Ευρώπη η συνολική έκταση που καταλαμβάνει η άμπελος ανέρχεται στα 49.740.000 στρέμματα και είναι η μεγαλύτερη έκταση παγκοσμίως ενώ ακολουθεί η Ασία με 14.840.000 στρέμματα.

Πιο συγκεκριμένα στην Ευρώπη, τη μεγαλύτερη έκταση αμπελώνων κατέχει η Ισπανία με 11.740.000, ακολουθεί η Γαλλία με 9.170.000 στρέμματα και η Ιταλία με 9.080.000 στρέμματα. Η Ελλάδα κατέχει την 5^η θέση με έκταση 1.290.000 στρέμματα (Νικολάου, 2005).

5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ

Η συστηματική κατάταξη της αμπέλου είναι η εξής:

Κλάση: Dicolyledones

Τάξη: Raminales

Οικογένεια: Vitaceae

Γένος: *Vitis* και τέλος το

Είδος: *Vitis vinifera* (Νικολάου, 2005).

5.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Στην αμπελουργία οι καλλιεργητικές φροντίδες και μεταχειρίσεις που θα λάβουν χώρα στη φροντίδα του αμπελιού μπορεί να έχουν πολύ μεγάλη επίδραση στην παραγωγή. Το κλάδεμα π.χ. μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα του αμπελώνα σε ποσοστό που ξεπερνάει το 100 %.

Η παραγωγικότητα των πρέμνων της αμπέλου όπως είναι λογικό, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανθοφορία και τις συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο της ανθοφορίας.

Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθοφορία της αμπέλου είναι το φως, η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία και η υγρασία. Όσον αφορά τις ανθικές καταβολές της αμπέλου, όταν η υγρασία του εδάφους παραμένει για μεγάλο διάστημα χαμηλότερα από το σημείο μόνιμης μάρανσης, παρατηρείται αρνητική επίδραση στο σχηματισμό τους για το επόμενο έτος (Σταύρακας, 1997), κάτι που σημαίνει ότι είναι ορατός ο κίνδυνος για μείωση της παραγωγής.

Επίσης η ανθοφορία επηρεάζεται από την λίπανση που χρησιμοποιείται στις ποσότητες καλίου και αζώτου. Η λίπανση με τα στοιχεία άζωτο και κάλιο επηρεάζει θετικά την έκπτυξη των ανθικών καταβολών, ενώ σε περίπτωση υπερβολικής εφαρμογής αζώτου, παρατηρείται δυσμενής επίδραση στο σχηματισμό ανθέων (Σταύρακας, 1997).

5.4 ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η μορφολογία και το ανάγλυφο του εδάφους της Ελλάδας με τις πεδιάδες, τις κοιλάδες, τους λόφους και τις ορεινές εκτάσεις που γειτνιάζουν περισσότερο ή λιγότερο με τη θάλασσα, δημιουργούν μεγάλη ποικιλία εδαφοκλιματικών περιβαλλόντων.

ΕΔΑΦΟΣ

Η επίδραση του εδάφους στην ποσότητα και στην ποιότητα της σταφυλικής παραγωγής είναι μεγάλη.

Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, η γονιμότητα του και η υγρασιακή του κατάσταση, παίζουν σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια της αμπέλου.

Είναι σημαντικό για την καινούργια καλλιεργητική περίοδο να γίνει η σωστή προετοιμασία μετά την περίοδο του τρυγητού. Αυτό σημαίνει ότι εάν χρειαστεί ποτίζουμε

ή λιπαίνουμε ελαφρά, έτσι ώστε να ανταπεξέρχεται κατά τη διάρκεια της έναρξης της βλάστησης. Στην αρχή της βλάστησης θα πρέπει το φυτό να έχει τις τροφές έτοιμες ώστε να ξεκινήσει η λειτουργία του. Για να μπορέσουν οι οφθαλμοί να μεγαλώσουν θα πρέπει να καλυφθούν οι ανάγκες του σε νερό και λίπασμα, να έχει πολύ καλή υγιεινή κατάσταση, ενώ τέλος πρέπει να προστατευτεί από τους διάφορους κινδύνους, είτε αναφέρονται ως ασθένειες, είτε σε εχθρούς ή ακόμα και από χαλαζόπτωση.

Τα αμμοχαλικώδη ελαφράς σύστασης και μέτρια γονιμότητας εδάφη, προσφέρονται για ποιοτική αμπελουργία. Στα εδάφη αυτά εξασφαλίζεται καλή στράγγιση, γίνεται καλός εφοδιασμός τους με ποσότητα νερού για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών, ζεσταίνονται καλύτερα εξασφαλίζοντας έτσι γρήγορη ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και πρωίμηση της ωρίμανσης της παραγωγής.

Τα μέσης σύστασης εδάφη, στα οποία κυριαρχεί ο πηλός και η άμμος ενώ η περιεκτικότητα σε άργιλο βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, προσφέρονται για ποιοτική αμπελουργία. Το ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους βελτιώνει την περιεκτικότητα του χυμού των σταφυλιών σε σάκχαρα και ουσίες που συνθέτουν το πρωτογενές άρωμα των παραγόμενων οίνων.

Τα εδάφη βαριάς σύστασης στα οποία κυριαρχεί η άργιλος είναι συνήθως πιο γόνιμα, συγκρατούν υπερβολική υγρασία, κατεργάζονται δυσκολότερα, είναι πιο ψυχρά έτσι ώστε καθυστερεί η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Δίνουν ευρωστία στη βλάστηση, οψιμίζουν την ωρίμανση της παραγωγής, αυξάνουν τις αποδόσεις αλλά υποβαθμίζουν σημαντικά την ποιότητα των σταφυλιών. Τα εδάφη αυτά δεν προσφέρονται για ποιοτική αμπελουργία και πρέπει να αποκλείονται για την εγκατάσταση του αμπελώνα.

Το pH του εδάφους που θεωρείται κατάλληλο για την καλλιέργεια της αμπέλου κυμαίνεται από 6,5-7,5. Όμως η καλλιέργεια της αμπέλου αναπτύσσεται ικανοποιητικά και σε εδάφη που έχουν pH εκτός των παραπάνω ορίων. Έτσι το αμπέλι αναπτύσσεται καλύτερα σε ουδέτερα εδάφη (Hofmann, 2003).

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί η μεγάλη επίδραση που ασκεί το υποκείμενο που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα δεδομένο εδαφικό τύπο για την παραγωγή σταφυλιών ποιότητας από μία καλλιεργούμενη ποικιλία αμπέλου. Μέχρι σήμερα η επιλογή του υποκειμένου βασιζόταν κυρίως στην αντοχή του στο ανθρακικό ασβέστιο που περιείχε το έδαφος του υπό εγκατάσταση αμπελώνα. Αυτό όμως είναι το λιγότερο. Το πιο σημαντικό είναι να λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιότητες του κάθε υποκειμένου σε σχέση με το έδαφος, όπως αντοχή στην ξηρασία, αντοχή στην υπερβολική υγρασία του εδάφους, αντοχή σε pH, χαμηλότερα ή ανώτερα από τα όρια που αναφέρθηκαν παραπάνω, η αντοχή

σε υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχου νατρίου στο έδαφος κ.τ.λ. Η ευρωστία ενός υποκειμένου είναι ένα άλλο σπουδαίο χαρακτηριστικό γιατί την ευρωστία αυτή μεταδίδει και στην εμβολιασμένη ποικιλία. Τα υποκείμενα αυτά αυξάνουν την παραγωγή που πέρα από ένα σημείο είναι σε βάρος της ποιότητας. Τέλος, πρέπει να υπάρχει αρμονική συμβίωση μεταξύ του υποκειμένου και της ποικιλίας.

ΚΛΙΜΑ

Μπορεί να θεωρηθεί ότι το μεσογειακό κλίμα είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη και τη φυσιολογία της αμπέλου (Νικολάου, 2005). Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η τόσο μεγάλη διάδοση της αμπελοκαλλιέργειας στο μεσογειακό χώρο. Είναι γνωστό ότι το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ξηροθερμικές συνθήκες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε αμπελουργική περιοχή επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή των αμπελουργικών προϊόντων. Ποικιλίες που σε ένα δεδομένο κλιματικό περιβάλλον δίνουν άριστη ποιότητα σταφυλιών, καλλιεργούμενες σε διαφορετικό κλίμα και σε όμοιο τύπο εδάφους, δε δίνουν την ίδια ποιότητα σταφυλιών. Η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια, οι βροχοπτώσεις και οι άλλες συνιστώσες του κλίματος κάθε περιοχής ασκούν την επίδραση τους στην καλλιέργεια της αμπέλου.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία επιδρά αποτελεσματικά στις φυσιολογικές λειτουργίες της αμπέλου από την έναρξη της βλάστησης μέχρι την φυλλόπτωση. Η άμπελος απαιτεί χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα και σταδιακή καταπόνηση λόγω έλλειψης νερού όσο πλησιάζει ο καρπός προς την ωρίμανση του, δηλαδή κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Νικολάου, 2005).

Το αμπέλι θεωρείται ένα από τα ανθεκτικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, φυτά σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η αντοχή του οφείλεται στο ότι βρίσκεται σε λήθαργο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δηλαδή οι χυμοί σταματούν να κινούνται μέσα στον κορμό του. Το αμπέλι αρχίζει να δραστηριοποιείται μόλις η θερμοκρασία του περιβάλλοντος φτάσει στους 15 C. Όμως στην εποχή αυτή είναι πάρα πολύ ευαίσθητο σε παγετούς και ιδιαίτερα στα μικρότερα πρέμνα.

Η έναρξη της βλάστησης που συμπίπτει με την έκπτυξη των οφθαλμών απαιτεί τιμή θερμοκρασίας που παραλλάσσει ανάλογα με την ποικιλία, τη χρονιά, το χρόνο κλαδέματος, τη θρεπτική κατάσταση των πρέμνων, τη γονιμότητα και την υγροσκοπική κατάσταση του



εδάφους κ.α. Η τιμή αυτής της θερμοκρασίας ονομάζεται 'Μηδέν Βλάστησης' και ως τέτοια θεωρείται η θερμοκρασία των 10 C για όλες τις ποικιλίες και για όλες τις περιοχές. Μεγάλη επίδραση για την ευδοκίμηση της αμπέλου έχουν οι θερμοκρασίες που είναι ίσες ή ανώτερες από την τιμή του 'Μηδενός Βλάστησης', δηλαδή των 10 C. Η περίοδος του έτους σε ημέρες κατά τις οποίες η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι ίση ή ανώτερη των 10 C ονομάζεται 'Ευνοϊκή Περίοδος Βλάστησης' και διαφέρει τόσο στις διάφορες ποικιλίες της αμπέλου όσο και στα διάφορα οικολογικά περιβάλλοντα. Βάσει αυτού καθορίζονται και οι ποικιλίες που μπορούν να ευδοκιμήσουν σε κάθε περιοχή ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε θερμοκρασία καθ' όλη τη βλαστική τους περίοδο. Υπάρχουν ποικιλίες που έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε θερμοκρασία, είναι δηλαδή όψιμες ποικιλίες, κατά συνέπεια θα πρέπει να καλλιεργηθούν σε περιβάλλον που το ενεργό θερμικό άθροισμα του να καλύπτει τις απαιτήσεις της ποικιλίας αυτής.

Υπάρχουν ποικιλίες χαμηλών θρεπτικών ή θερμικών απαιτήσεων, δηλαδή πρώιμες ποικιλίες που μπορούν να καλλιεργηθούν και σε περιβάλλοντα με χαμηλό ενεργό θερμικό άθροισμα.

Τα σημαντικότερα στάδια ανάπτυξης του αμπελιού είναι από την άνθιση μέχρι και την ωρίμανση του καρπού. Κατά τη διάρκεια της άνθισης, θα ήταν επιθυμητό για τους παραγωγούς να έχουν θερμοκρασίες μεταξύ 20-25 C, χωρίς βροχοπτώσεις, έτσι ώστε να έχουν την όσο μεγαλύτερη επικονίαση. Στο στάδιο της ανάπτυξης των ραγών, τα σταφύλια είναι πολύ ευαίσθητα σε ασθένειες και αυτό μπορεί να ζημιώσει σημαντικά το φυτό. Οι ράγες είναι κυρίως ευαίσθητες στην αυξημένη υγρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που αυξάνει τον κίνδυνο προσβολής από περονόσπορο και βοτρυτή. Πολύ υψηλές θερμοκρασίες οδηγούν σε μειωμένη διαπνοή και ακολούθως περιορισμένη ανάπτυξη τους. Οι ιδανικότερες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη των σταφυλιών είναι μεταξύ 25 και 35 βαθμών κελσίου.

ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ

Η διάρκεια και η ένταση της ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της ευνοϊκής περιόδου βλάστησης της αμπέλου επηρεάζει σημαντικά την ευδοκίμηση της. Ο ρυθμός της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φύλλων εξαρτάται από την ηλιοφάνεια. Η ποσότητα των υδατανθράκων που συντίθεται στα φύλλα, επηρεάζει την ανάπτυξη και τη ζωνρότητα της βλάστηση ως και την πορεία ωρίμανσης των σταφυλιών. Το ήμισυ περίπου της ποσότητας των υδατανθράκων αξιοποιούνται για την ανάπτυξη του πρέμνου και το άλλο ήμισυ για την ανάπτυξη και ωρίμανση των σταφυλιών. Το άθροισμα των ωρών

ηλιοφάνειας κατά τη διάρκεια της ενεργού βλάστησης της αμπέλου αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο κάθε περιοχής.

ΥΓΡΑΣΙΑ

Η εξασφάλιση επαρκούς εδαφικής υγρασίας για την κάλυψη των αναγκών των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση όλων των φυσιολογικών τους λειτουργιών. Η άμπελος κατά τη διάρκεια της βλαστικής της περιόδου έχει ανάγκη από 150-250 χιλιοστά διαθέσιμου νερού που εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το γεωγραφικό πλάτος, το ηλιοθερμικό δυναμικό κάθε περιοχής, από τη φύση του εδάφους, από την ποικιλία της αμπέλου, το σχήμα διαμόρφωσης κ.τ.λ. από την έναρξη της βλάστησης μέχρι την άνθηση θεωρείται απαραίτητη η ύπαρξη 65 χιλιοστών διαθέσιμου νερού και από την άνθιση μέχρι την ωρίμανση των σταφυλιών 85 χιλιοστών (Ρούμπος, 1996). Υπερβολική υγρασία σε γόνιμα εδάφη δημιουργεί στις ζωνρές ποικιλίες ζωνρότητα βλάστησης, ανθόρροια και ανισοραγία των σταφυλιών και γενικά υποβάθμιση της ποιότητας της παραγωγής. Η έλλειψη υγρασίας που σε χρονιές με λίγες βροχοπτώσεις παρατηρείται την περίοδο έναρξης ωρίμανσης-ωρίμανση, επιφέρει μερική ή ολική ξήρανση των φύλλων, σταμάτημα ή δυσκολία ωρίμανσης των σταφυλιών, μειωμένη περιεκτικότητα του γλεύκους σε σάκχαρα, σε χρωστικές, σε αρωματικές ουσίες και γενικά υποβάθμιση της ποιότητας με παράλληλη μείωση της απόδοσης.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι αμπελουργικές περιοχές της Ελλάδας διαθέτουν ικανοποιητικές έως υψηλές τιμές ηλιοθερμικού δυναμικού ή ηλιοθερμικού δείκτη έτσι ώστε να ευνοείται η γρηγορότερη ωρίμανση των πρώιμων ποικιλιών της αμπέλου και να καλύπτονται οι ηλιοθερμικές απαιτήσεις των όψιμων, μεγάλης περιόδου βλάστησης ποικιλιών αμπέλου. Όσον αφορά την κάλυψη των αναγκών νερού των πρέμνων, αυτή σε ξερικές χρονιές είναι ελλειμματική και έτσι δημιουργούνται προβλήματα στην απόδοση και την ποιότητα της παραγωγής.

5.5 ΡΑΓΑ

Τα χαρακτηριστικά της ράγας που μελετώνται κατά το στάδιο της ωρίμανσης είναι το σχήμα, το χρώμα, η εγκάρσια τομή, ο φλοιός, η ανθηρότητα, ο χυμός, η σάρκα, η γεύση, ο ποδίσκος, η κολλύρα (δηλαδή η βάση του ποδίσκου) και η πρόσφυση της ράγας με τον ποδίσκο. Το σημαντικότερο στάδιο για τη ράγα είναι το γυάλισμα ή φούσκωμα. Αυτό το

στάδιο διαρκεί συνήθως 20 έως 30 μέρες και οδηγεί στην πλήρη ωρίμανση του σταφυλιού. Το μέγεθος της ράγας σε αυτό το στάδιο διπλασιάζεται ή πιθανόν και περισσότερο, ενώ σιγά σιγά αλλάζει ο χρωματισμός στις έγχρωμες ή λευκές ποικιλίες. Ως πολύ μεγάλη χαρακτηρίζεται η ράγα όταν το μήκος της υπερβαίνει τα 24 χιλιοστά, σαν μεγάλη όταν είναι 18 χιλιοστά και πάνω, μετρίου μεγέθους όταν είναι ίση ή μεγαλύτερη των 12 χιλιοστών, μικρή όταν είναι 8 χιλιοστά και πάνω και πολύ μικρή κάτω των χιλιοστών. Ταυτόχρονα αρχίζει η διάσπαση των οξέων σε σάκχαρα, κυρίως στη μορφή της φρουκτόζης και λακτόζης. Οι ανάγκες της ράγας σε νερό και κάλιο είναι ιδιαίτερα μεγάλες, καθώς το φυτό πρέπει να αντιμετωπίσει τις υψηλές θερμοκρασίες με την παράλληλη αύξηση του μεγέθους. Τελευταίο στάδιο είναι η ωρίμανση, όπου συμπληρώνεται ο βιολογικός κύκλος, ο οποίος ανάλογα με την ποικιλία διαρκεί από τη βλάστηση μέχρι την ωρίμανση 110-200 μέρες. Όσον αφορά το σχήμα των ραγών αυτό μπορεί να είναι δισκοειδές, σφαιροειδές ή γαμψό. Τα συνηθέστερα χρώματα που συναντώνται είναι το κίτρινο, το λευκό, το πράσινο, το κιτρινόλευκο, το κεχριμπαρί, το σταχτί, το ρόδινο, το κόκκινο, το ιώδες, το κυανό, το μελανό και το κυανομελανό. Η παρατήρηση για το χρώμα γίνεται σε ράγες με κηρώδη ανθηρότητα που αλλοιώνει όμως το πραγματικό τους χρώμα. Η εγκάρσια τομή γίνεται σε ράγες που δεν ακουμπούν η μία στην άλλη κατά μόνιμο τρόπο. Μπορεί να είναι ομαλή (κυκλική ή ελλειπτική), ανώμαλη και γωνιώδης. Ο φλοιός μπορεί να είναι λεπτός, μέτριος, παχύς, μαλακός, σκληρός ή τραχύς. Η ανθηρότητα μπορεί να χαρακτηριστεί ως άφθονη ή μέτρια. Ο χυμός μπορεί να είναι χρωματιστός ή άχρωμος ενώ η σάρκα σαρκώδης, χυμώδης ή μαλακή. Η γεύση χαρακτηρίζεται ανάλογα με την κατάσταση ουδέτερη (απλή), μοσχάτη, ανούσια, γεύση φράουλας ή ιδιάζουσα. Στον ποδίσκο δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο μήκος και στο χρώμα του και μπορεί να είναι μακρός, μέσος ή κοντός και όσον αφορά το χρώμα του πράσινος, ερυθρός κ.τ.λ. Η κολλύρα μπορεί να είναι αναπτυγμένη, λίγο αναπτυγμένη ή διάφορη ενώ η απόσπαση της ράγας από τον ποδίσκο μπορεί να χαρακτηριστεί σαν εύκολη ή δύσκολη (δείκτης απόσπασης).

5.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΚΑΡΠΟ

Τα βασικότερα στοιχεία που περιέχονται στον καρπό είναι το άζωτο, το κάλιο, ο φώσφορος, τα μαγνήσιο, το μαγγάνιο, το θείο, ο σίδηρος, ο χαλκός, το χλώριο, το νάτριο και το ασβέστιο. Η φύση και η αναλογία τους στον καρπό εξαρτάται κυρίως από το έδαφος και τον αμπελώνα. Στο γλεύκος περιέχονται κυρίως τα στοιχεία κάλιο, σίδηρος, μαγνήσιο, μαγγάνιο και ασβέστιο. Επίσης σε αρκετά μεγάλες ποσότητες περιέχονται αζωτούχες

ενώσεις, ανόργανες και οργανικές, οι οποίες δεν έχουν καμία επίδραση ούτε στο γλεύκος αλλά ούτε και στον οίνο, όμως αποτελούν θρεπτικά συστατικά των ζυμών της αλκοολικής ζύμωσης (Σταύρακας, 1997).

Το σταφύλι στην πλήρη ωρίμανση περιέχει τις παρακάτω ουσίες:

- Νερό 75-80 %
- Σάκχαρα 15-25 %
- Αζωτούχες ενώσεις 1 % στην ξηρή ουσία
- Οξέα 3-8 %
- Χρωστικές ουσίες
- Ανόργανα άλατα
- Βιταμίνες

5.7 ΛΙΠΑΝΣΗ

Η άμπελος παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διάφορες εδαφοκλιματικές συνθήκες. Συγκριτικά με άλλες δενδρώδεις καλλιέργειες οι απαιτήσεις της αμπέλου σε λίπανση είναι περιορισμένες (Βλάχος, 1995).

Η άμπελος απορροφά σε μεγάλες ποσότητες κάποια βασικά στοιχεία για αυτήν κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όπως είναι το άζωτο, ο φώσφορος, το κάλιο το θείο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο. Επίσης σε μικρές ποσότητες καταναλίσκονται μικροστοιχεία όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, το βόριο και ο ψευδάργυρος (Βλάχος, 1995).

Έλλειψη κάποιου από τα παραπάνω στοιχεία προκαλεί συμπτώματα τροφοπενιών. Οι πιο συνηθισμένες περιπτώσεις εμφάνισης τροφοπενιών στην καλλιέργεια της αμπέλου αφορούν την έλλειψη καλίου, ψευδαργύρου, αζώτου, βορίου, μαγνησίου, σιδήρου και φωσφόρου (Βλάχος, 1995)

5.8 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ (ΒΑΘΙΑ ΑΡΟΣΗ)

Η εγκατάσταση του νέου αμπελώνα σε ένα διαφορετικό εδαφοκλιματικό περιβάλλον κατάλληλο για ποιοτική αμπελουργία, αρχίζει με τη βαθιά άροση του προς φύτευση εδαφοτεμαχίου. Η βαθιά άροση γίνεται με ελκυστήρες μεγάλης ιπποδύναμης ή άλλα βαριά μηχανήματα και φτάνει σε βάθος 60-70 εκατοστών. Χρησιμοποιείται μονόνο άροτρο που

κινείται πάντα κατά την ίδια κατεύθυνση για να διατηρηθούν οι κλίσεις της επιφάνειας της εδάφους. Συνήθως γίνεται αναστροφή του εδάφους πριν από τη βαθειά άροση, γίνεται λίπανση με 30 μονάδες φωσφόρου και 35 μονάδες καλίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν το αραιό υπερφωσφορικό 0-20-0 σε ποσότητα 150 κιλά ανά στρέμμα και το θειικό κάλι 0-0-48 σε ποσότητα 70 κιλά ανά στρέμμα. Τα λιπάσματα διασκορπίζονται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του εδάφους. Με τη λίπανση αυτή γίνεται εμπλουτισμός του εδάφους με φώσφορο και κάλιο μέχρι βάθος 70 εκατοστών έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να είναι διαθέσιμα για πολλά χρόνια στο ριζικό σύστημα των πρέμνων του αμπελιού.

Η φύτευση του νέου αμπελώνα μπορεί να γίνει ένα χρόνο μετά τη βαθειά άροση όταν το χωράφι δεν καλλιεργούνται με δενδροκομικά φυτά και έπειτα από 2-3 χρόνια αν είχε δενδροκομικά φυτά. Στην περίπτωση αυτή κατά την εκτέλεση της βαθιάς άροσης θα πρέπει να γίνεται συλλογή και απομάκρυνση των ριζών από την αυλακιά.

5.9 ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΙΟΥ

Βιολογική ή Οργανική ή Οικολογική ή Αειφορική Γεωργία είναι ένα σύστημα διαχείρισης και παραγωγής αγροτικών προϊόντων που στηρίζεται σε φυσικές διεργασίες, στη μη χρησιμοποίηση χημικών συνθετικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων και στη χρησιμοποίηση μη χημικών μεθόδων για την αντιμετώπιση εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων, καθώς και τη χρησιμοποίηση τεχνικών παραγωγής (π.χ. αμειψισπορά, ανακύκλωση φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων) που διατηρούν τη φυσική ισορροπία και τη γονιμότητα του εδάφους.

5.10 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Οι βασικές αρχές της βιολογικής γεωργίας αφορούν την ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων του αγροοικοσυστήματος, την αποφυγή δημιουργίας αποβλήτων, την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας του ανθρώπου, την ελάττωση των εξωτερικών εισροών, την οικονομική διαχείριση των μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, την επέκταση συστημάτων πολυετών αμειψισποράς, την αλληλεξάρτηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, την προστασία της μικροχλωρίδας και της μικροπανίδας του εδάφους και την διατήρηση της βιοποικιλότητας.

Για την επίτευξη των παραπάνω αρχών η βιολογική γεωργία βασίζεται κυρίως:

α) Στη χρησιμοποίηση, κατά το δυνατόν, ανανεώσιμων φυτικών πόρων σε τοπικό

επίπεδο και στην αυτάρκεια του εδάφους σε οργανική ουσία και θρεπτικά στοιχεία.

β) Στη χρησιμοποίηση ιθαγενών ποικιλιών φυτών και φυλών ζώων καθώς και στην επιλογή κατάλληλων καλλιεργητικών τεχνικών και την εναλλαγή ενδεικνυόμενων καλλιεργειών, με προτίμηση στα μεικτά συστήματα γεωργίας (συνύπαρξη φυτικής και ζωϊκής παραγωγής στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις).

5.11 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Βασικοί στόχοι της βιολογικής γεωργίας είναι η ανάπτυξη και προαγωγή ολοκληρωμένων σχέσεων μεταξύ εδάφους, φυτών, ζώων, ανθρώπων και βιόσφαιρας, έτσι ώστε τελικά να παράγονται γεωργικά προϊόντα και είδη διατροφής χωρίς χημικά υπολείμματα και ταυτόχρονα να αναβαθμίζεται και να προστατεύεται το περιβάλλον.

Παραγωγοί πολλών προηγμένων αμπελουργικών χωρών έχουν αρχίσει τελευταία να ασχολούνται ολοένα και περισσότερο με την βιολογική καλλιέργεια του αμπελιού προκειμένου να αντιμετωπίσουν διάφορα προβλήματα όπως:

α) της υπερπαραγωγής και της διάθεσης των αμπελουργικών αποθεμάτων, κυρίως κρασιού και σταφίδας.

β) της ποιότητας της παραγωγής που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (φυτουγειονομική κατάσταση, παρουσία υπολειμμάτων διαφόρων αγροχημικών κ.λπ.).

γ) των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αγροχημικών στο περιβάλλον (υποβάθμιση του εδάφους, διάβρωση του εδάφους, ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων κ.λπ.) και στην υγεία του ανθρώπου και των αγροτικών παραγωγικών ζώων κ.ά.

5.12 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΥΝΟΟΥΝ ΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ

Οι παράγοντες διάδοσης των βιολογικών καλλιεργειών στα νησιά είναι οι εξής:

Κλιματικοί: Εύκρατο και ξηροθερμικό κλίμα των νησιών, που χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια ξηρής περιόδου (Μάϊος-Οκτώβριος), ήπιο χειμώνα, μέτριες βροχοπτώσεις (600 mm νερού/ έτος), πολύ υψηλή ηλιοφάνεια (>300 ημέρες ηλιοφάνειας/ έτος), υψηλές μέσες θερμοκρασίες (18.5-20 °C), έντονοι άνεμοι (βορειοδυτικοί το καλοκαίρι και νότιοι το χειμώνα) και έλλειψη παγετών το φθινόπωρο και την άνοιξη. Οι παράγοντες αυτοί ευνοούν την ταχεία ανάπτυξη του αμπελιού και δυσχεραίνουν την ανάπτυξη και την εξάπλωση

πολλών μυκητολογικών και βακτηριολογικών ασθενειών, οι οποίες χρειάζονται υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες για να προσβάλλουν τα φυτά.

Εδαφικοί-Γεωμορφολογικοί: Τύπος εδάφους (αργιλλοαμμώδες, αμμώδες κ.ά.), προέλευση, τρόπος δημιουργίας και γονιμότητά του (γόνιμο, εμπλουτισμένο με οργανική ουσία κ.ά.), υψόμετρο, τοποθεσία και διαμόρφωση (ορεινό, ημιορεινό, λοφώδες, απομονωμένο κ.ά.) εδάφους στα νησιά. Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν ευνοούν την παραγωγή βιολογικών προϊόντων αμπελιού άριστης ποιότητας (γευστικών, αρωματικών, θρεπτικών υγιεινών κ.ά.).

Περιβαλλοντικοί: Καθαρός και αμόλυντος αέρας και νερό στα νησιά, που δεν έχουν επιβαρυνθεί με βιομηχανικά κατάλοιπα και απόβλητα γεωργικών βιομηχανιών.

5.13 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το έτος 1982 άρχισε η εφαρμογή προγράμματος βιολογικής καλλιέργειας Κορινθιακής σταφίδας στο Αίγιο, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα με ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Πολλοί παραγωγοί οιναμπέλων διαφόρων περιοχών (π.χ. Ανάβυσσου, Αττικής, Νάουσας, Νεμέας, Μαντινείας, Σαντορίνης, Ρόδου, Ηρακλείου, Φθιώτιδας, Ρεθύμνου, Σητείας και Χανίων) ασχολούνται με τη βιολογική παραγωγή του κρασιού.

Πολλές εταιρίες ξενοδοχειακές επιχείρησης (π.χ. GRECOTEL), διεπαγγελματικοί σύνδεσμοι (π.χ. ΟΠΑΠ Σαντορίνης) και Ενώσεις Γεωργικών Συνεταιρισμών ασχολούνται με τη βιολογική παραγωγή και εμφιάλωση κρασιού. Βιολογικά προϊόντα του αμπελιού που κυκλοφορούν στην αγορά: σταφύλια, σταφίδα, κρασί, χυμός χωρίς ζάχαρη και συντηρητικά (παστεριωμένος σε συσκευασία Tetra Pack).

5.14 ΕΧΘΡΟΙ ΤΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ- ΠΕΡΟΝΟΣΠΟΡΟΣ

Ο περονόσπορος αποτελεί τη σπουδαιότερη μυκητολογική ασθένεια της αμπέλου, η οποία είναι ευρύτατα διαδεδομένη στις πλείστες χώρες του κόσμου. Ο παθογόνος μύκητας εισήλθε στην Ευρώπη από την Αμερική (πιθανώς με την εισαγωγή ανθεκτικών στη φυλλοξήρα υποκειμένων αμερικανικών ειδών *Vitis* spp.) και διαπιστώθηκε για πρώτη φορά στη Γαλλία το 1878. Εντός τριών χρόνων ο περονόσπορος διαδόθηκε σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Στην Ελλάδα ο περονόσπορος εμφανίστηκε για πρώτη φορά το έτος 1881 στη Μεσσηνία και εντός ολίγων ετών διαδόθηκε σε όλες τις αμπελουργικές περιοχές της χώρας. Το έτος 1900 σημειώθηκε η πρώτη σοβαρή επιδημία περονόσπορου στη χώρα μας, η οποία κατάστρεψε περίπου τα 2/3 ανανεωμένης παραγωγής. Από τότε η ασθένεια ενδημεί στη χώρα μας απειλώντας κάθε χρόνο την παραγωγή του αμπελιού στις υγρές και με συχνές βροχοπτώσεις περιφέρειες. Οι ξηρές περιοχές δεν κινδυνεύουν συνήθως από την ασθένεια, διότι τα σπόρια του μύκητα χρειάζονται υγρασία για να βλαστάνουν.

Οι ζημιές που προκαλεί ο περονόσπορος στο αμπέλι είναι άμεσες και έμμεσες. Η σοβαρότερη ζημιά γίνεται όταν προσβάλλονται και καταστρέφονται οι βότρες. Επίσης, η προσβολή των φύλλων αν είναι εκτεταμένη συντελεί σε έντονη φυλλόπτωση και έχει άμεση επίδραση στην παραγωγή των πρέμνων. Η εποχή της αποφύλλωσης των πρέμνων εξαιτίας του περονόσπορου παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των ζημιών, αλλά φαίνεται ότι αποφύλλωση του πρέμνου σε οποιοδήποτε στάδιο δημιουργεί κινδύνους για την παραγωγή του ίδιου έτους ή και του επόμενου έτους. Έντονη αποφύλλωση νωρίς το καλοκαίρι συνεπάγεται ελλιπή ωρίμανση και ξυλοποίηση των κληματίδων, κακή διαφοροποίηση των οφθαλμών και ελλιπή παραγωγή αποθησαυριστικών ουσιών, με αποτέλεσμα κακή ανάπτυξη του πρέμνου τον επόμενο χρόνο ή ακόμα και το μεθεπόμενο.

Όψιμη αποφύλλωση των πρέμνων, που συνήθως παρατηρείται σε όψιμες προσβολές την περίοδο από τα μέσα Ιουλίου και μετά, συντελεί σε μείωση της παραγωγής τουλάχιστον των δύο επόμενων χρόνων και αυτό φαίνεται ότι δεν οφείλεται μόνο στην αποφύλλωση άλλα σε αίτια που σχετίζονται στην αλληλεπίδραση ξενιστού- παρασίτου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι διαδοχική αποφύλλωση των πρέμνων λόγω προσβολής τους από τον περονόσπορο για δυο ή τρία χρόνια έχει ως αποτέλεσμα τη νέκρωση και ξήρανση των πρέμνων. Εκτίμηση των ζημιών που προκαλεί συνήθως ο περονόσπορος στο αμπέλι δεν έχει γίνει στην Ελλάδα. Στην Ιταλία υπολογίζουν ότι το 10% της παραγωγής ετησίως καταστρέφεται άμεσα από την ασθένεια, ενώ 5-10% ακόμη της αξίας της παραγωγής αφορούν τα έξοδα που γίνονται για την αντιμετώπισή της.

5.15 ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η συνολική έκταση του ελληνικού αμπελώνα ανέρχεται σε 1.383.220 στρέμματα (1992) και αντιπροσωπεύει περίπου το 4,5 % της συνολικής καλλιεργούμενης στη χώρα μας έκτασης, το 3,5 % του κοινοτικού αμπελώνα και το 1,7 % του παγκόσμιου.

Η καλλιεργούμενη έκταση από 2.030.000 στρέμματα μειώθηκε προοδευτικά σε 1.920.000 στρέμματα , ύστερα σε 1.700.000 στρέμματα και το 1992 σε 1.383.220 στρέμματα. Η μείωση αυτή οφείλεται εκτός των άλλων (εισβολή φυλλοξήρας σε Πελοπόννησο το 1971 και Κρήτη το 1988, εγκατάλειψη λόγω αστυφιλίας και μείωση του αριθμού των γεωργών που ασχολούνται με την αμπελουργία) στην εκρίζωση σημαντικού μέρους του ελληνικού αμπελώνα σύμφωνα με την εφαρμογή των κοινοτικών κανονισμών 456/70, 777/85 και ιδιαιτέρως του 1442/88. Κατά την περίοδο 1988- 1992 εκριζώθηκε το 14,2 % (περίπου 240.000 στρέμματα) των καλλιεργούμενων το 1988 εκτάσεων.

Γενικά η αμπελουργία τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα έχει υποβαθμιστεί σημαντικά, λόγω της μετανάστευσης του πληθυσμού προς τις αστικές περιοχές μετά τον εμφύλιο πόλεμο καθώς και την κακή επιλογή Αμερικανικών υποκειμένων για την αντιμετώπιση της φυλλοξήρας. Η τάση εγκατάλειψης συνεχίζεται ακόμα και σήμερα, κυρίως από τα κίνητρα που δίνονται για ξερίζωμα των αμπελώνων από την Ε.Ε.

Από τα περίπου 1.900.000 στρέμματα αμπελιών που καλλιεργούνται στην Ελλάδα τα 300.000 είναι επιτραπέζια, τα 650.000 είναι για την παραγωγή σταφίδας και τα 950.000 είναι οινοποιήσιμες ποικιλίες.

Οι κυριότερες περιοχές παραγωγής επιτραπέζιων σταφυλιών βρίσκονται στην Κρήτη (Αρχάνες), στη Θεσσαλία (Τύρναβος) και στην Κορινθία. Στην περιοχή της Κορίνθου έχουμε τη μεγαλύτερη παραγωγή σταφίδας (σουλτανίνα) στην Ελλάδα με περίπου 350.000 στρέμματα. Κυριότερες περιοχές όπου έχουμε οινοποιήσιμες ποικιλίες είναι η Ραψάνη Λάρισας, η Νάουσα, το Άγιο Όρος, η Σαντορίνη, η Νεμέα Κορινθίας και η Χαλκιδική (Κούσουλας, 1995).

5.16 ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Οι οινοποιήσιμες ποικιλίες που παράγονται στην Ελλάδα χωρίζονται ανάλογα με το χρώμα τους σε λευκές και χρωματιστές. Στις λευκές ανήκουν οι εξής: Αηδάνι, Αθήρι, Άσπρο Κύπρου, Ζουμιάτικο, Θραψαθήρι, Λαγόρθη, Μπατίκι, Ντεμπίνα, Ροδίτης, Ρομπόλα, Σαββατιανό και Τσαούσι.

Στις χρωματιστές ανήκουν οι: Ακομινάτο, Βερτζαμί, Γεωργιανά, Διμηνίτης, Κοινιάρικο, Κοτσιφάλι, Λημνιό, Μαντηλαριά, Μαύρο Κύπρου, Μαύρο Ναούσης, Μαυροδάφνη, Μαυρούδι, Ρωμαϊκό, Σέφκα, Φιλέρι και Φωκιανό.

Ακόμα υπάρχουν ποικιλίες επιτραπέζιων σταφυλιών οι οποίες είναι οι εξής: Αητούχι άσπρο, Αητούχι μαύρο, Αυγουλάτο, Βέρυκο, Ιθάκη, Θέρμη, Κολοκυθάς αυγουλάτος,

Κρύσταλλο άσπρο Ναούσης, Μοσχάτο Αλεξανδρείας, Μοσχάτο Αμβούργου, Μπαμπαλάς, Όψιμο Εδέσσης, Όψιμο Σουφλίου, Ραζακί, Ραζακί πρώιμο Ουγγαρίας, Ραζακί ροδόχρωμο, Σιδηρίτης, Σουλτανίνα ροδόχρωμη, Συρίκι, Φράουλα άσπρη, Φράουλα κόκκινη, Χουρμάς άσπρος και Χουρμάς κόκκινος.

Ακόμα οι ποικιλίες σταφυλιών που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σταφίδας στον Ελλαδικό χώρο είναι η Κορινθιακή σταφίδα και η Σουλτανίνα.

6 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΑΓΡΟΣ

Ο αμπελώνας στον οποίο έλαβε χώρα το πείραμα με τους ασύρματους αισθητήρες για τη μέτρηση της υγρασίας ανήκει στον Δημήτρη Τυμπλαλέξη και βρίσκεται στις Μικροθήβες στο δήμο Αγγιάλου στη Μαγνησία. Η εγκατάσταση των αισθητήρων και οι μετρήσεις έγιναν το καλοκαίρι 2008. Ο αμπελώνας είναι συνολικής έκτασης 50 στρεμμάτων. Το τμήμα που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα εργασία είχε έκταση 10 στρεμμάτων και βρισκόταν σε κεκλιμένο τμήμα του αμπελώνα. Η εγκατάσταση του συγκεκριμένου τμήματος του αμπελιού έγινε το 2004 με αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των πρέμων 0,9 μέτρα και μεταξύ των γραμμών 2,6 μέτρα. Τα σταφύλια είναι ποικιλίας “αγιορίτικο” και η συνολική παραγόμενη ποσότητά τους, επεξεργάζεται στο ιδιωτικό οινοποιείο της οικογένειας Τυμπλαλέξη που βρίσκεται στις Μικροθήβες σε απόσταση 800 μέτρων από το κτήμα.



Σχήμα 1. Πειραματικός αμπελώνας

6.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (EC) είναι ένας παράγοντας μέτρησης της ροής των ηλεκτρονίων μέσω του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους (Electrical Conductivity, EC) στο παρόν πείραμά μετρήθηκε στον αγρό με τον αισθητήρα EM 38 της εταιρίας Geonics Limited. Το όργανο αποτελείται από ένα πομπό και ένα δέκτη όπου η απόσταση μεταξύ τους είναι 1 μέτρο, η συχνότητα που λειτουργεί είναι 14,6 kHz και η τροφοδότηση γίνεται από μπαταρία 9 V (Geonics Limited EM 38 Operating Manual, 2006).

Το EM 38 είναι ένας αισθητήρας ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, που διαθέτει ένα πηνίο- πομπό το οποίο όταν πλησιάσει στο έδαφος ενεργοποιεί εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργώντας ένα πρωτεύον μαγνητικό πεδίο στο έδαφος. Αυτό το μαγνητικό πεδίο παράγει ηλεκτρικά πεδία μικρής έντασης στο έδαφος τα οποία δημιουργούν ένα δεύτερο μαγνητικό πεδίο. Ταυτόχρονα ένα δεύτερο πηνίο- δέκτης λαμβάνει τα δυο μαγνητικά πεδία. Η αναλογία πρωτεύοντος και δευτερεύοντος μαγνητικού πεδίου είναι μια γραμμική συνάρτηση της αγωγιμότητας.

Η ροή μπορεί να επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η υγρασία και η θερμοκρασία του εδάφους, το πορώδες του, οι ηλεκτρολύτες που τυχόν υπάρχουν μέσα στο νερό του εδάφους, η ύπαρξη ορυκτών κ.α. Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχουν συσχετισθεί και με το ανταλλάξιμο ασβέστιο και μαγνήσιο που βρίσκεται στο έδαφος. Έτσι βγαίνει το συμπέρασμα ότι ένα μεγάλο πλήθος παραγόντων που περιγράφουν την παραλλακτικότητα του εδάφους ενός αγρού επηρεάζουν άμεσα την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Επομένως η χαρτογράφηση της EC μέσα στον αγρό είναι αντιπροσωπευτική της παραλλακτικότητας του εδάφους του αγρού.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση του EM 38. Στην αρχή γίνεται ο έλεγχος της μπαταρίας του οργάνου ο οποίος πρέπει να είναι καθημερινός πριν την έναρξη των μετρήσεων. Μετά τοποθετείται ο διακόπτης λειτουργίας στη θέση BATT και ελέγχονται οι ενδείξεις οι οποίες πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ -1500 και -720. Εξαιτίας της υψηλής ευαισθησίας του οργάνου πριν την έναρξη της βαθμονόμησης χρειάζεται απομάκρυνση των μεταλλικών αντικειμένων που βρίσκονται στο κοντινό περιβάλλον, επειδή επηρεάζονται οι μετρήσεις του.

Βήμα 1^ο: Με το EM 38 τοποθετημένο στο έδαφος στην οριζόντια θέση και με την μικρού πλάτους πλευρά προς τα κάτω, ο διακόπτης Mode στρέφεται στην θέση Q/P.

Με την βοήθεια του διακόπτη Q/P Zero control ρυθμίζεται η ένδειξη του οργάνου στο μηδέν.

Βήμα 2^ο: Με το όργανο στην ίδια θέση ο διακόπτης mode στρέφεται στην ένδειξη I/P. Με την βοήθεια των διακοπών I/P Coarse control και I/P Fine control ρυθμίζεται ξανά η ένδειξη του οργάνου στο μηδέν. Επαναφέροντας τον διακόπτη mode στην θέση λειτουργίας Q/P ελέγχουμε αν η ένδειξη παραμένει μηδενική. Αν η ένδειξη έχει αλλάξει με τον διακόπτη Q/P Zero control ρυθμίζουμε ξανά την ένδειξη στο μηδέν.

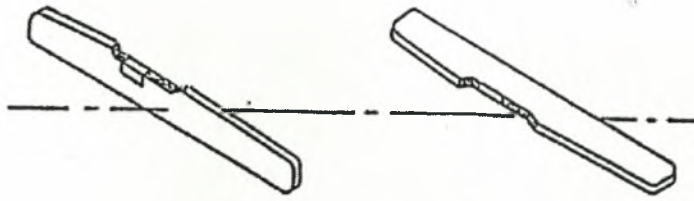
Βήμα 3^ο: Ανυψώνουμε το EM 38 σε ύψος 1,5 μέτρου τοποθετημένο οριζόντια με την μεγάλη πλάτους πλευρά προς τα κάτω.

Βήμα 4^ο: Φέρνοντας τον 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.

Βήμα 5^ο: Με το όργανο στην οριζόντια θέση σε ύψος 1,5 μέτρου και τον διακόπτη Mode στην θέση Q/P, ρυθμίζουμε το όργανο με τον 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 την μικρού πλάτους πλευρά προς τα κάτω και σημειώνουμε την ένδειξή του (π.χ. $V= 16 \text{ mS/m}$). Αφαιρώντας την ένδειξη όταν η μικρή πλάτους πλευρά βρίσκεται προς τα κάτω από την ένδειξη όταν βρίσκεται προς τα κάτω η μεγάλη πλάτους πλευρά, καταγράφουμε μια τιμή (π.χ. $V-H= 6 \text{ mS/m}$).

Βήμα 6^ο: Τέλος, με τον διακόπτη Mode τοποθετημένο στην θέση Q/P και το όργανο τοποθετημένο με την μεγάλη πλάτους πλευρά προς τα κάτω, 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 έτσι ώστε η μικρή πλάτους πλευρά να βρίσκεται προς τα κάτω, η ένδειξή του πρέπει είναι η διπλάσια (στο παράδειγμά μας 12 mS/m).

Γενικά μετά τη βαθμονόμηση του οργάνου οι ενδείξεις του θα πρέπει να ακολουθούν την ακόλουθη σχέση: $V= 2H$, όπου V: η ένδειξη όταν βρίσκεται προς τα κάτω η μικρού πλάτους πλευρά και H: η ένδειξη όταν προς τα κάτω βρίσκεται η μεγάλη πλάτους πλευρά.



Σχήμα 2. Οριζόντια θέση του EM 38 για τη μικρή και τη μεγάλη πλάτους πλευρά προς τα κάτω

Ο αισθητήρας έχει την δυνατότητα μέτρησης και στις δύο θέσεις λειτουργίας. Όταν η μικρή πλάτους πλευρά βρίσκεται προς τα κάτω έχει δυνατότητα μέτρησης της φαινόμενης ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε βάθος 1,5 μέτρων ενώ στην άλλη περίπτωση η ικανότητα μέτρησης φτάνει τα 0,75 μέτρα. Η ένδειξη της ECa που καταγράφεται με τον αισθητήρα αποτελεί τον μέσο όρο των τιμών της ECa μιας κατακόρυφης 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).

Ο χρόνος λήψης μετρήσεων ήταν ανά 1s ενώ η συχνότητα που επικοινωνούν τα όργανα είναι 450 MHz. Με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού των Windows που χρησιμοποιήθηκαν μέσω ενός φορητού υπολογιστή οι τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας του EM 38 και οι συντεταγμένες κάθε σημείου από όπου μετρούσαμε την ηλεκτρική αγωγιμότητα αποθηκεύονταν στον φορητό υπολογιστή με τον οποίο ήταν συνδεδεμένα το EM 38 και το RTK GPS. Μετά τη σάρωση του αγρού με το όργανο ήταν γνωστή η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ολόκληρη την έκταση του χωραφιού (Geonics, 2006).

Οι μετρήσεις με το EM 38 γίνανε στο μέσο των γραμμών με το EM 38 να βρίσκεται στην κάθετη θέση λειτουργίας.

Η μέτρηση της επίγειας αγωγιμότητας με το EM 38 είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη χαρτογράφηση παραλλακτικότητας όσον αφορά σημαντικές εδαφολογικές ιδιότητες.



Σχήμα 3. Αισθητήρας ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής EM 38 συνδεδεμένος με δέκτη GPS μέσω φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το όργανο είναι τοποθετημένο στο έδαφος, παράλληλα με το έδαφος και με τη μικρού πλάτους πλευρά προς τα κάτω.

6.3 ΛΗΨΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Χρησιμοποιήθηκε η στρωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία για τη λήψη δειγμάτων εδάφους. Έτσι το χωράφι χωρίστηκε σε εννέα ίσα τμήματα ανάλογα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του χωραφιού, που καλύπτουν όλη την περιοχή και μέσα από κάθε τμήμα πήραμε πέντε δείγματα από συγκεκριμένες θέσεις καταγράφοντας με GPS χειρός τις συντεταγμένες κάθε δείγματος. Συνολικά ελήφθησαν 9 σύνθετα δείγματα καθένα από τα οποία προήλθε από πέντε υποδείγματα. Το βάθος δειγματοληψίας ήταν 0- 30cm ενώ το βάρος κάθε δείγματος ήταν περίπου 1 kg. Τα εδαφικά δείγματα ελήφθησαν με τη βοήθεια ειδικού εδαφολήπτη και τοποθετήθηκαν σε σακούλες, αναμίχθηκαν και αεροξηράθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου. Έπειτα από την προετοιμασία των εδαφικών δειγμάτων έγιναν οι κατωτέρω περιγραφόμενες εργαστηριακές αναλύσεις (Hartsock et al., 2000).

Ο προσδιορισμός του pH των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σε εδαφικό αιώρημα εδάφους νερού, σε αναλογία 1:1 με pH- μετρο (Pansu et al., 2006). Τα αντιδραστήρια και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση είναι ένα ποτήρι ζέσεως 200 ml., ένα πεχάμετρο, ρυθμιστικά διαλύματα με pH=4 και pH=7 για την βαθμονόμηση του πεχάμετρου, μία γυάλινη ράβδος ανάδευσης και αποσταγμένο νερό. Αρχικά για τον προσδιορισμό του pH πραγματοποιήθηκε βαθμονόμηση του πεχάμετρου με την χρήση των ρυθμιστικών διαλυμάτων γνωστού pH. Στο ποτήρι ζέσεως των 200 ml φέρονται 50 g δείγματος εδάφους και 50 ml απεσταγμένου ύδατος. Ακολουθεί ανάδευση

για διάστημα 10 λεπτών με την γυάλινη ράβδο και το αιώρημα αφήνεται προς εξισορρόπηση. Στην συνέχεια το ηλεκτρόδιο του πεχάμετρου στην πάνω επιφάνεια του υδατικού αιωρήματος και καταγράφεται η τιμή του pH στην οθόνη του πεχάμετρου (Pansu et al., 2006).

Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο Walkley- Black. Τα αντιδραστήρια και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση είναι μία κωνική φιάλη των 500 ml, Διχρωμικό Κάλιο ($K_2Cr_2O_7$), 1 N, πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4), πυκνό φωσφορικό οξύ (H_3PO_4), απιονισμένο νερό, δείκτης διφαινυλαμίνης και διάλυμα $FeSO_4 \cdot H_2O$, 0,5 N. Για τον προσδιορισμό της οργανικής ουσίας φέρεται στην κωνική φιάλη των 500 ml ένα γραμμάριο δείγματος εδάφους και προστίθενται 10 ml διαλύματος $K_2Cr_2O_7$. Ακολουθεί ανακίνηση έως την πλήρη διασπορά του δείγματος. Στη συνέχεια προστίθενται 20 ml H_2SO_4 και η φιάλη αφήνεται σε ηρεμία για 30 λεπτά. Μετά το πέρας των 30 λεπτών προστίθενται στη φιάλη 10 ml πυκνού H_3PO_4 , 200 ml απιονισμένου ύδατος και 1 ml δείκτη διφαινυλαμίνης. Ακολουθώς πραγματοποιείται ογκομέτρηση των δειγμάτων με διάλυμα $FeSO_4 \cdot H_2O$, 0,5 N. Στο σημείο εξουδετέρωσης το χρώμα των δειγμάτων μεταβάλλεται από σκούρο μπλε σε πράσινο. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την δημιουργία ενός δείγματος- μάρτυρα χωρίς όμως την προσθήκη εδάφους.

Ο διαθέσιμος φώσφορος των εδαφικών δειγμάτων προσδιορίστηκε με τη μέθοδο του Olsen (Olsen et al., 1954). Κατά την μέθοδο Olsen χρησιμοποιήθηκαν τα εξής αντιδραστήρια και όργανα: διάλυμα NaOH, 5 N, διάλυμα $NaHCO_3$, 0,5M, θειικό οξύ (H_2SO_4), 5N, μολυβδαινικό αμμώνιο $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, τρυγικό καλιοαντιμμώνιο $KSbO \cdot C_4H_4O_6$, το αντιδραστήριο A που δημιουργείται με ανάμειξη δύο διαλυμάτων. Ενός διαλύματος 6g $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ σε 125 ml απεσταγμένου ύδατος και ενός 0,145 g $KSbO \cdot C_4H_4O_6$ σε 50 ml απεσταγμένου ύδατος. Τα δύο διαλύματα φέρονται σε φιάλη των 1000 ml στην οποία προστίθενται 500 ml H_2SO_4 5N και αποσταγμένο νερό μέχρι ο όγκος του διαλύματος να φτάσει 1L, ασκορβικό οξύ, αντιδραστήριο B που δημιουργείται με διάλυση 0,528 g ασκορβικού οξέος σε 100 ml αντιδραστηρίου A, δείκτης p-νιτροφαινόλης, και 1) Stock 1: Δημιουργείται με διάλυση 1,1gr KH_2PO_4 σε 250 ml αποσταγμένου ύδατος και προσθήκη 4ml H_2SO_4 . 2) Stock 2: 10ml από το Stock 1 φέρονται σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml η οποία συμπληρώνεται ως την χαραγή με αποσταγμένο νερό. 3) Πρότυπο διάλυμα P: 5 ml του Stock 2 φέρονται σε φιάλη των 500 ml η οποία πληρώνεται ως την χαραγή με αποσταγμένο νερό (Walkley, 1947). Για τον προσδιορισμό του διαθέσιμου φωσφόρου αρχικά κατασκευάζεται πρότυπη καμπύλη με την χρήση κατάλληλων

διαλυμάτων. Τα διαλύματα αυτά δημιουργούνται ως εξής: 10ml διαλύματος NaHCO_3 0,5N φέρονται σε ποτήρι ζέσεως και προστίθεται μια σταγόνα δείκτη p-νιτροφαινόλης. Το διάλυμα αποκτά κίτρινο χρώμα. Στη συνέχεια προστίθεται διάλυμα H_2SO_4 5N και μετράται το pH του διαλύματος μέχρι να φτάσει στην τιμή 5. Τα ml του οξέος που απαιτήθηκαν στην διαδικασία καταγράφονται (π.χ. Xml). Σε 6 ογκομετρικές φιάλες των 50ml προστίθενται από 10ml διαλύματος NaHCO_3 0,5N και σε κάθε μια από 0, 5, 10, 15, 20 και 30ml πρότυπου διαλύματος P. Στη συνέχεια προστίθεται σε κάθε φιάλη Xml διαλύματος H_2SO_4 5N με αποτέλεσμα το pH κάθε διαλύματος να ισούται με 5. Έπειτα σε κάθε φιάλη προστίθεται αποσταγμένο νερό και 8ml αντιδραστηρίου B. Κάθε φιάλη συμπληρώνεται ως τη χαραγή με αποσταγμένο νερό και ανακινείται. Μετά από 45 λεπτά που οι φιάλες ηρεμούν, μετράται σε σπεκτροφωτόμετρο η απορρόφηση και κατασκευάζεται πρότυπη καμπύλη συγκέντρωσης- ένδειξης του οργάνου. Αφού δημιουργηθεί η πρότυπη καμπύλη πραγματοποιείται εκχύλιση του διαθέσιμου P από τα δείγματα εδάφους. Για την εκχύλιση φέρονται 5gr δείγματος εδάφους σε φιάλη και προστίθενται 100 ml εκχυλιστικού διαλύματος NaHCO_3 0,5 M. Ακολουθεί ανακίνηση για 30 λεπτά και διήθηση. 10ml του διηθήματος φέρονται σε ογκομετρική φιάλη όπου προστίθενται Xml διαλύματος H_2SO_4 5N και αποσταγμένο νερό. Το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία για 30 λεπτά και στη συνέχεια προστίθενται 8ml αντιδραστηρίου B και αποσταγμένο νερό έως τελικού όγκου 50 ml. Το διάλυμα ανακινείται και αφήνεται για 45 λεπτά σε ηρεμία. Μετά το διάστημα αυτό ακολουθεί μέτρηση της απορρόφησης σε σπεκτροφωτόμετρο και μέσω της πρότυπης καμπύλης συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου προσδιορίζεται η εκχυλιζόμενη ποσότητα φωσφόρου του δείγματος (Olsen et al., 1954).

Για τον προσδιορισμό του ανταλλάξιμου καλίου των εδαφικών δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε εκχυλιστικό διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1M και τα ιόντα καλίου προσδιορίστηκαν στο εκχύλισμα με φλογοφωτόμετρο (Μήτσιος, 2003). Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι διάλυμα $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1M και πρότυπα διαλύματα καλίου, 0,10,50,100,150 και 200ppm K^+ /l Σε φιαλίδιο των 50 ml φέρονται 4 g εδαφικού δείγματος και προστίθενται 33 ml διαλύματος $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1M τα οποία ανακινούνται για 30 λεπτά. Ακολουθεί διήθηση του δείγματος και συλλογή του σε πλαστική φιάλη των 100 ml. Η μέτρηση του ανταλλάξιμου καλίου του δείγματος γίνεται με την χρήση φλογοφωτόμετρου το οποίο αρχικά βαθμονομείτε με την βοήθεια πρότυπων διαλυμάτων καλίου 0, 10, 50, 100, 150 και 200 ppm K^+ /l. Οι τιμές του φλογοφωτόμετρου αντιστοιχούνται με τις τιμές της συγκέντρωσης των πρότυπων διαλυμάτων κατασκευάζοντας έτσι πρότυπη καμπύλη συγκέντρωσης πρότυπων διαλυμάτων- ενδείξεων οργάνου. Μετά την βαθμονόμηση του

φλογοφωτόμετρου εισάγεται το προς μέτρηση δείγμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Με την χρήση της πρότυπης καμπύλης η ένδειξη του οργάνου για το προς μέτρηση δείγμα αντιστοιχίζεται σε τιμές συγκέντρωσης ανταλλάξιμου εδαφικού καλίου σε ppm K^+/l .

Η μέθοδος προσδιορισμού του ολικού $CaCO_3$ του εδάφους στηρίζεται στην αντίδραση με γνωστή συγκέντρωσης HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας ποσότητας HCl με διάλυμα NaOH. Τα αντιδραστήρια και τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση είναι: διάλυμα HCl 2M, διάλυμα NaOH 0,1M, δείκτης φαινολοφθαλείνης, κωνικές φιάλες 100 ml και 250 ml. Και αποσταγμένο νερό (Μήτσιος, 2003).

Για τον προσδιορισμό του $CaCO_3$ 10 g αεροξηραθέντος εδάφους μεταφέρονται σε κωνική φιάλη των 250 ml και προστίθενται 20 ml διαλύματος HCl 2M. Μετά την εμφάνιση φυσαλίδων ακολουθεί θέρμανση της φιάλης για περίπου 10 λεπτά. Μετά το πέρας της θέρμανσης ακολουθεί ψύξη της φιάλης και μεταφορά με διήθηση του περιεχομένου της σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml που συμπληρώνεται ως τη χαραγή με αποσταγμένο νερό.

Με σιφόνιο μεταφέρονται 10 ml του παραπάνω διαλύματος σε κωνική φιάλη των 250 ml, προστίθενται 50 ml αποσταγμένου ύδατος, λίγες σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλείνης και ακολουθεί ογκομέτρηση με διάλυμα NaOH 0,1M έως την εμφάνιση έντονου ροζ χρώματος. Η ποσότητα του διαλύματος NaOH που καταναλώθηκε στην ογκομέτρηση είναι ίση με την ποσότητα HCl που περιέχεται στο διάλυμα των 10 ml που ογκομετρήθηκε (αντίδραση 1:1). Η ποσότητα αυτή είναι η περίσσεια HCl από την αντίδραση με το $CaCO_3$. Η αρχική ποσότητα του οξέος είναι $2\text{mol/l} \times 20\text{ml} = 0,04 \text{ mol}$. Η διαφορά της αρχικής ποσότητας με την περίσσεια HCl της ογκομέτρησης αντιστοιχεί στην ποσότητα $CaCO_3$ που αντέδρασε με το HCl. Με αναγωγή της ποσότητας αυτής στην ποσότητα του αρχικού δείγματος υπολογίζεται η περιεχόμενη ποσότητα $CaCO_3$ στο δείγμα.. Τέλος ο προσδιορισμός της μηχανικής σύστασης του εδάφους πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Βουγιούκου στο εργαστήριο της εδαφολογίας. Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα εξής αντιδραστήρια και όργανα: διασπορικό οξύ το οποίο παράγεται κατά την ανάμειξη 50gr $NaPO_4$ με 7gr Na_2CO_3 σε 1lt νερού και μίξερ ανάδευσης, πυκνόμετρο και θερμόμετρο.

Για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης του εδάφους ζυγίζονται 50,5 gr εδάφους και 50 ml διασπορικού οξέος τα οποία τοποθετούνται σε γυάλινο δοχείο το οποίο συμπληρώνεται ως την χαραγή με αποσταγμένο νερό. Μετά από 24 ώρες σε ηρεμία το μείγμα αναδεύεται σε μίξερ για 20 λεπτά και μεταφέρεται σε ειδικό γυάλινο κύλινδρο όπου προστίθεται αποσταγμένο νερό έως τα 1130ml και γίνεται μέτρηση της θερμοκρασίας (T_1)

και της πυκνότητας (P_1) του δείγματος. Μετά από 2 ώρες σε ηρεμία πραγματοποιείται δεύτερη μέτρηση της θερμοκρασίας (T_2) και της πυκνότητας (P_2). Τα ποσοστά άμμου, ιλύος και αργίλου στο προς εξέταση έδαφος είναι:

- % άμμος= $100- 2x(P_1\pm\Delta_1)$.
- % άργιλος= $2x(P_2\pm\Delta_2)$.
- % ιλύς= $100- (\% \text{ άμμος}+ \% \text{ άργιλος})$.

όπου Δ_1 και Δ_2 οι συντελεστές διόρθωσης της θερμοκρασίας που προκύπτουν από τον πίνακα διορθώσεων των τιμών του πυκνομέτρου.

6.4 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ ΤΟΥ ΧΩΡΑΦΙΟΥ

Η δημιουργία ανάγλυφου έγινε με το RTK GPS και βασίζεται στον προσδιορισμό θέσης σε πραγματικό χρόνο. Το RTK GPS που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας Trimble. Υπάρχει ένας σταθερός δέκτης GPS στο άκρο του αγρού (reference receiver). Ο δέκτης παραμένει ακίνητος σε ένα σταθερό σημείο και στέλνει σήματα σε ένα άλλο δέκτη (rover) ο οποίος κινείται σε κάποια διαδρομή. Ο δέκτης rover εκτός από τα δεδομένα του σταθερού δέκτη λαμβάνει και τις δικές του μετρήσεις για να υπάρξει μεγαλύτερη ακρίβεια. Η επικοινωνία μεταξύ των δυο δεκτών απαιτεί ειδικό λογισμικό, το οποίο εγκαθίσταται στους δέκτες καθώς και ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το AgGPS 252 receiver, το AgGPS RTK Base και το AgGPS 900 controller. Το RTK GPS δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια από το απλό GPS και για αυτό χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις.

Η ακρίβεια που επιτυγχάνεται με τη μέθοδο RTK είναι της τάξης του 1-2cm. Ο σταθερός δέκτης AgGPS RTK Base χρησιμεύει για να στέλνονται οι απαραίτητες διορθώσεις στον κινητό δέκτη, ο κινητός δέκτης AgGPS 900/450 radio module, καθώς και το μοντέλο SBN 900 radio με το οποίο γίνεται ο έλεγχος του κινητού δέκτη και η επεξεργασία των δεδομένων. Ο ρυθμός καταγραφής των δεδομένων είναι 2 s. Η αποθήκευση των δεδομένων έγινε σε φορητό υπολογιστή ο οποίος συνδέθηκε με τον κινητό δέκτη. Το λογισμικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν το AgRemote.

Τα αρχεία των δεδομένων είναι σε format NMEA (National Maritime Electronics Association) το οποίο είναι ένα διεθνές πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ διαφόρων τύπων ηλεκτρονικών συσκευών και κατά συνέπεια και μεταξύ δεκτών GPS. Στο αρχείο αυτό καταγράφονται ο χρόνος λήψης των δεδομένων, το γεωδαιτικό πλάτος, το γεωδαιτικό

μήκος, ο αριθμός των δορυφόρων που παρατηρούνται, το υψόμετρο του σημείου από τη μέση στάθμη της θάλασσας και η ακρίβεια της μέτρησης. Η ακρίβεια της μέτρησης υπολογίζεται με τον δείκτη ακρίβειας ο οποίος λαμβάνει τιμές από 0 έως 4 ανάλογα με την ακρίβεια καταγραφής των δεδομένων. Οι τιμές 0 και 1 περιλαμβάνουν μη αποδεκτές τιμές (μετρήσεις χαμηλής ακρίβειας), οι τιμές 2 και 3 περιλαμβάνουν τιμές που προκύπτουν μετά από την επίλυση ειδικών κωδίκων που βελτιώνουν την ακρίβεια της μέτρησης, ενώ η τιμή 4 περιλαμβάνει την RTK λύση που η ακρίβειά της φτάνει σε ακρίβεια 2cm (Φωτίου κ.α., 2006).



Σχήμα 4. AgGPS 252 receiver



Σχήμα 5. AgGPS RTK Base



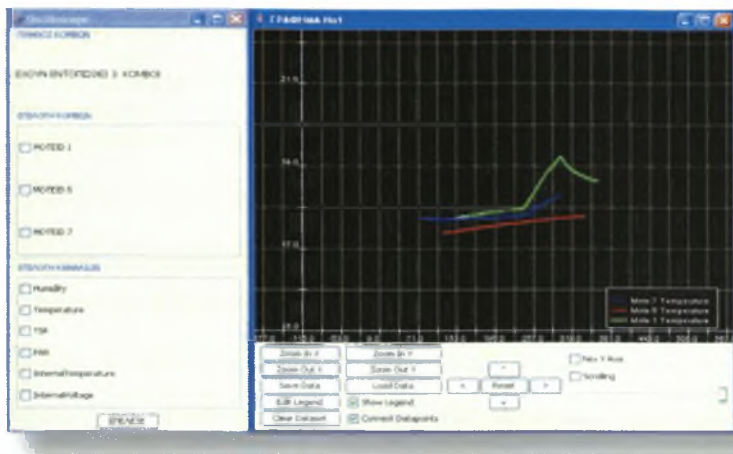
Σχήμα 6. AgGPS 900 controller

6.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΧΩΡΑΦΙΟΥ

Για την μέτρηση της υγρασίας του εδάφους στο αμπέλι χρησιμοποιήθηκαν συνολικά πέντε ασύρματοι αισθητήρες χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας για μέτρηση της εδαφικής υγρασίας, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε σημεία του αγρού (Σχήμα 9). Ο πρώτος αισθητήρας τοποθετήθηκε σε εκείνο το σημείο του χωραφιού όπου παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ο δεύτερος και ο τρίτος αισθητήρας τοποθετήθηκαν σε σημεία με μέση ηλεκτρική αγωγιμότητα με τον δεύτερο όμως να βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τον τρίτο. Ο τέταρτος και ο πέμπτος αισθητήρας τοποθετήθηκαν σε σημείο με τη χαμηλότερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τον τέταρτο να βρίσκεται σε σημείο με μικρότερη κλίση και μεγαλύτερο υψόμετρο από τον πέμπτο. Η κάθε πλατφόρμα τοποθετήθηκε μέσα σε καλάθι για προστασία της από το νερό της βροχής και τις υψηλές θερμοκρασίες από τυχόν έκθεση στον ήλιο, στο ύψος του φυλλώματος των πρέμων. Οι αισθητήρες μέτρησης της εδαφικής υγρασίας εγκαταστάθηκαν κοντά στη ρίζα των πρέμων για τη μέτρηση της υγρασίας στη ριζόσφαιρα. Επίσης τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας-βάση που συνδέθηκε με φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή και ο οποίος επικοινωνούσε ασύρματα με το δίκτυο των υπόλοιπων αισθητήρων οι οποίοι επικοινωνούσαν και μεταξύ τους ασύρματα. Οι τιμές των μετρήσεων του δικτύου αισθητήρων καταγράφηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή με συχνότητα αποθήκευσης κάθε τριάντα λεπτά. Στη συνέχεια με τη χρήση κατάλληλης εξίσωσης που δίνεται από την κατασκευάστρια εταιρία στο εγχειρίδιο του αισθητήρα οι τιμές αυτές μετατράπηκαν σε μονάδες μέτρησης υγρασίας (m^3/m^3).



Σχήμα 7. Ηλεκτρονικός υπολογιστής συνδεδεμένος με ασύρματη πλατφόρμα MOTEIV TmoteSky



Σχήμα 8. Γραφική απεικόνιση των δεδομένων υγρασίας του αισθητήρα. Η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει τον αισθητήρα 1, η κόκκινη γραμμή αντιπροσωπεύει τον αισθητήρα 2 και η πράσινη τον αισθητήρα 3.



Σχήμα 9. Θέσεις εγκατάστασης αισθητήρων μέτρησης της υγρασία

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε αυτήν την εργασία βασίζεται στην ασύρματη πλατφόρμα MOTEIV TmoteSky (Σχήματα 11, 12) η οποία είναι εξαιρετικά χαμηλής ισχύος και υψηλής μετάδοσης δεδομένων για δικτυακές εφαρμογές αισθητήρων. Έχει δυνατότητα σύνδεσης αισθητήρων, κεραία, μικροελεγκτή και δυνατότητα προγραμματισμού. Οι χαμηλής ισχύος λειτουργίες της πλατφόρμας βασίζονται στον πολύ χαμηλής ισχύος TI MSP430 F1611 μικροελεγκτή. Αυτός ο επεξεργαστής βρίσκεται σε ανενεργή κατάσταση στον χρόνο μεταξύ των μετρήσεων, ενεργοποιείται τάχιστα για να επεξεργαστεί δεδομένα και επιστρέφει πάλι σε ανενεργή κατάσταση έτσι ώστε να

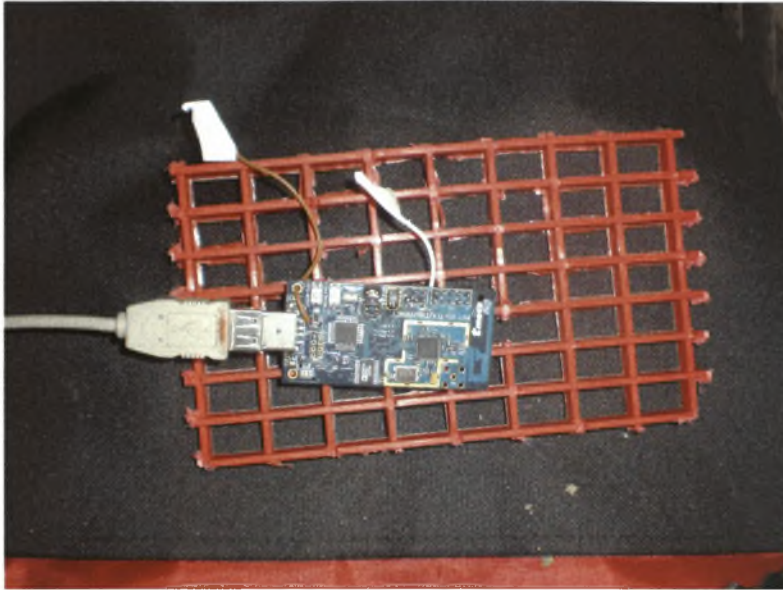
ελαχιστοποιήσει την κατανάλωση ισχύος. Χρησιμοποιεί έναν σειριακό ελεγκτή για να επικοινωνήσει με τον τερματικό υπολογιστή και περιλαμβάνει το Chipcon CC2420 ραδιόφωνο, το οποίο είναι συμβατό με το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 παρέχοντας αξιόπιστη ασύρματη επικοινωνία για ασύρματες επικοινωνίες. Το ραδιόφωνο παρέχει υψηλής μετάδοσης δεδομένα και καθαρό σήμα. Ελέγχεται από το μικροελεγκτή μέσω της σειριακής θύρας και μπορεί να κλείσει για λειτουργία χαμηλής ισχύος. Η ενσωματωμένη του κεραία μπορεί να πιάσει σε κλίμακα 50 μέτρων σε εσωτερικούς χώρους και 125 μέτρα σε εξωτερικούς. Επιπλέον η πλακέτα, είναι εφοδιασμένη με αρκετούς αισθητήρες όπως θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός και μπορεί να προσομοιωθεί με εξωτερικούς αισθητήρες μέσω ενός 10 σημείων εξωτερικού συνδετήρα.

Ακόμα χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας εδάφους probe Decagon EC-5 (Σχήμα 10). Η αρχή λειτουργίας του έγκειται στη δυνατότητα μέτρησης του περιεχόμενου ογκομετρικού νερού μετρώντας τη διηλεκτρική σταθερά του εδάφους. Επιπρόσθετα, ενσωματώνει έναν υψηλής συχνότητας ταλαντωτή, ο οποίος επιτρέπει στον αισθητήρα να μετρήσει ακριβώς την υγρασία του εδάφους με ελάχιστες επιδράσεις από την αλατότητα και την υφή του (Decagon Devices, 2006).



Σχήμα 10. Αισθητήρας μέτρησης της υγρασίας εδάφους probe Decagon EC-5

Η βαθμονόμηση των αισθητήρων πραγματοποιήθηκε σε πειραματική γλάστρα εντός του εργαστηρίου. Στην ίδια γλάστρα, τοποθετήσαμε τον ασύρματο αισθητήρα ο οποίος επικοινωνούσε ασύρματα με την πλακέτα της βάσης που αποθήκευε τα δεδομένα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και έναν βαθμονομημένο αισθητήρα μέτρησης υγρασίας εδάφους ο οποίος αποθήκευε τα δεδομένα υγρασίας σε ένα data logger. Με τη σύγκριση των τιμών δημιουργήσαμε μια εξίσωση που μετατρέπει τις ενδείξεις του αισθητήρα σε τιμές υγρασίας στο διεθνές σύστημα (S.I.).



Σχήμα 11. Ασύρματη πλατφόρμα MOTEIV TmoteSky



Σχήμα 12. Θέσεις τοποθέτησης των ασύρματων πλατφόρμων



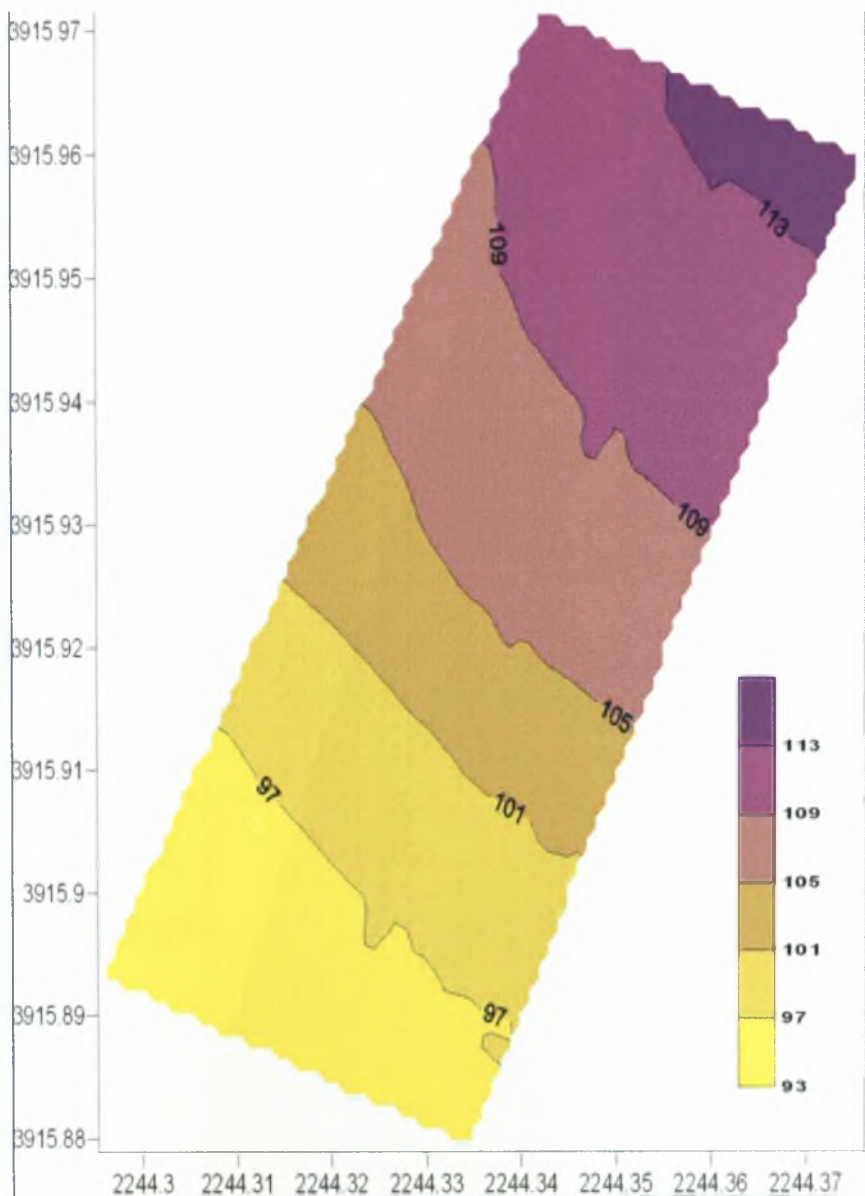
Σχήμα 13. Τοποθέτηση της ασύρματης πλατφόρμας στον αγρό

Η αρχιτεκτονική του λογισμικού του παραπάνω συστήματος ελέγχου βασίζεται κυρίως στην τεχνολογία java και σε ένα ελεύθερης διάθεσης λογισμικό. Μπορεί να διακριθεί σε τρία διαφορετικά μέρη:

- 1) Λογισμικό του αισθητήρα: Περιλαμβάνει τις οδηγίες του υλικού που ελέγχουν τη συμπεριφορά του αισθητήρα όπως το ρυθμό δειγματοληψίας, τη συχνότητα αναφοράς στη βάση δεδομένων κτλ. Υλοποιείται χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού NesC και τις υπηρεσίες που προσφέρονται από λειτουργικά συστήματα κόμβων (TinyOS).
- 2) Εφαρμογή συλλογής και αποθήκευσης: Αυτό το λογισμικό κομμάτι είναι υπεύθυνο για τη λήψη των μετρήσεων από τους αισθητήρες και την αποστολή αυτών στη βάση δεδομένων του συστήματος, η οποία βασίζεται στη MySQL, ενώ η εφαρμογή είναι γραμμένη στη γλώσσα προγραμματισμού JAVA.
- 3) Εφαρμογή παρουσίασης μετρήσεων: Αυτή η εφαρμογή είναι το κύριο σημείο άμεσης επαφής ανάμεσα στο χρήστη και στο δίκτυο αισθητήρων. Επιτρέπει την εξέταση των μετρήσεων και την αναπαράστασή τους μέσω ενός γραφικού (σχήμα 2). Επιπλέον, ο χρήστης έχει την ικανότητα να παρακολουθεί τα δεδομένα μέσω του διαδικτύου με την προβολή τους σε ένα γράφημα με την χρήση μιας ιστοσελίδας.

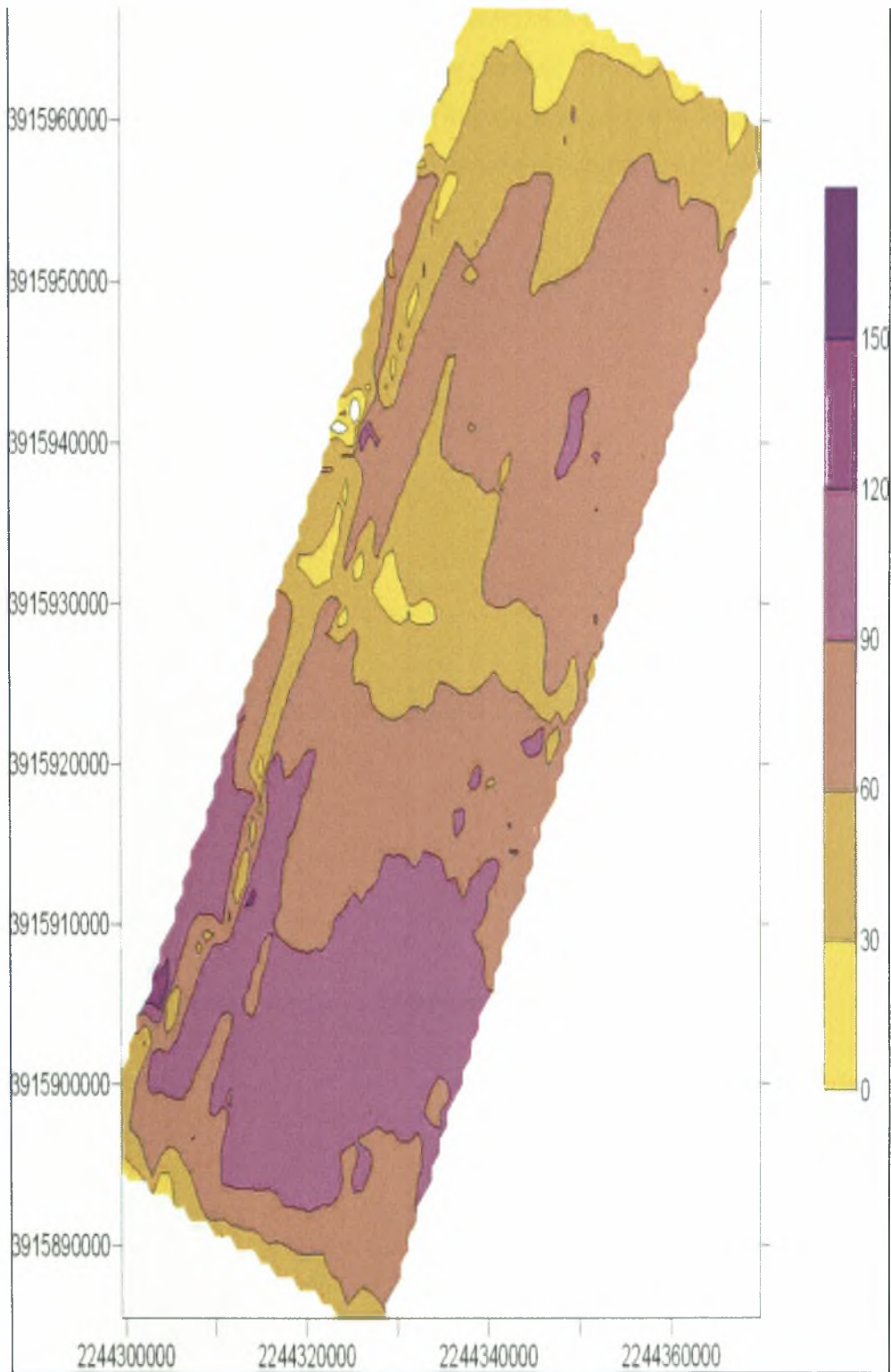
Η δημιουργία των χαρτών έγινε με το πρόγραμμα δημιουργίας δισδιάστατων και τρισδιάστατων χαρτών surfer και με το λογισμικό DAT 38W format.

6.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 14. Χάρτης αναγλύφου χωραφιού

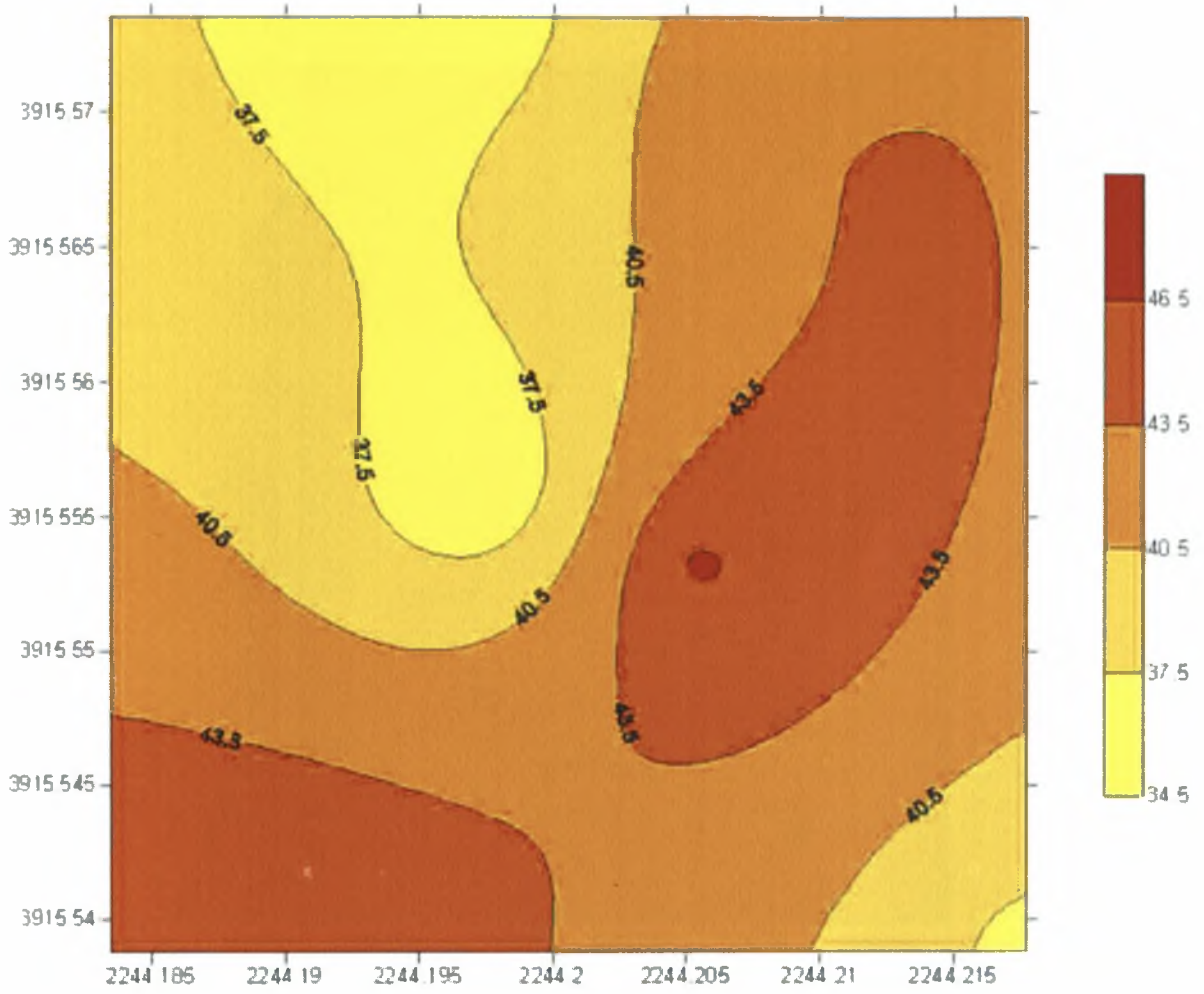
Τα στοιχεία για το ανάγλυφο του χωραφιού δημιουργήθηκαν με το RTK-GPS, αποθηκεύτηκαν σε φορητό Η/Υ σε αρχείο Text και εισήχθησαν στο λογισμικό surfer για τη δημιουργία του χάρτη του αναγλύφου που φαίνεται στο Σχήμα 14. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο αγρός έχει κλίση από Βορά προς Νότο και από Ανατολή προς Δύση. Το υψηλότερο σημείο έχει ύψος πάνω από τη Θάλασσα 113 μ και το χαμηλότερο 97, έτσι η μέση κλίση του είναι 16%.



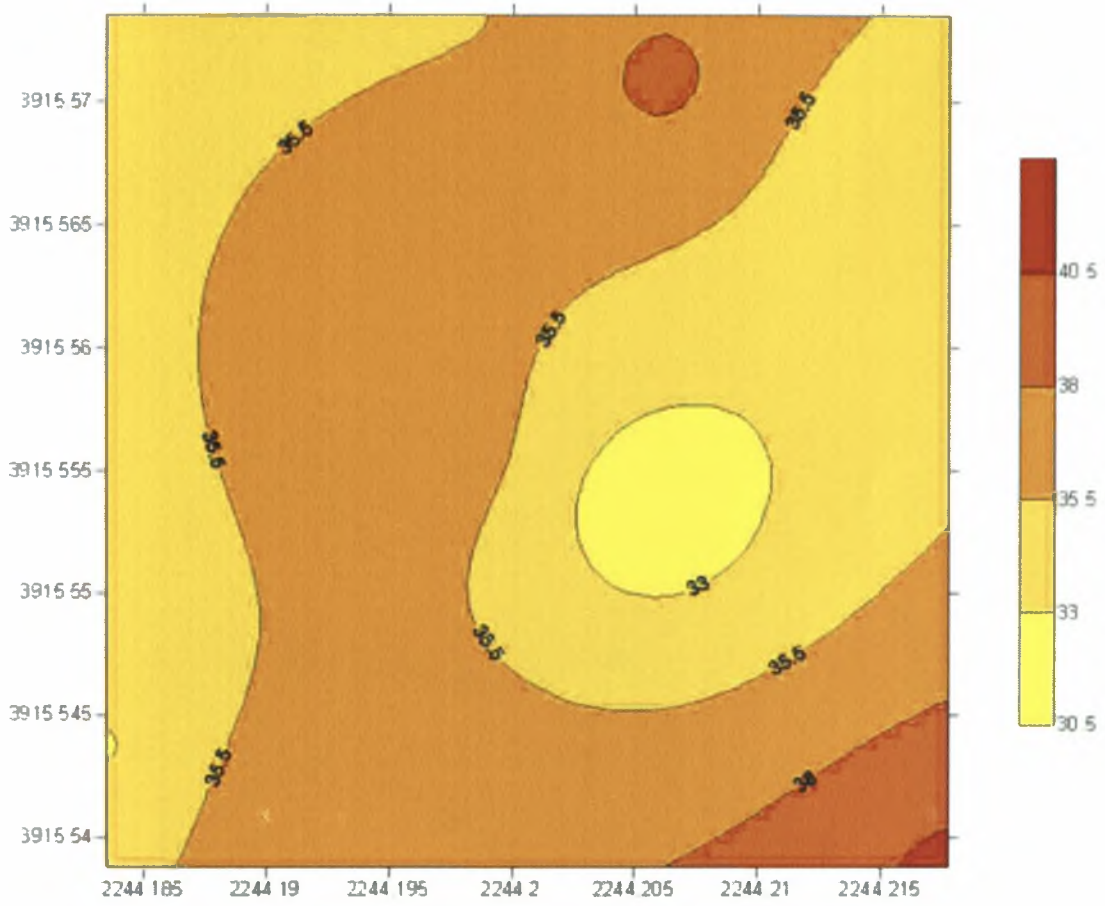
Σχήμα 15. Χάρτης EC του χωραφιού

Οι μετρήσεις με το EM 38 αποθηκεύτηκαν σε φορητό Η/Υ κατά την εργασία στο χωράφι μαζί με τις μετρήσεις του GPS σε αρχείο Text. Τα στοιχεία εισήχθησαν στο λογισμικό DAT 38W format και παρήχθη ο χάρτης του Σχήματος 15. Από εκεί φαίνεται ότι

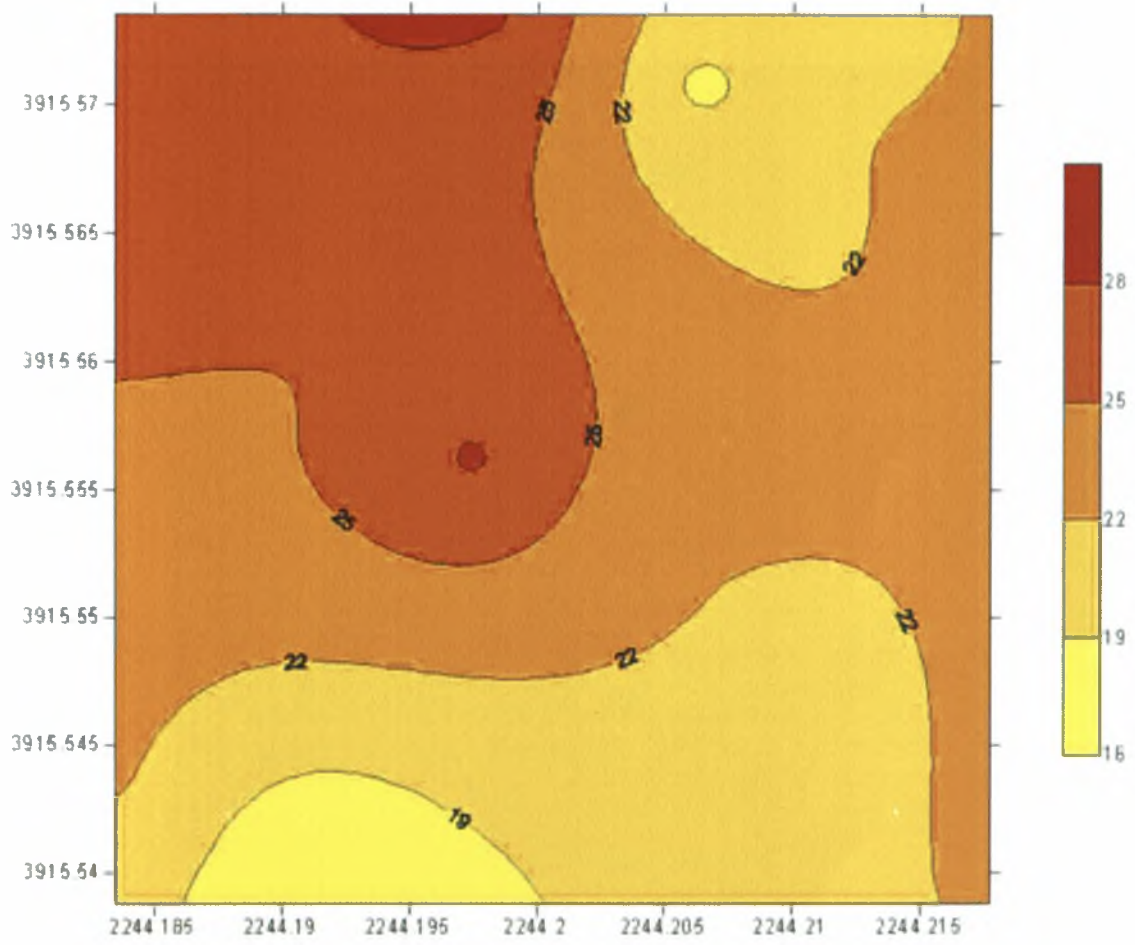
ο αγρός μπορεί να χωριστεί σε τρεις ζώνες. Μια χαμηλής ECa (κάτω των 60) μια μέσης 60-120 και μια υψηλής πάνω από τα 120. Η ζώνη υψηλής αγωγιμότητας βλέπουμε ότι βρίσκεται στο Νότιο και χαμηλότερο τμήμα του αγρού, η χαμηλή στο Βόρειο τμήμα που είναι και το ψηλότερο αλλά και μια κεντρική λωρίδα ενώ ενδιάμεση αγωγιμότητα έχουν τα μεσαία τμήματα του αγρού.



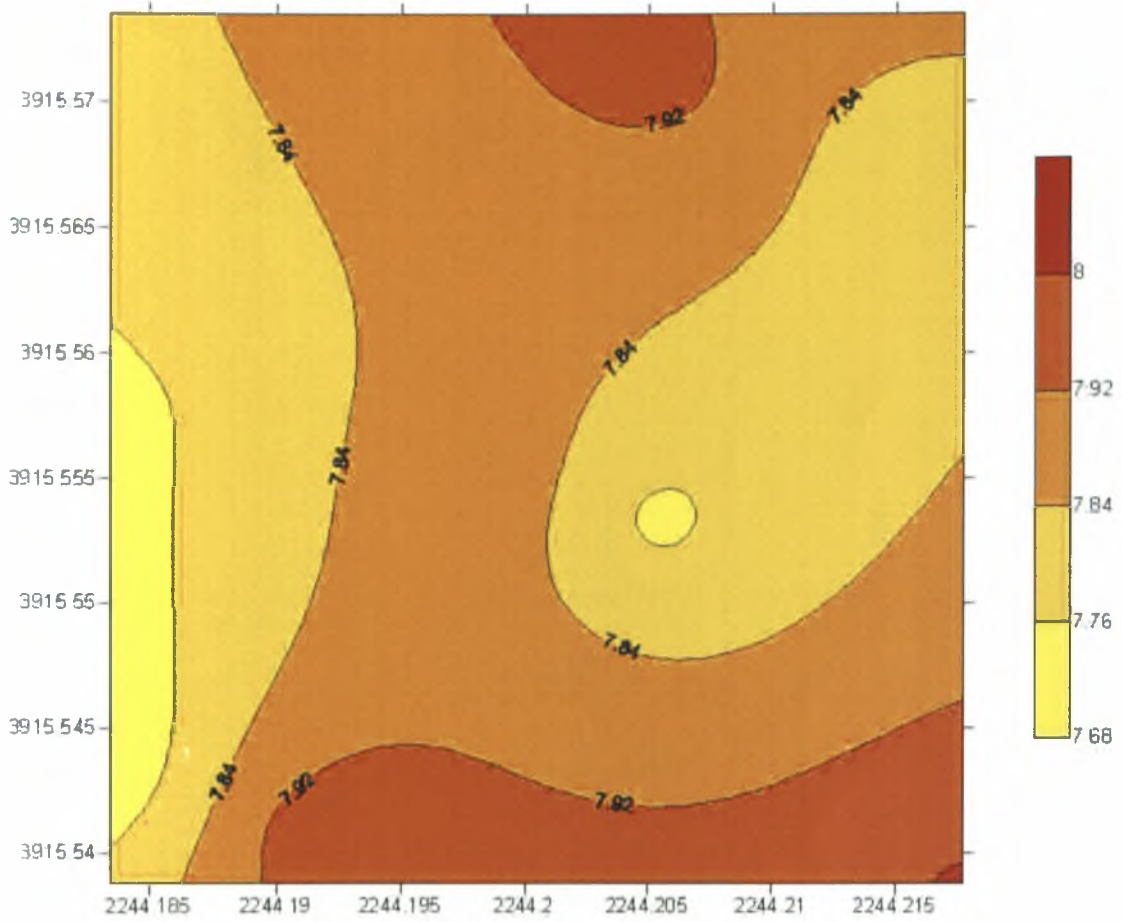
Σχήμα 16. Αργίλος



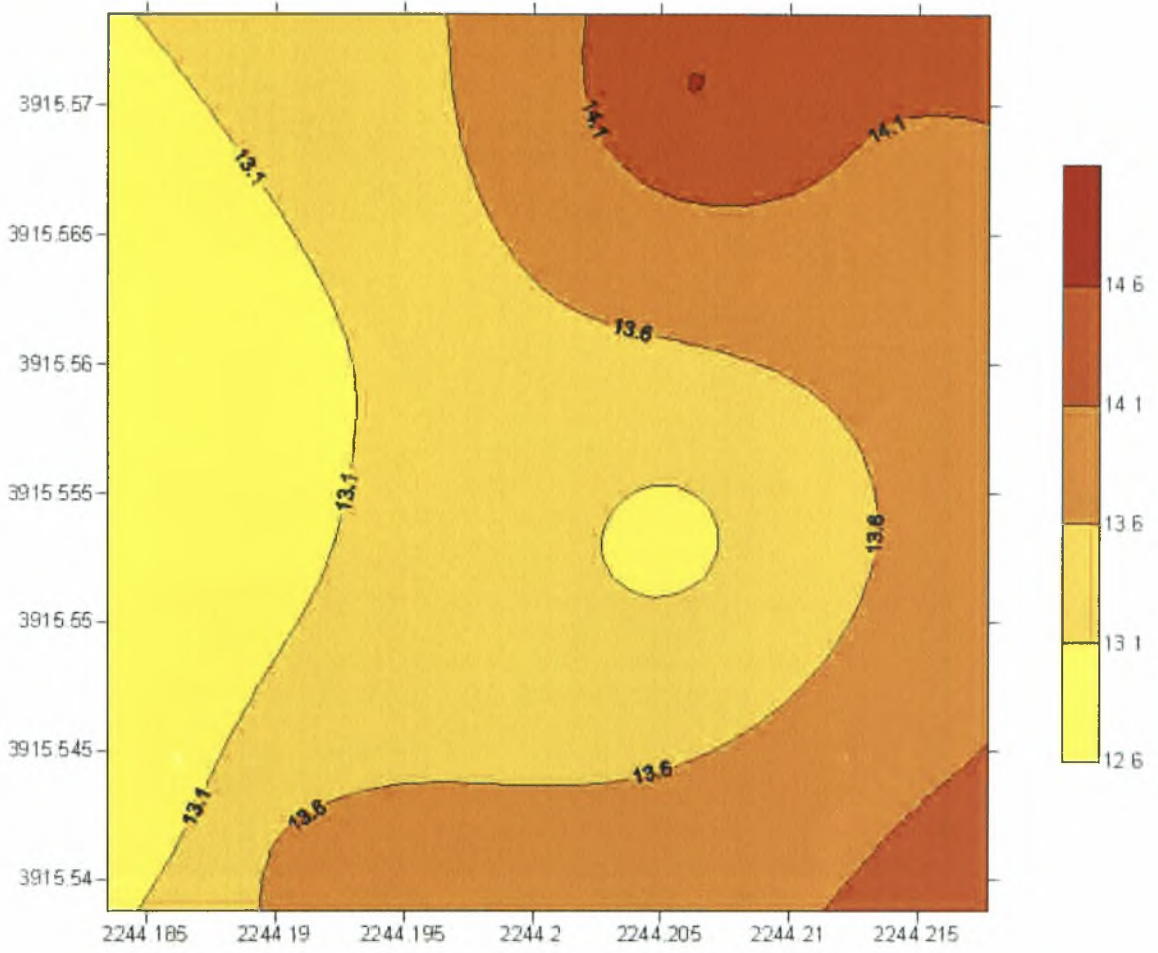
Σχήμα 17. Ιλύς



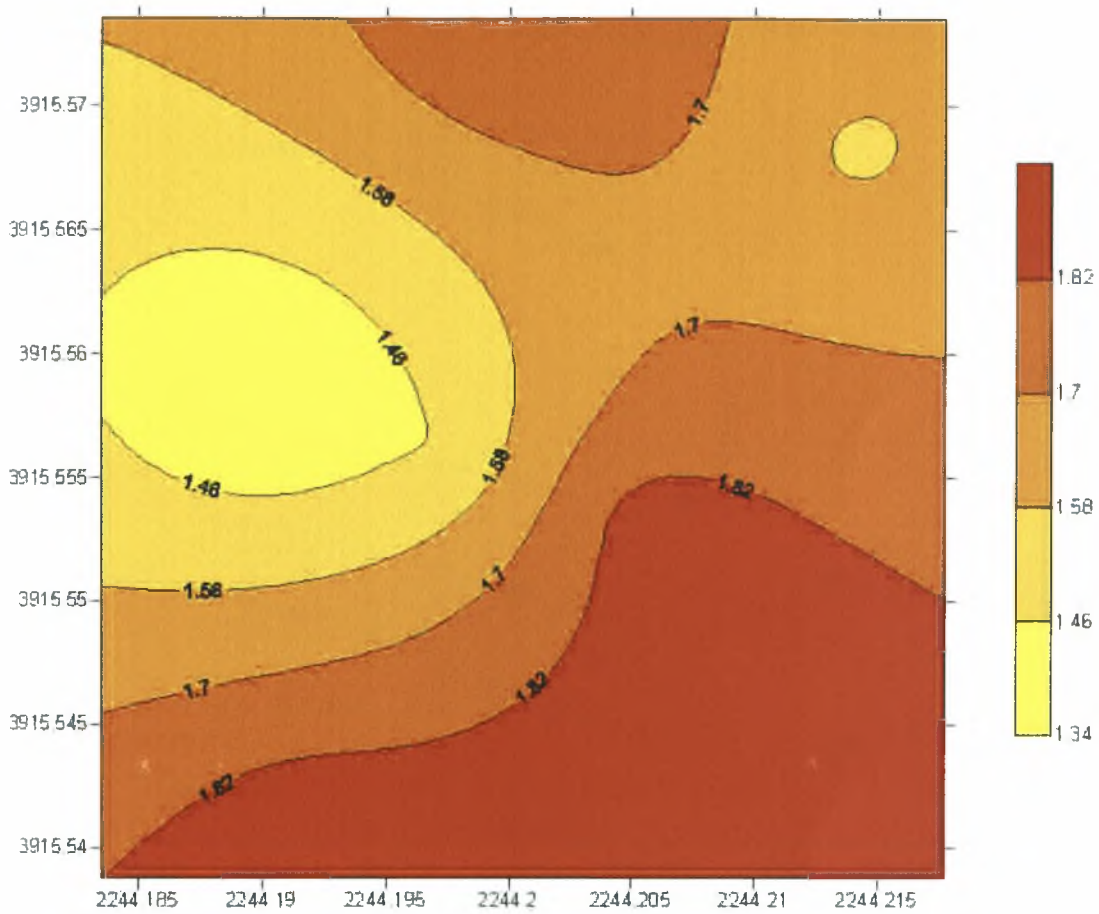
Σχήμα 18. Αμμος



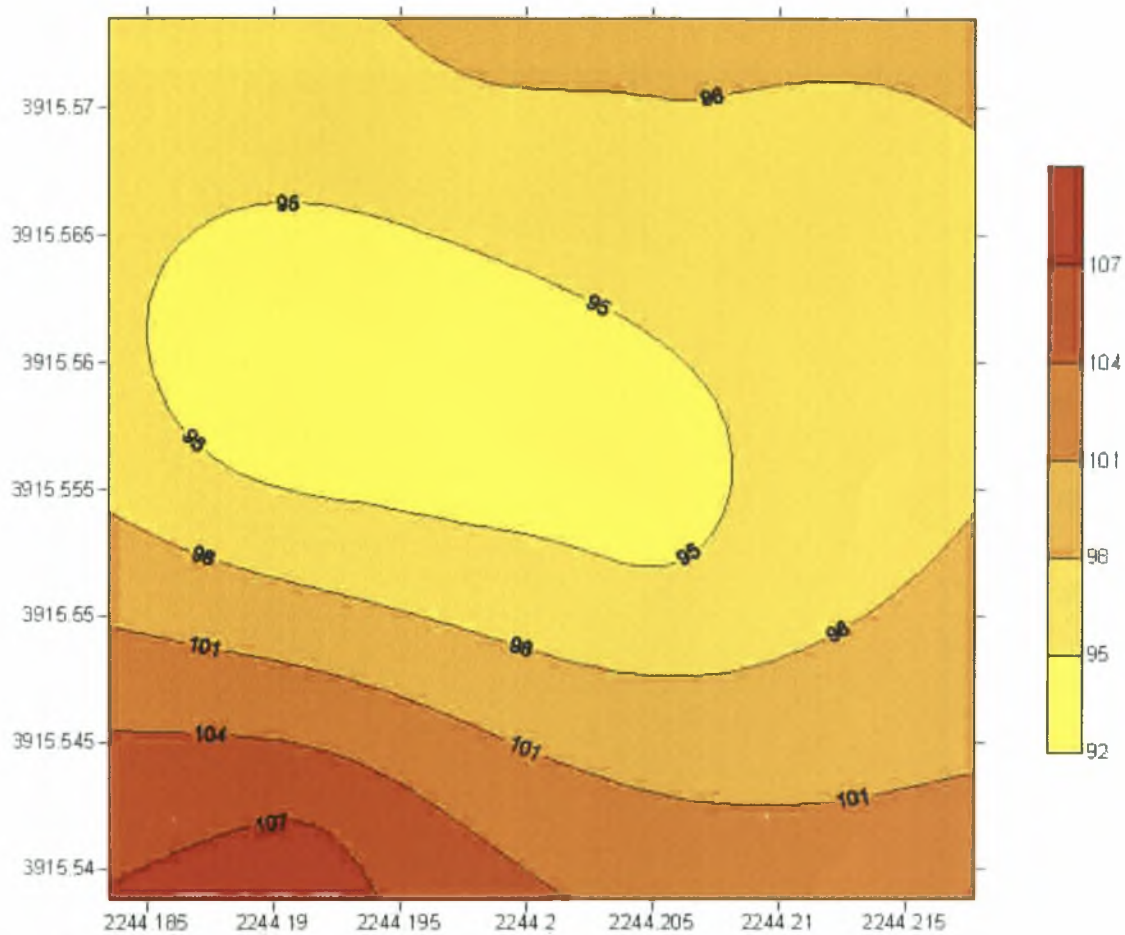
Σχήμα 19. pH



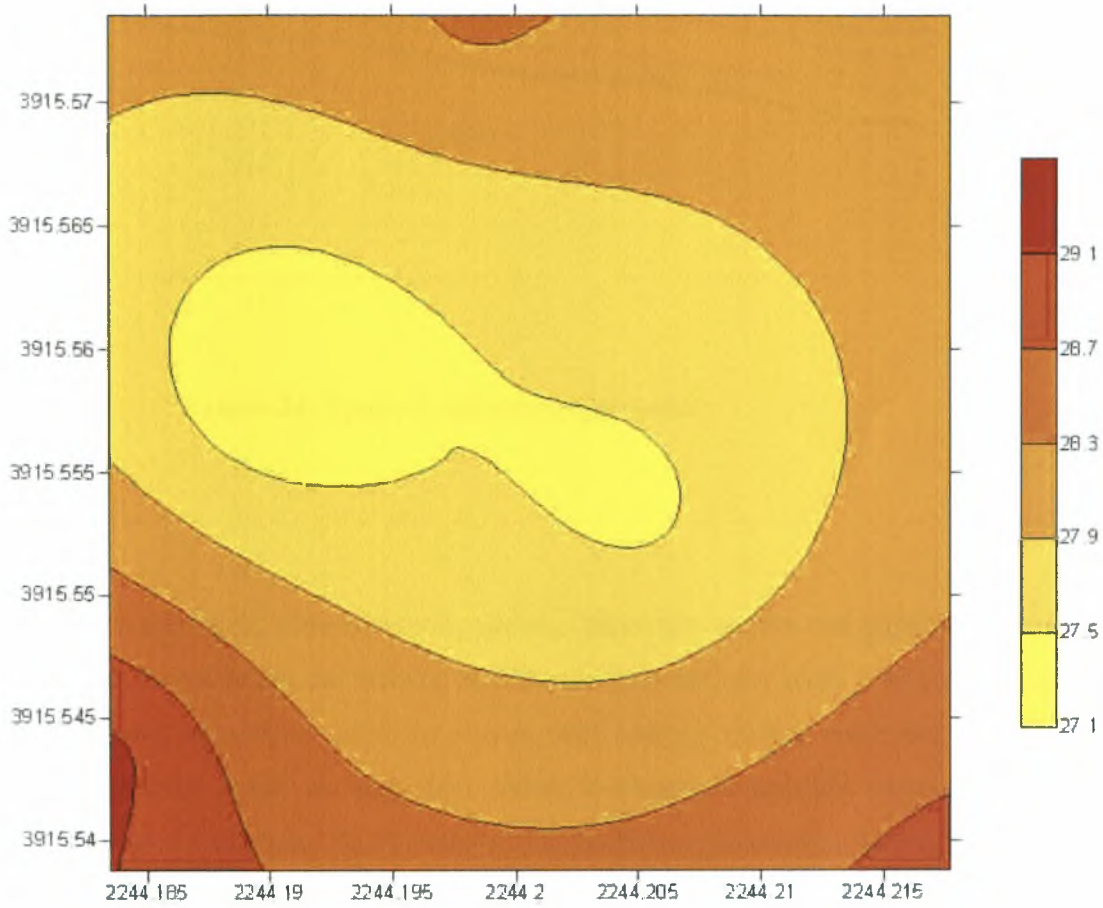
Σχήμα 20. CaCO_3



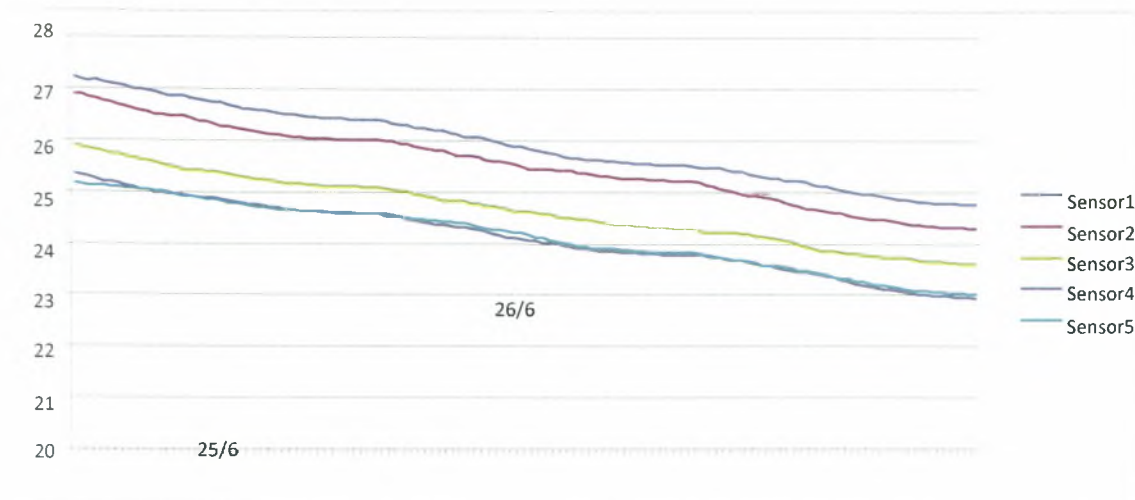
Σχήμα 21. Οργανική ουσία



Σχήμα 22. Κάλιο (ppm)



Σχήμα 23. Φώσφορος (ppm)



Σχήμα 24. Γραφική απεικόνιση υγρασίας

Όσον αφορά στους εδαφολογικούς χάρτες, παρατηρούμε ότι στο χάρτη της αργίλου (Σχήμα 16) οι μεγαλύτερες ποσότητες αργίλου βρίσκονται στο κάτω αριστερά και μέσο τμήμα του αγρού, δηλαδή σε εκείνα τα σημεία όπου υπάρχει υψηλή αγωγιμότητα όπως και υψηλότερη υγρασία αφού τα αργιλώδη εδάφη συγκρατούν μεγάλες ποσότητες νερού. Όσον αφορά την ιλύ (Σχήμα 17), οι μεγαλύτερες ποσότητες βρίσκονται επίσης στα χαμηλά σημεία του χωραφιού με μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και το μικρότερο υψόμετρο ενώ οι μεγαλύτερες ποσότητες σε άμμο βρίσκονται στο πάνω μέρος του χωραφιού που έχει και τις μικρότερες τιμές υγρασίας (Σχήμα 18). Στις περιπτώσεις του pH και του CaCO_3 (Σχήματα 19,20) δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην έκταση του αγρού. Υψηλότερες τιμές οργανικής ουσίας παρατηρούνται στο κάτω μέρος του αγρού λόγω της υψηλότερης υγρασίας και της παρουσίας αργίλου όπου συγκρατεί τις ποσότητες της οργανικής ουσίας σε εκείνο το σημείο (Σχήμα 21). Το ίδιο συμβαίνει και με τις ποσότητες καλίου (Σχήμα 22) και φωσφόρου (Σχήμα 23) αφού γνωρίζουμε ότι μεγάλη συγκέντρωση καλίου στο εδαφικό διάλυμα σημαίνει μεγάλη συγκέντρωση ιόντων και για αυτό παρατηρούμε σε εκείνα τα σημεία να παρουσιάζονται υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Για το ανάγλυφο του εδάφους (Σχήμα 14), παρατηρούμε ότι στο χαμηλό και δεξιό τμήμα του χωραφιού υπάρχει μεγάλη κλίση ενώ στο αριστερό κάπως μικρή. Όσον αφορά το μέσο του χωραφιού παρατηρούμε μια αύξηση της κλίσης του ενώ όσο αυξάνεται το υψόμετρο η κλίση είναι μικρή εμφανίζοντας ωστόσο μεγαλύτερη κλίση στο αριστερό τμήμα του αγρού από ότι στο δεξί.

Από την σύγκριση των χαρτών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Σχήμα 15) και της υγρασίας (Σχήμα 24) παρατηρούμε πως ο αισθητήρας 1 που έχει τις υψηλότερες τιμές εδαφικής υγρασίας, έχει και την υψηλότερη τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Βρίσκεται σε μέτρια κλίση του εδάφους και χαμηλό υψόμετρο και σε σημείο με υψηλές τιμές αργίλου όπου συγκρατεί περισσότερο νερό. Όσον αφορά τον αισθητήρα 2, βρίσκεται σε περιοχή με μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας και παρουσιάζει αρκετά μεγάλα ποσά υγρασίας και λόγω του ότι υπάρχει μικρή κλίση σε εκείνο το σημείο του χωραφιού που τοποθετήθηκε όπως και μεγάλες ποσότητες αργίλου που συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού. Ο αισθητήρας 3 παρουσιάζει μικρότερη υγρασία από τον 2 αφού βρίσκεται σε σημείο με μέση ηλεκτρική αγωγιμότητα και μέσες τιμές ιλύος και αργίλου. Οι χαμηλότερες τιμές υγρασίας παρατηρήθηκαν στους αισθητήρες 4 και 5 που βρίσκονται στα σημεία του χωραφιού με την χαμηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και τη μεγαλύτερη παρουσία άμμου στο έδαφος. Ο αισθητήρας 4 παρουσιάζει πιο γρήγορη πτώση τιμών εξαιτίας πιθανόν της μεγαλύτερης κλίσης και λόγω του υψομέτρου του εδάφους στη θέση εγκατάστασής του.

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι ότι ο αγρός παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα. Υπάρχουν σημεία που έχουν χαμηλό υψόμετρο με αποτέλεσμα η υγρασία εκεί να συσσωρεύεται περισσότερο. Στα σημεία που παρατηρήθηκε αυξημένη υγρασία ο παραγωγός θα πρέπει να προσέξει ώστε να κάνει τις κατάλληλες, εφαρμογές νερού και επιπλέον να μην υπάρχει άσκοπη χρήση σε εκείνα τα σημεία. Θα πρέπει δηλαδή να ακολουθήσει ένα σύστημα ελεγχόμενης άρδευσης ώστε στα σημεία που παρατηρήθηκαν μικρά ποσά υγρασίας να δοθεί επαρκής ποσότητα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, μπορούμε να κατανοήσουμε και να οδηγηθούμε σε σωστές εφαρμογές στον αγρό μέσα από τη συσχέτιση που παρατηρήθηκε όσον αφορά το ανάγλυφο, την ηλεκτρική αγωγιμότητα και την υγρασία του χωραφιού. Στα σημεία δηλαδή που παρατηρήθηκε υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα παρατηρήθηκε και υψηλή υγρασία, κάτι που θα βοηθήσει τον παραγωγό σε εφαρμογές του στο μέλλον. Θα πρέπει ακόμα ο παραγωγός να λάβει υπόψη του τις εδαφολογικές αναλύσεις και σε ποια σημεία του αγρού παρατηρήθηκαν αυξομειώσεις ανάλογα με την περιεκτικότητα των στοιχείων του εδάφους και τη μηχανική σύσταση ώστε να κάνει πιο ακριβείς τις εφαρμογές του και η παραγωγή να είναι ομοιόμορφη και αυξημένη στην έκταση του αγρού.

Με τη χρήση των παραπάνω εφαρμογών και των πληροφοριών που αποκτήθηκαν μπορεί να υπάρχει επέκταση όσον αφορά την παρακολούθηση και άλλων παραμέτρων στο χωράφι όπως της συγκέντρωσης και άλλων στοιχείων του εδάφους που επιδρούν στην παραγωγή του αμπελιού.

Με γνώμονα τα χαρακτηριστικά που παρατηρήθηκαν στον αγρό και μέσω των μετρήσεων στο μέλλον θα μπορέσει ο παραγωγός μέσω της καλύτερης διαχείρισης του αγρού να κατευθύνει και να αυξήσει την παραγωγή του όπως αυτός επιθυμεί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βλάχος Μ.Β. (1986), Αμπελογραφία, Εκδοτικός οίκος Θεσσαλονίκη, 1986
- Βλάχος Μ.Β., (1995), Σημειώσεις μαθήματος Αμπελουργίας ΙΙ, Θεσσαλονίκη
- Βλάχος, Μ. Β., (1995). Σημειώσεις Μαθήματος Αμπελουργία ΙΙΙ, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Γέμτος Θ.Α., (2006), Πανεπιστημιακές παραδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- Κεραμίδας Β., Κ. Σινάνης (2008) Εδαφολογία. Έκδοση Τμήμα Εκδόσεων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2008.
- Κούσουλας Κ.Ι. (1995), Αμπελουργία, Εκδόσεις Εκδοτική Αγροτεχνική, Αθήνα
- Λογοθέτη, Β., Μ. Βλάχου, (1966) Ελληνική αμπελογραφία Ε' Επετ. Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τόμος Κ': 375-393
- Μήτσιος, Ι.Κ., (2003). Γονιμότητα εδαφών- Θρεπτικά στοιχεία φυτών και βαρέα μέταλλα- Μέθοδοι και εφαρμογές. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Νικολάου, Ν. Α., (2005). Γενική Αμπελουργία, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Νικολάου, Ν. Α., (2008). Αμπελουργία. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη
- Παπαοικονόμου, Μ., Αγροχημικά ΑΒΕΞ (2002). Οδηγός Γεωργίας Ακριβείας. Τμήμα τεχνικής υποστήριξης
- Ρούμπος Ι. (1996). Σύγχρονη αμπελουργία. Βιολογική και ολοκληρωμένη αντιμετώπιση των εχθρών και ασθενειών της αμπέλου. Εκδόσεις Ώρες, Βόλος.
- Σταύρακας Δ.Ε. (2003) Μαθήματα Γενικής Αμπελουργίας. Έκδοση Τμήμα Εκδόσεων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Σταύρακας Δ.Ε (1997), Μαθήματα Γενικής Αμπελουργίας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

Σταύρακας Δ.Ε. (1997), Γενική αμπελουργία , Θέματα και τεχνικές καλλιέργειας της αμπέλου, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Φλωράς, Σ., (2004). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.

Φωτίου Α. και Πικριδάς Χ. (2006). GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές. Εκδόσεις Ζητή, Θεσσαλονίκη, 2006.

Φωτίου Α. (1997), Προσδιορισμός Υψομέτρων με το ΓΠΣ για χαρτογραφικές εφαρμογές, 4^ο εθνικό συνέδριο χαρτογραφίας, Καστοριά

Χατζηνίκος Τ. Αθανάσιος, (2007) Ανάλυση της παραλλακτικότητας ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων σε αμπελώνες της Ραψάνης Λάρισας, Βόλος.

Auernhammer H., Demel M., Pirro P., (1995). Yield measurement on self propelled forage harvesters. ASAE 95-1757, St Joseph, Michigan.

Blackmore, B.S., Greipentrog, H.W., Pedersen, M.S., Fountas, S., (2002). Precision Farming in Europe. Book chapter in Precision Farming; A global perspective, edited by Ancha Srinivasan,. The Haworth Press, Inc., USA.

Bramley, R.G.V. and Williams, S.K. (2001). A protocol for the construction of yield maps from data collected using commercially available grape yield monitors.

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, Palmerston North.

Bramley R., Pearse B., Chamberlain P., (2003) Being profitable precisely - a case study of precision viticulture from Margaret River, Australian Grape grower and Winemaker, 473a, pp84-87.

Campbell R. H., Rawlings S. L., Han S., (1994). Monitoring methods for potato yield mapping. ASAE Paper No. 94-1584, St Joseph, Michigan.

Chong C., S.P.Kumar (2003) "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges" Proceedings of the IEEE, vol. 91, no. 8, pp 47-59

Corwin, D.L., Lesch, S.M., (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, Principles and guidelines. *Agronomy Journal*, Vol. 95, No. 3, pp. 455- 471.

De Baermaeker J., Delcroix R. Lindemans P., (1985). Monitoring the grain flow on combines. In *Agri-Mation* 1, 329-338. St Joseph, Mich.: ASAE.

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. Βρέθηκε στο site www.ppi-far.org/ssmg

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

Ferguson, R.B., Hergert, G.W., (2001). Soil Sampling for Precision Agriculture. University of Nebraska Cooperative Extension EC 00-154.

Fraisse, C. W., Sudduth, K., Kitchen, N. R., Fridgen, J. J., (1999). Use of unsupervised clustering algorithms for delineating within-field management zones, ASAE, St. Joseph, MI. USA

Friedman, S.P., (2005). Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Computers and Electronics in Agriculture* 46 (2005), pp.45-70.

Gemtos T., Fountas S., Blackmore S. B., Greipentrog H. W., (2002). Precision farming experience in Europe and the Greek potential, 1st greek conference on information and communication technology in agriculture, Athens, Greece.

Geonics Limited, (2006). EM 38 Ground Conductivity Meter Operating Manual. Geonics Limited, Mississauga, ON, Canada.

Geonics Limited, (2006). Operating Instructions, EM38xp Version 1.01, EM38 Data logging system for Windows XP based field computer. Geonics Limited, Mississauga, ON, Canada.

Godwin, R. J., 1999. Understanding variability in four fields in the United Kingdom. In Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, 3-18. Madison, WI: American Society of Agronomy.

Godwin R.J., Richards T.E., Wood G.A., Welsh J.P., Knight S.M. (1995). An Economic Analysis of the Potential for Precision Farming in UK Cereal Production, Elsevier Science Ltd. Pages 533-545.

Hartsock, N.J., Mueller, T.G., Thomas, G.W., Barnhisel, R.I., Wells, K.L. and Shearer, S.A., (2000). Soil electrical conductivity variability. In: Robert, P.C. et al., Proceedings 5th international conference on precision agriculture. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI.

Hofman A. R., Penigrahi SS., Gragor B., Walker J., (1995). In Field Monitoring Sugar Beets. ASAE, 95-2114, St Joseph, Michigan.

Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Myers, D.B. Drummond S.T., Hong, S.Y., (2005). Delineating productivity zones on claypan soil fields apparent soil electrical conductivity. Computers and Electronics in Agriculture, 46, 285-308.

Kromer K. H., Shmittmann O., Osman A. M., (1999). Crop yield monitoring on forage harvesters. ASAE 99-1051, St Joseph, Michigan.

Lark, R. M., Stafford, J. V., (1996). Consistency and change in spatial variability of crop yield over successive seasons: methods of data analysis 3rd International Conference on Precision Agriculture, (Robert P.C.; Rust R.H.; Larson W E eds), ASA, CSSA, SSSA & ASAE, pp.141-150

Larscheid, G., Blackmore, S., (1996). Interactions Between Farm Managers and Information Systems with Respect to Yield Mapping 3rd International Conference on Precision Agriculture, (Robert P C; Rust R H; Larson W E eds), ASA, CSSA, SSSA & ASAE, pp.1153-1163

Longley, P.A., Goodchild, M. F., Maguire, D., Rhind, D., (2005). Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications (Abridged Edition). John Wiley and Sons Inc., New Jersey. pp.343-349.

Lowenberg-Debor, J., (1998). Adoption patterns for Precision Agriculture. International Off-Highway and Powerplant Congress and Exposition, Milwaukee, Wisconsin.

Lund, E.D., C.D. Christy, and P.E. Drummond. (1999). Practical applications of soil electrical conductivity mapping. Proc. 2nd European Conference on Precision Agriculture. 11 – 15 July 1999. Denmark.

Lund E.D., Kitchen N.R., Drummond S.T., Sudduth K.A., and Buchleiter G.W. (2003) Soil Electrical Conductivity and Topography Related to Yield for Three Contrasting Soil–Crop Systems. *Agronomy Journal* 95:483-495 (2003)

Markinos A., Gemtos T. A., Pateras D., Toullos L., Zerva G., Papaeconomou M., (2004). The influence of cotton variety in the calibration factor of a cotton yield monitor. 2nd HAICTA Conference , Thessaloniki, Greece 18-20 March 2004, Vol. 2, pp. 65-74.

McNeill, J.D., (1980). Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Tech. Note TN-6. Geonics Limited, Mississauga, ON, Canada.

McNeill, J.D., (1992). Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. Geonics Limited, Mississauga, ON, Canada.

Moteiv Corporation, (2006). Tmote Sky Ultra Low Power Wireless Sensor Operating Manual. Moteiv Corporation, 55 Hawthorne St. Suite 550, San Francisco, CA 94105, USA.

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

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. of Agric. Circ. pp.939-941.

Panneton, B. et M. Brouillard. 2002. Use of fuzzy mapping to extract management zones from yield maps. CSAE/SCGR Paper No. 02-207. Mansonville, QC: CSAE/SCGR.

Panneton, B., Brouillard, M., Piekutowski, T., (2001). Integration of yield data from several years into a single map 3rd European Conference on Precision Agriculture, (Grenier G; Blackmore B S eds), pp.73-78

Panneton, B., Brouillard, M., (2002). Use of fuzzy mapping to extract management zones from yield maps AIC 2002, CSAE/SCGR

Pansu, Gauthierou, (2006). Handbook of soil analysis: Mineralogical, organic and inorganic methods. Springer. pp. 551-566.

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

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

Qiuaio J., Sasao A., Shibusawa S., Kondo N., Morimoto E., (2005). Mapping Yield and Quality using the Mobile Fruit Grading Robot. *Biosystems engineering*, 90(2), pp. 135-142.

Searchy S. W., Schueller J. K., Bae Y. H., Borgelt S. C., Stout B. A., (1989). Mapping of spatially variable yield during grain combining. *Trans. ASAE* 32(3): 826-829.

Stafford J. V., Ampler B., Smith M. P., (1991). Sensing and mapping grain yield variation in Automated Agriculture for the 21st century, 356-365. St Joseph, Mich.: ASAE.

Taylor, J.A., 2004 *Digital Terroirs and Precision Viticulture: Investigations into the application of information technologies in Australian vineyards.* , M.Sc. Thesis, University of Sydney, Australia.

Toulios L., Pateras D., Zerva G., Gemtos T. A., Markinos T., (2005). Combining satellite images and cotton yield maps to evaluate field variability in precision farming. 5th European Conference on Precision Agriculture, Upsalla, Sweden.

Vellidis G., Perry D., Thomas D. L., Wells N., Kwien C. K., (2003). Simultaneous assessment of cotton yield monitors. *Applied Engineering in Agrivulture* 19 (3), pp. 259-272.

Walkley, A., (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effects of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63. pp. 251-263.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000102445

