



ΟΔΗΓΟΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ
ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων.....	5
Ευχαριστίες.....	6
Εισαγωγή.....	7
Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS)	9
Ακρίβεια του GPS.	9
Εγκατάσταση του Δέκτη GPS	9
Τεχνολογία του Δέκτη GPS	9
Ο Αριθμός και η Θέση των Δορυφόρων	10
Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (Selective Availability)	10
Λήψη του Δορυφορικού Σήματος	10
Διαφορική Διόρθωση (Differential Correction).....	10
Σχέση Ακρίβειας προς Κόστος	10
Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones).....	11
Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης	12
Η Εδαφική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Soil Electrical Conductivity).....	12
Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την Ηλεκτρική Αγωγιμότητα	13
Σύστημα Χαρτογράφησης Εδαφών Veris	13
Συσχέτιση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Παραγωγής	14
Χαρτογράφηση Παραγωγής (Yield Mapping)	15
Αισθητήρες (Sensors)	15
Σιτηρά.....	16
Βαμβάκι	16
Ζαχαρότευτλα, Πατάτες, Τομάτες	16
Προβλήματα Εφαρμογής	16
Βαθμονόμηση των Μετρητών Παραγωγής	17
Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS).....	17
Τεχνολογία Διαφοροποιούμενης Δόσης (Variable Rate Technology, VRT)	19
Συμπεράσματα	20
Βιβλιογραφία	21
Σημειώσεις.....	22

Ευρετήριο Εικόνων

Εικ. 1. Παραλλακτικότητα σε Αγρό με Βαμβάκι.....	7
Εικ. 2. Η Διάταξη του GPS.....	9
Εικ. 4. Καλή θέση των δορυφόρων του GPS.	9
Εικ. 3. Κακή θέση των δορυφόρων του GPS.	9
Εικ. 5. Απόκλιση στο στίγμα από ανάκλαση του σήματος GPS.	10
Εικ. 6. Διαφορική διόρθωση dGPS.....	10
Εικ. 7. Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης από το Χάρτη της Εδαφικής Αγωγιμότητας.....	11
Εικ. 8. Οι Ζώνες της Εδαφικής Αγωγιμότητας είναι Σταθερές στο Χρόνο.	12
Εικ. 9. Τα Λειτουργικά Τμήματα του Veris 3100®.....	13
Εικ. 10. Τα δύο Συστήματα της Veris Technologies®.....	13
Εικ. 11. Σύγκριση Εδαφικής Αγωγιμότητας και Παραγωγής σε Βαμβάκι στη Καρδίτσα.	14
Εικ. 12. Η Κονσόλα Ελέγχου CanLink 3000® της FarmScan.....	15
Εικ. 13. Ο Ρόλος του GIS στα Συστήματα Γεωργίας Ακριβείας.	16
Εικ. 14. Χαρτογράφηση Παραγωγής σε Καλλιέργεια Βαμβακιού.	18
Εικ. 15. Ανάπτυξη της τεχνολογίας του SSToolbox σε πολυεπίπεδη εταιρική οργάνωση.	18
Εικ. 16. Εξοπλισμός Εφαρμογής Διαφοροποιούμενης Δόσης Υγρών, FarmScan.....	19
Εικ. 17. Εξοπλισμός Εφαρμογής Διαφοροποιούμενης Δόσης Στερεών, FarmScan.....	19
Εικ. 18. Σύγκριση Παραγωγής και Ζωνών Διαχείρισης.	20

Ευχαριστίες

Η εταιρεία Παπαιοκονόμου Αγροχημικά ABEE θα ήθελε να ευχαριστήσει τον καθηγητή κ. Θεοφάνη Γέμτο και τον κ. Θανάση Μαρκινό για τη συνεργασία τους και για τα δεδομένα παραγωγής που μας διαθέσανε. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους όσους συνεργάστηκαν και συνεργάζονται μαζί μας για την ανάπτυξη της τεχνολογίας Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα.



Εισαγωγή

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

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

Σήμερα, με την βελτίωση των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας γενικότερα, είναι δυνατή η αντιμετώπιση της παραλλακτικότητας ενός αγρού (Εικ. 1). Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture, Precision Farming ή Site Specific Farming), είναι μια νέα προσέγγιση στη διαχείριση των αγρών και των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Ως στόχο έχει να αντιμετωπίσει την παραλλακτικότητα των παραμέτρων που επηρεάζουν την γεωργική παραγωγή, όπως ο τύπος του εδάφους, το pH, τα θρεπτικά στοιχεία, η οργανική ουσία, το νερό, η προσβολή από ζιζάνια, η στράγγιση κλπ. Αυτό επιτυγχάνεται με τον διαχωρισμό της έκτασης του αγρού σε μικρότερα ομοιογενή τμήματα (ζώνες διαχείρισης, management zones) και η διαχείριση αυτών, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Σκοπός είναι η εφαρμογή των καλλιεργητικών εισροών (π.χ. του λιπάσματος ή της οργανικής ουσίας) με διαφοροποιούμενη δόση, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των ζωνών που ορίστηκαν. Με την Γεωργία Ακριβείας επιτυγχάνεται **η εφαρμογή της κατάλληλης εισροής, στο σημείο που χρειάζεται, στην κατάλληλη δόση και σωστό χρόνο, με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος**. Το αποτέλεσμα είναι η ακριβέστερη εφαρμογή

των κανόνων της Ορθής Γεωργικής Πρακτικής, η μεγιστοποίηση της οικονομικής απόδοσης της γεωργικής εκμετάλλευσης και η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων, αλλά και η προστασία του περιβάλλοντος.

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

Ένας δέκτης GPS μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα γεωργικό μηχάνημα και με βάση το γεωγραφικό στίγμα να γίνει δυνατή η καταγραφή δεδομένων, αλλά και η εφαρμογή εισροών, σε συγκεκριμένα και ελεγχόμενα σημεία. Με το κατάλληλο λογισμικό εύκολα μπορούν να δημιουργηθούν γεωστατιστικοί χάρτες



Εικ. 1. Παραλλακτικότητα σε Αγρό με Βαμβάκι.

Η αεροφωτογραφία αυτού του αγρού βαμβακιού, 8 εβδομάδες μετά την σπορά, δείχνει μεγάλη παραλλακτικότητα. Διακρίνονται περιοχές με καλό (σκούρο πράσινο), μέτριο και κακό φυτόρωμα (άσπρο).

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

Ο διαχωρισμός της έκτασης ενός αγρού σε επιμέρους ομοιόμορφες ζώνες μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος που προσφέρει ευκολία, ταχύτητα και χαμηλό κόστος, είναι αυτός που έχει ως βάση την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι συνισταμένη πολλών παραγόντων, που επηρεάζουν και την παραγωγικότητα του εδάφους. Η Veris Technologies® Αμερικής έχει αναπτύξει έναν ευέλικτο μηχανισμό χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους (soil electrical conductivity mapping system), με το οποίο μπορεί να γίνουν μετρήσεις αγωγιμότητας σε όλη την έκταση ενός

αγρού εύκολα και γρήγορα. Σαρώνοντας, με τον μηχανισμό αυτόν, την επιφάνεια του εδάφους, γίνεται καταγραφή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε δύο στρώματα ταυτόχρονα: από τα 0 έως 30 εκατοστά βάθος και από τα 0 έως τα 90 εκατοστά βάθος. Παράλληλα, με την βοήθεια του GPS, καταγράφεται και το στίγμα του μηχανήματος και κάθε μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το γεωγραφικό στίγμα του σημείου στο οποίο αναφέρεται. Κατόπιν, με την ανάλυση κάποιων εδαφικών δειγμάτων από συγκεκριμένα σημεία, μέσα από τις περιοχές με ομοιόμορφη αγωγιμότητα, και την κατάλληλη στατιστική ανάλυση, δημιουργείται ένας ψηφιακός χάρτης που απεικονίζει τον διαχωρισμό του εδάφους του αγρού σε ομοιογενείς περιοχές που μπορούν να οριστούν σαν ζώνες ενιαίας διαχείρισης.

Βασικό εργαλείο στην Γεωργία Ακριβείας είναι οι μετρητές παραγωγής (yield monitors). Πρόκειται για μηχανισμούς που τοποθετούνται στις μηχανές συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων (θεριζοαλωνιστικές, βαμβακοσυλλεκτικές, τευτλοεξαγωγείς κλπ), καταγράφουν την παραγωγή σε κάθε σημείο του αγρού και την συνδέουν με το γεωγραφικό στίγμα του σημείου. Τέτοιοι μηχανισμοί έχουν αναπτυχθεί από την FARMSCAN® Αυστραλίας για τις καλλιέργειες στις οποίες γίνεται μηχανική συγκομιδή. Με την βοήθεια του GPS και του κατάλληλου λογισμικού, τα δεδομένα αυτά μετατρέπονται σε ψηφιακό χάρτη παραγωγής. Η αντιστοίχιση των χαρτών παραγωγής με χάρτες των άλλων παραμέτρων του αγρού οδηγεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τους περιοριστικούς παράγοντες της παραγωγής σε κάθε ζώνη διαχείρισης. Αφού πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες ενέργειες για την διόρθωση των παραγόντων αυτών, ο χάρτης παραγωγής βοηθά και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των διορθωτικών αυτών ενεργειών.

Οι χάρτες πληροφοριών που συγκεντρώνονται, διαχειρίζονται και αναλύονται με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού, του SSToolbox®, που είναι ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS), της SST Development Group®, inc. Αμερικής. Στο λογισμικό αυτό εισάγονται πληροφορίες σε πολλαπλά επίπεδα π.χ. χάρτες εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, χάρτες εδαφικών αναλύσεων, χάρτες παραγωγής κλπ. Με την επεξεργασία των χαρτογραφημένων πληροφοριών εξάγονται συμπεράσματα ως προς τους γεωγραφικά εντοπισμένους περιοριστικούς παράγοντες της παραγωγής. Οι πληροφορίες αυτές αξιοποιούνται με την δημιουργία περαιτέρω χαρτών διαφοροποιημένης εφαρμογής εισροών, που στόχο έχουν την διόρθωση ή εξάλειψη των περιοριστικών παραγόντων που εντοπίστηκαν στον αγρό.

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

Η **Παπαιοικονόμου Αγροχημικά ABEE** συμβάλλει ενεργά στην ανάπτυξη της έννοιας και της τεχνολογίας της Γεωργίας Ακριβείας στην Ελλάδα. Η Γεωργία Ακριβείας εισάγει μια νέα φιλοσοφία και νέες μεθόδους στην διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, που σαν στόχο έχει τη μετάβαση από την αντιμετώπιση ενός αγρού σαν ενιαία μονάδα στον διαχωρισμό του σε ζώνες διαχείρισης, στην διαφοροποιημένη εφαρμογή εισροών, αλλά και στην

χαρτογράφηση της παραγωγής, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής σε κάθε ζώνη και την εξάλειψή τους. Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα πολύτιμο εργαλείο που βοηθά τον παραγωγό στην βελτίωση της οικονομικής απόδοσης της γεωργικής του εκμετάλλευσης, στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2002

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS)

Παγκόσμιο Σύστημα Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS) ονομάζεται ο σχηματισμός των 24 συνολικά δορυφόρων που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Υπουργείο Αμύνης και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του γεωγραφικού στίγματος οποιουδήποτε σημείου πάνω στην επιφάνεια της γης (Εικ. 2). Οι δορυφόροι αυτοί βρίσκονται σε 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 βαρύτητας από τον Ήλιο και την Σελήνη. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα κωδικοποιημένο ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τους δέκτες GPS και χρησιμοποιείται για τον ακριβή υπολογισμό της γεωγραφικής θέσης του δέκτη. Το σήμα που εκπέμπεται από τον κάθε δορυφόρο περιέχει πληροφορίες για την ταυτότητα του δορυφόρου και την ακριβή χρονική στιγμή που έγινε η εκπομπή. Οι δορυφόροι φέρουν ατομικά ρολόγια υψηλής ακριβείας και είναι ουσιαστικά συγχρονισμένοι μεταξύ τους.



Εικ. 2. Η Διάταξη του GPS.

Σχηματική απεικόνιση των 24 δορυφόρων που αποτελούν το παγκόσμιο σύστημα καθορισμού θέσης (GPS).

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

Το GPS αποτελεί το μέσο που βοηθά στον καθορισμό 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 δεν λαμβάνει τα δορυφορικά σήματα. Το GPS βρίσκει εφαρμογή σε πολυάριθμους τομείς, όπως η διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας, η πλοήγηση πλοίων κλπ., ενώ άριστες είναι οι προοπτικές εφαρμογής του και στην Γεωργία.

Αξίζει να σημειωθεί ακόμα η ύπαρξη του αντίστοιχου Ρωσικού συστήματος, που ονομάζεται Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) και 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 κλπ, με στόχο την υποστήριξη κάθε είδους τεχνολογίας καθορισμού θέσης.

Ακρίβεια του GPS.

Η ακρίβεια του GPS εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

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

Εγκατάσταση του Δέκτη GPS

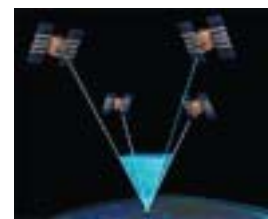
Η κεραία του GPS πρέπει να τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του γεωργικού μηχανήματος, ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής «οπτική επαφή» με τους δορυφόρους. Η τοποθέτηση της κεραίας συνίσταται να γίνεται σε όσο γίνεται πιο ανοιχτές (χωρίς εμπόδια) επιφάνειες για να αποφεύγονται ανακλάσεις στις επιφάνειες του γεωργικού μηχανήματος που μπορεί να προκαλέσουν παραμορφώσεις του σήματος. Επίσης, παρεμβολές στα δορυφορικά σήματα μπορεί να δημιουργηθούν από τμήματα του κινητήρα, όπως το ηλεκτρονικό σύστημα ανάφλεξης και το δυναμό, καθώς και από ηλεκτρομαγνητικά πεδία ηλεκτρικών μοτέρ, ασυρμάτων και κινητών τηλεφώνων, όταν η κεραία βρίσκεται πολύ κοντά σε αυτές τις πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Ωστόσο, τα προβλήματα αυτά μπορούν να προληφθούν με την σωστή εγκατάσταση της κεραίας και την σταθερή σύνδεση των καλωδίων.

Τεχνολογία του Δέκτη GPS

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



Εικ. 4. Καλή θέση των δορυφόρων του GPS.
Αύξηση της ακριβείας του δέκτη GPS.



Εικ. 3. Κακή θέση των δορυφόρων του GPS.
Μείωση της ακριβείας του δέκτη GPS.

Ο Αριθμός και η Θέση των Δορυφόρων

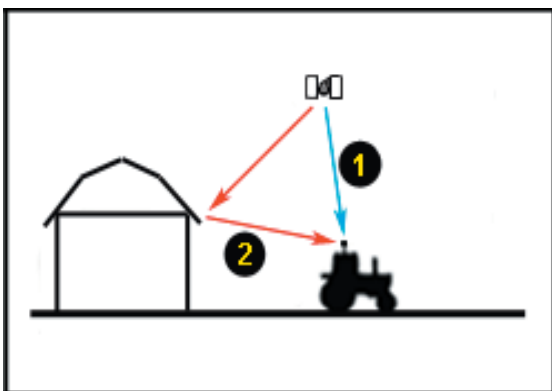
Όταν ο δέκτης βρίσκεται στην βάση ορεινών όγκων ή ανάμεσα σε ψηλά κτίρια, έχει επαφή με λίγους και συγκεντρωμένους δορυφόρους σε ένα μικρό τμήμα του ουρανού. Στην περίπτωση αυτή, υπεισέρχονται σφάλματα στην γεωμετρική - αναλυτική μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της θέσης του (Εικ. 3). Το σφάλμα αυτό εξαλείφεται και η ακρίβεια αυξάνει όταν ο δέκτης έχει επαφή με περισσότερους και διασκορπισμένους δορυφόρους σε μεγαλύτερο τμήμα του ουρανού (Εικ. 4).

Επιλεκτική Διαθεσιμότητα (Selective Availability)

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

Λήψη του Δορυφορικού Σήματος

Οι επιδράσεις του καιρού (τροπόσφαιρας) και των ανώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας (φορτισμένα μόρια στην περιοχή της ιονόσφαιρας), προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα που λαμβάνει ο δέκτης και σφάλματα στον καθορισμό της θέσης του. Παραμορφώσεις προκαλούνται ακόμα όταν ο δέκτης λαμβάνει σήματα μετά από ανάκλασή τους π.χ. σε κτίρια (Εικ. 5).



Εικ. 5. Απόκλιση στο στίγμα από ανάκλαση του σήματος GPS.

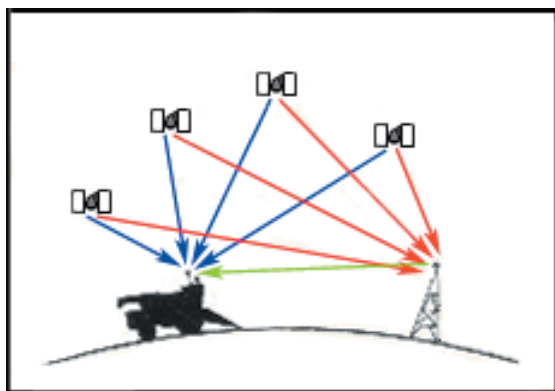
Το σήμα 2 φτάνει στο δέκτη μετά από ανάκλαση σε κάποιο εμπόδιο και δημιουργεί αποκλίσεις στις ενδείξεις του δέκτη. Ενώ το σήμα 1 φτάνει απ' ευθείας στο δέκτη και είναι το σωστό για τον υπολογισμό της θέσης του δέκτη. Οι δέκτες υψηλότερης τεχνολογίας έχουν αλγόριθμους που αφαιρούν τα σήματα από ανάκλαση και διορθώνουν το λάθος αυτό.

Διαφορική Διόρθωση (Differential Correction)

Η Διαφορική Διόρθωση είναι ένας τρόπος εξάλειψης του σφάλματος που προκαλείται από τους διάφορους περιοριστικούς παράγοντες της ακρίβειας του δέκτη GPS που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας σταθερός επίγειος δέκτης και ταυτόχρονα πομπός GPS (διαφορικός σταθμός), με γνωστή θέση. Εφόσον και η θέση των δορυφόρων είναι επίσης γνωστή, είναι γνωστή και η απόσταση μεταξύ των δορυφόρων και του διαφορικού σταθμού. Ο σταθμός αυτός μετράει συνεχώς την επίδραση των παραγόντων που προκαλούν παραμορφώσεις στο σήμα των δορυφόρων με τους οποίους έχει επαφή. Στην συνέχεια στέλνει σήματα στον κινητό δέκτη GPS (που π.χ. μπορεί να βρίσκεται πάνω στο γεωργικό μηχανήμα), ο οποίος λαμβάνοντας σήματα από τον σταθερό δέκτη και από τους δορυφόρους ταυτόχρονα, διορθώνει την ένδειξή του (Εικ. 6). Η διαφορική διόρθωση παρέχεται σαν υπηρεσία από διάφορους κρατικούς ή ιδιωτικούς φορείς, με κάποια συνδρομή. Το GPS που χρησιμοποιεί την μέθοδο αυτή ονομάζεται Differentially Corrected GPS ή DGPS και είναι ακριβέστερο του απλού.

Σχέση Ακρίβειας προς Κόστος

Είναι σαφές ότι η ακρίβεια που παρέχει ένας δέκτης GPS εξαρτάται από την τεχνολογία του. Ένας οικονομικός δέκτης, χωρίς διαφορική διόρθωση, αξίας 800€, παρέχει ακρίβεια 3 έως 5 μέτρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή επισημάνσεων – παρατηρήσεων στον αγρό. Ένας δέκτης με DGPS, αξίας 6.000€, παρέχει ακρίβεια ενός μέτρου και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται, αντί του απλού, στην δημιουργία χαρτών παραγωγής, στην εφαρμογή μεταβλητής δόσης εισροών και στον καθορισμό σημείων δειγματοληψίας εδάφους. Τέλος, ένας δέκτης διπλής DGPS διάταξης, αξίας 30.000€ επιτυγχάνει ακρίβεια ενός εκατοστού και προτιμάται στην πλοήγηση γεωργικών μηχανημάτων ή άλλων εργασιών που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια.



Εικ. 6. Διαφορική διόρθωση dGPS.

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

Ζώνες Διαχείρισης (Management Zones)

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

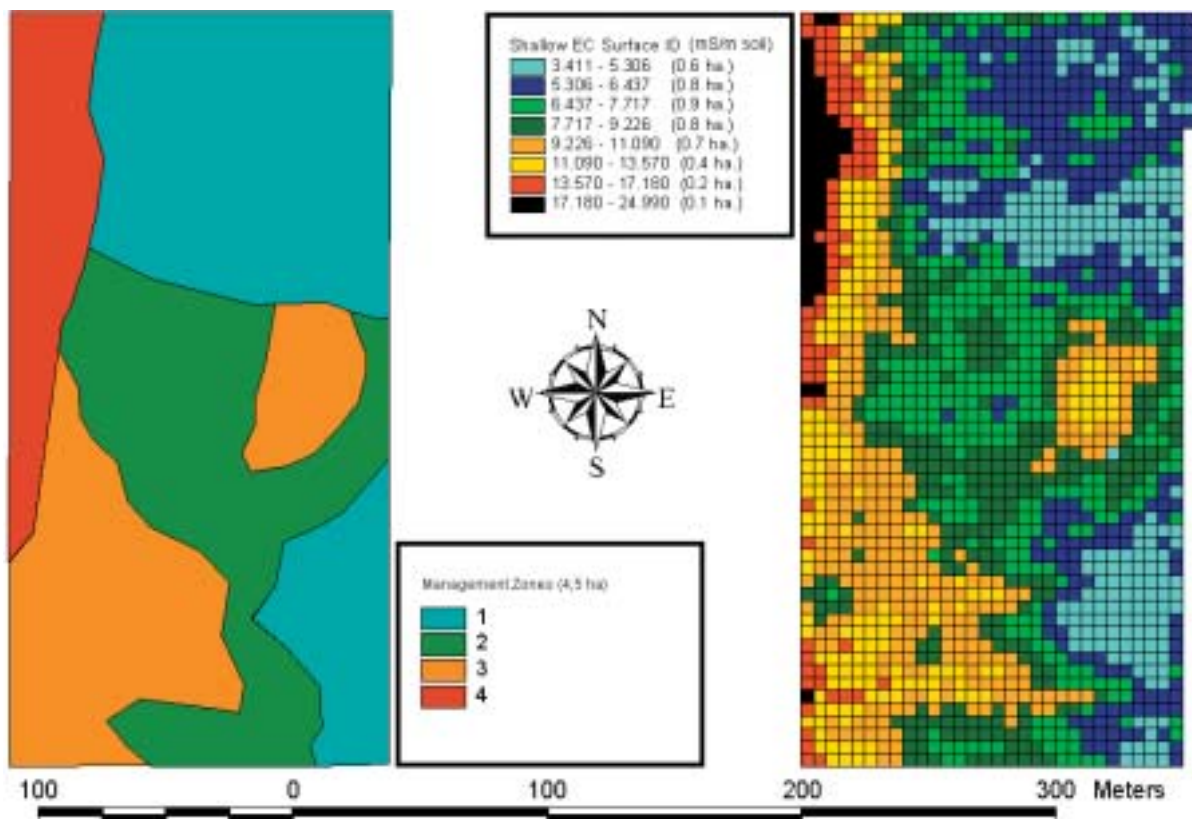
Ως ζώνη διαχείρισης ορίζεται **«ένα επιμέρους τμήμα ενός αγρού που χαρακτηρίζεται από έναν λειτουργικά ομοιογενή συνδυασμό ιδιοτήτων»**. Η χρήση των ζωνών διαχείρισης είναι ένας εύκολος τρόπος για την ταυτοποίηση, την ταξινόμηση και την χωροταξική κατανομή της παραλλακτικότητας των χαρακτηριστικών ενός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

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

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

Στις αρχές της δεκαετίας του '90 αναπτύχθηκε μια μεθοδολογία για την δημιουργία ζωνών διαχείρισης, που ως βάση είχε την δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling). Κατά την μεθοδολογία αυτή, διαιρείται ο αγρός σε τμήματα με οριζόντιες και κάθετες γραμμές υπό την 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 την 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 αρκετούς περιορισμούς:

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



Εικ. 7. Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης από το Χάρτη της Εδαφικής Αγωγιμότητας.

Δύο γεωγραφικοί χάρτες που απεικονίζουν την αγωγιμότητα (δεξιά), όπως μετρήθηκε στο προφίλ 0-30 cm από το Veris 3100® και τις ζώνες διαχείρισης που προκύπτουν (αριστερά). Ο διαχωρισμός των ζωνών γίνεται εύκολα και με χαμηλό κόστος όταν χρησιμοποιείται σαν βάση η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Ο ακριβέστερος χαρακτηρισμός των εδαφικών παραμέτρων των ζωνών μπορεί να γίνει με περιορισμένο σχετικά αριθμό εδαφοαναλύσεων (composite sampling) μέσα από τις ζώνες διαχείρισης.

Δημιουργία Ζωνών Διαχείρισης

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

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

Στο σύστημα Γεωργίας Ακριβείας που προτείνει η Παπαιοκονόμου Αgroχημικά ABEE, ο παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη στην δημιουργία ζωνών διαχείρισης, είναι η εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC). Η εδαφική EC συγκεντρώνει όλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με χαμηλό κόστος (Εικ. 7) και τη υψηλή ταχύτητα με την οποία μπορούν να χαρτογραφηθούν πολλά στρέμματα εδάφους.

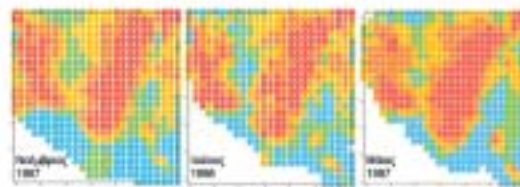
Η Εδαφική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Soil Electrical Conductivity)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μια φυσική ιδιότητα του εδάφους και ορίζεται ως η 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 μετράται σε millisiemens/m και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που έχουν επίδραση και στην παραγωγικότητά του (Lund, E.D., Christy, C.D., Drummond, P.E. 1999). Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους είναι:

- Η μηχανική σύσταση - Η άμμος έχει μικρή, η ιλύς μέση και η άργιλλος υψηλή αγωγιμότητα. Κατά συνέπεια τα αργιλλώδη εδάφη που έχουν πολλούς πόρους τριχοειδών διαστάσεων έχουν μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αντίθετα, τα αμμώδη εδάφη έχουν λίγους τέτοιους πόρους και μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η μηχανική καταπόνηση - Η συμπίεση του εδάφους αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η περιεκτικότητα σε νερό - Η υγρασία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.
- Η αλατότητα - Η αύξηση της συγκέντρωσης αλάτων (ηλεκτρολύτες) στο έδαφος αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity, CEC) - Εδάφη που περιέχουν υψηλά ποσοστά μοντοριλλονίτη, ιλλίτη και βερμικουλίτη έχουν μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και συγκρατούν πολλά κατιόντα. Η παρουσία αυτών των κατιόντων στο εδαφικό διάλυμα αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους.
- Η οργανική ουσία - Η οργανική ουσία αυξάνει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους γιατί συγκρατεί πολλά ιόντα.
- Η θερμοκρασία του εδάφους - Κατά την μεταβολή της θερμοκρασίας σε τιμές άνω του μηδενός η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται ελάχιστα. Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω του μηδενός (συνθήκες παγετού), η ηλεκτρική αγωγιμότητα μειώνεται σημαντικά.

Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα έδαφος δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου (Εικ. 8). Οι παράγοντες που μπορούν να επιφέρουν δραστικές αλλαγές στην τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε ένα έδαφος είναι:

- Η μεταφορά εδάφους από αλλού π.χ. μπάζωμα ή



Εικ. 8. Οι Ζώνες της Εδαφικής Αγωγιμότητας είναι Σταθερές στο Χρόνο.

Χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ίδιου αγρού σε διαφορετικές χρονιές αλλά και μήνες. Η διακύμανση των σχετικών τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι πολύ μικρή, ενώ τα όρια των ζωνών με ομοιόμορφη EC, που εύκολα ξεχωρίζουν, παραμένουν σχετικά σταθερά.

ισοπέδωση.

- Το βαθύ όργωμα.
- Η χρήση αρδευτικού νερού επιβαρυνμένου με άλατα.
- Η προσθήκη υπερβολικής ποσότητας οργανικής ουσίας.
- Η προσθήκη μεγάλων ποσοτήτων εδαφοβελτιωτικών, π.χ. ασβέστη για διόρθωση του pH.

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

Χαρτογράφηση Εδάφους με Βάση την Ηλεκτρική Αγωγιμότητα

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

Υπάρχουν δύο μέθοδοι μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους: με ηλεκτρομαγνητική επαγωγή και με επαφή. Οι δύο τρόποι δίνουν παρόμοια αποτελέσματα.

Με την μέθοδο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (electromagnetic induction), μετριέται η επίδραση του εδάφους σε κάποιο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Η επίδραση αυτή σχετίζεται με την εδαφική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Η μέθοδος αυτή είναι δύσκολη



Εικ. 9. Τα Λειτουργικά Τμήματα του Veris 3100®.

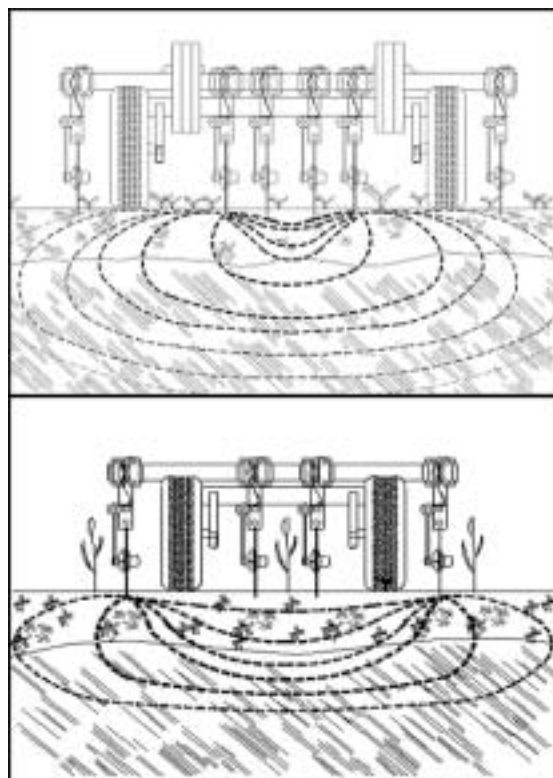
Το μηχάνημα χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, Veris 3100®, αποτελείται από τρία ζευγάρια δίσκων/ηλεκτροδίων που έρχονται σε επαφή με το έδαφος και από την κεντρική κονσόλα ελέγχου/καταγραφής. Ξεκινώντας από μέσα προς τα έξω, το εσωτερικό ζεύγος ηλεκτροδίων (1) έχει αρνητικό φορτίο, ενώ τα άλλα δύο ζεύγη (2 & 3) καταγράφουν το ηλεκτρικό πεδίο σε διαφορετικές αποστάσεις, και άρα την αγωγιμότητα σε διαφορετικά βάθη (0-30 cm & 0-90 cm, αντίστοιχα). Η κονσόλα ελέγχου βρίσκεται στη καμπίνα του οδηγού και είναι με τη σειρά της συνδεδεμένη και με το GPS (σε κίτρινο κύκλο). Οι μετρήσεις που καταγράφονται είναι συνδεδεμένες με το γεωγραφικό τους στίγμα και εκφράζονται σε mS/m εδάφους.

στην εφαρμογή, απαιτεί συχνή βαθμονόμηση, είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές μεταλλικών αντικειμένων και δίνει μετρήσεις που αφορούν σε ένα μόνο βάθος.

Με την μέθοδο της επαφής (contact method), μετριέται η πτώση δυναμικού μεταξύ ηλεκτροδίων στο έδαφος (**Εικ. 9**). Ο τρόπος αυτός προσφέρει ευκολία, ταχύτητα και χαμηλό κόστος.

Σύστημα Χαρτογράφησης Εδαφών Veris

Το σύστημα χαρτογράφησης εδαφών (soil electrical conductivity mapping system) Veris® της εταιρίας Veris Technologies® Αμερικής (**Εικ. 10**), συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους με την μέθοδο της επαφής και τις δυνατότητες που παρέχει το Παγκόσμιο Σύστημα



Εικ. 10. Τα δύο Συστήματα της Veris Technologies®.

Το λογότυπο της εταιρίας Veris Technologies® (στη κορυφή) και η σχηματική απεικόνιση των δύο μοντέλων μηχανημάτων χαρτογράφησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του εδάφους, Veris 2000 XA® και Veris 3100® (μέση και κάτω αντίστοιχα). Το Veris 3100® έχει τη δυνατότητα καταγραφής της EC σε δύο προφίλ ταυτόχρονα (0-30 cm & 0-90 cm), ενώ το Veris 2000 XA® καταγράφει την EC σε ένα μόνο προφίλ κάθε φορά, ανάλογα με τη ρύθμισή του, (0-60 cm ή 0-90 cm).

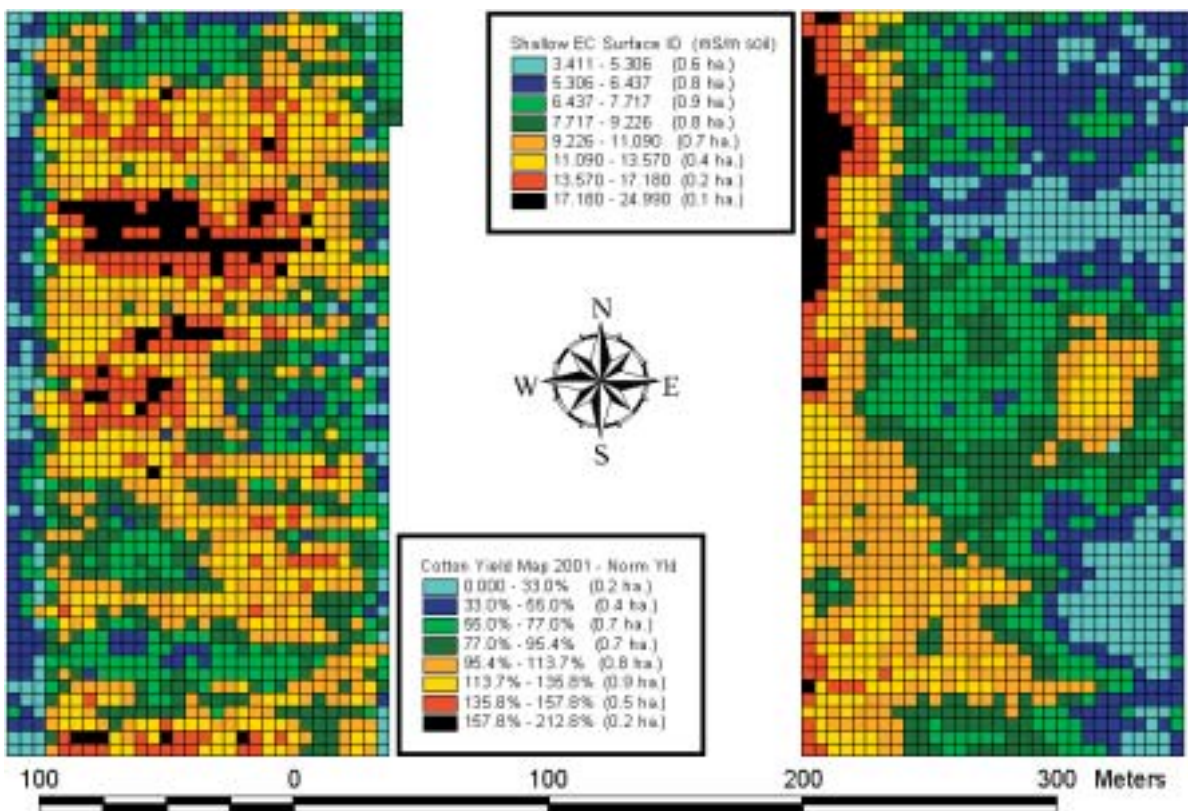
Καθορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS). Με το σύστημα αυτό μπορούν να χαρτογραφηθούν μεγάλες εκτάσεις εύκολα και γρήγορα. Ο μηχανισμός σύρεται στην επιφάνεια του εδάφους με έναν αγροτικό ελκυστήρα ή ένα αυτοκίνητο και πραγματοποιεί μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους κάθε δευτερόλεπτο, ενώ με την βοήθεια του GPS καταγράφει και την θέση του στον αγρό. Διαφοροποιώντας την ταχύτητα σάρωσης μεταβάλλεται ο αριθμός των μετρήσεων ανά επιφάνεια.

Το μοντέλο Veris 2000 XA® καταγράφει την ηλεκτρική αγωγιμότητα μόνο σε ένα βάθος εδαφικού προφίλ (από 0 έως 60 εκατοστά ή από 0 έως 90 εκατοστά). Το μοντέλο Veris 3100® καταγράφει τις τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας ταυτόχρονα στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους (0 έως 30 εκατοστά), αλλά και στο υπέδαφος (0 έως 90 εκατοστά) (Εικ. 10). Στην συνέχεια, οι μετρήσεις τις ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε συνδυασμό με το γεωγραφικό στίγμα των σημείων στα οποία αναφέρονται, μεταφέρονται με μια δισκέτα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή όπου με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού μετατρέπονται σε ψηφιακό χάρτη.

και ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι γραμμική. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Iowa (Lund et al., 1998), έδειξε ότι οι περιοχές του αγρού με μέσες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι εκείνες που δίνουν σταθερά μεγαλύτερη παραγωγή. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχουν δώσει μετρήσεις που γίναν στην Ελλάδα στην περιοχή της Καρδίτσας σε ένα αγροτεμάχιο 45 στρεμμάτων που καλλιεργήθηκε με βαμβάκι (Εικ. 11).

Συσχέτιση Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Παραγωγής

Η έρευνα με αντικείμενο την σχέση που συνδέει την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και την παραγωγή παρουσιάζει ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Missouri (Kitchen et al., 1996), δείχνει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και παραγωγής



Εικ. 11. Σύγκριση Εδαφικής Αγωγιμότητας και Παραγωγής σε Βαμβάκι στη Καρδίτσα.

Οι δύο γεωγραφικοί χάρτες που αναφέρονται στο ίδιο αγροτεμάχιο (45 στρέμματα) και απεικονίζουν την κανονικοποιημένη παραγωγή (αριστερά) και την αγωγιμότητα (δεξιά) όπως μετρήθηκε με το Veris 3100® στο προφίλ 0-30cm. Διαφαίνεται ένας συσχετισμός των περιοχών υψηλής παραγωγής με τις περιοχές μέσης αγωγιμότητας. Στατιστική ανάλυση των δύο χαρτών έδωσε υψηλό σχετικά συντελεστή συσχετισμού (correlation coefficient) 0,43.

Χαρτογράφηση Παραγωγής (Yield Mapping)

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

- Ανομοιομορφία 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 διπλή δόση, και κάποια να μένουν ακάλυπτα.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας, η μέτρηση της παραλλακτικότητας της παραγωγής, συνδυάζεται με τον εντοπισμό των περιοριστικών παραγόντων της, σε κάθε σημείο του αγρού, και την προσπάθεια διόρθωσής τους. Η μέτρηση της παραγωγής (yield monitoring), αποτελεί έναν τρόπο για να εκτιμηθεί εάν υπάρχει αρκετή παραλλακτικότητα στον αγρό, ώστε να απαιτείται η διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διαφοροποιούμενης εφαρμογής οποιασδήποτε εισροής. Κατά συνέπεια, οι μετρητές παραγωγής (yield monitors) αποτελούν βασικό εξοπλισμό στην Γεωργία Ακριβείας.

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

διαμορφώνεται ένας ψηφιακός χάρτης παραγωγής του αγρού.

Το σύστημα μέτρησης παραγωγής (yield monitoring) που διαθέτει και υποστηρίζει, στην Ελληνική Αγορά, η Πατταοικονόμου Αγροχημικά ABEE είναι της εταιρίας FARMSCAN® Αυστραλίας, και αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Κονσόλα ελέγχου (Canlink 3000®, **Εικ. 12**)
- Κεραίες και δέκτης GPS/DGPS.
- Κάρτα δεδομένων PCMCIA. (**Εικ. 12**)
- Πλήθος αισθητήρων (sensors) που χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση.

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

Αισθητήρες (Sensors)

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

- Αισθητήρας μέτρησης παραγωγής - Είναι ο βασικότερος. Εγκαθίσταται σε συγκεκριμένα σημεία των συγκομιστικών μηχανών και μετράει την ροή της παραγωγής.
- Αισθητήρας 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 ταχύτητά της. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί οι νεώτερες τεχνολογίας αισθητήρες που μετρούν την ταχύτητα της



Εικ. 12. Η Κονσόλα Ελέγχου CanLink 3000® της FarmScan.

Το Canlink 3000® μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την καταγραφή και χαρτογράφηση της παραγωγής είτε για την εφαρμογή εισροών με διαφοροποιούμενη δόση με μία απλή αλλαγή του λογισμικού του. Από αυτήν τη σθόνη ο γεωργός έχει την πλήρη επίβλεψη των δεδομένων που καταγράφονται ή το πλήρη έλεγχο των εισροών που εφαρμόζονται. Δεξιά διακρίνεται η κάρτα PCMCIA, όπου αρχειοθετούνται τα δεδομένα της χαρτογράφησης της παραγωγής και μετά μπορούν να μεταφερθούν στο GIS.

μηχανής συγκομιδής με την βοήθεια λείζερ.

- Ζυγαριές ακριβείας - Χρησιμοποιούνται για την βαθμονόμηση του συστήματος.

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

Σιτηρά

Οι πρώτοι μετρητές παραγωγής αναπτύχθηκαν για τα σιτηρά (καλαμπόκι, σιτάρι, ρύζι κλπ) και ανήκουν σε δύο κατηγορίες: α) μετρητές όγκου (volumetric yield monitors) και β) μετρητές μάζας (mass flow yield monitors). Οι μετρητές όγκου χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αισθητήρες πυκνότητας για να εξάγουν δεδομένα σε μάζα. Αναπτύχθηκαν πρώτοι και είναι απλούστεροι από τους μετρητές μάζας. Οι αισθητήρες μάζας χρησιμοποιούν βελτιωμένη τεχνολογία (ακτινοβολία, μέτρηση διηλεκτρικής σταθεράς) για να μετρήσουν την μάζα του προϊόντος. Τελευταία έχουν αναπτυχθεί μετρητές πίεσης (impact monitors) που μετρούν την μηχανική πίεση που ασκεί η ροή του προϊόντος σε κάποιο σημείο του σωλήνα μεταφοράς του προϊόντος.

Βαμβάκι

Το ενδιαφέρον για μετρητές παραγωγής για το βαμβάκι είναι μεγάλο διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα λόγω της μεγάλης σημασίας του προϊόντος για την χώρα. Οι μετρητές που έχουν αναπτυχθεί από την FARMSCAN®, χρησιμοποιούν οπτικούς αισθητήρες για την μέτρηση της μάζας του βαμβακιού, καθώς περνά μέσα από τους σωλήνες μεταφοράς του στην βαμβακοσυλλεκτική μηχανή.

Ζαχαρότευτλα, Πατάτες, Τομάτες

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

Προβλήματα Εφαρμογής

Ένα σημαντικό σφάλμα που υπεισέρχεται, κατά την δημιουργία του χάρτη παραγωγής, είναι η χρονική υστέρηση που υπάρχει, από την στιγμή που το προϊόν συγκομίζεται από την μηχανή, μέχρι να φθάσει στο σημείο της μηχανής όπου μετρείται. Η υστέρηση αυτή μπορεί να είναι της τάξης των 5 δευτερολέπτων και αντιστοιχεί σε κάποια απόσταση, ανάλογα με την ταχύτητα της μηχανής συγκομιδής. Ο αισθητήρας δηλαδή, καταγράφει την συγκομισθείσα παραγωγή που αντιστοιχεί κάποια μέτρα πριν από το σημείο που βρίσκεται. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την



Εικ. 13. Ο Ρόλος του GIS στα Συστήματα Γεωργίας Ακριβείας.

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) είναι το κέντρο σε ένα Σύστημα Γεωργίας Ακριβείας. Με την βοήθειά του τα γεωγραφικά δεδομένα αρχειοθετούνται, οργανώνονται και αναλύονται και καταλήγουν σε πληροφορίες που μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη λήψη και στην αξιολόγηση αποφάσεων.

ρύθμιση της κονσόλας ελέγχου, ώστε να συνδυάζει τα δεδομένα της παραγωγής με το γεωγραφικό στίγμα στο οποίο βρισκόταν η μηχανή συγκομιδής 5 δευτερόλεπτα πριν από την στιγμή της μέτρησης.

Βαθμονόμηση των Μετρητών Παραγωγής

Ο σκοπός της μέτρησης της παραγωγής δεν είναι ο υπολογισμός της απόλυτης ποσότητας του προϊόντος που συγκομίζεται από την μηχανή. Κάτι τέτοιο βέβαια, είναι δυνατόν να γίνει αλλά απαιτεί συχνές βαθμονομήσεις (calibration). Σκοπός της μέτρησης παραγωγής, σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακρίβειας, είναι η μέτρηση της παραλλακτικότητας (μέγεθος και τρόπος διακύμανσης) της παραγωγής στην έκταση του αγρού. Μετά τον σχηματισμό του, ο ψηφιακός χάρτης παραγωγής, αποτελεί ουσιαστικό εργαλείο που βοηθά στην εξεύρεση των εντοπισμένων περιοριστικών παραγόντων της παραγωγής. Το γεγονός αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα για την προσπάθεια διόρθωσης των περιοριστικών αυτών παραγόντων.

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

Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS)

Σε ένα σύστημα Γεωργία Ακρίβειας οι διάφορες πληροφορίες που αφορούν στον αγρό, αντιπροσωπεύονται από αριθμούς οι οποίοι περιγράφουν μετρήσεις κάποιων παραμέτρων του (π.χ. εδαφοαναλύσεις), επιτόπιες παρατηρήσεις (όπως π.χ. εντοπισμένα νεροκρατήματα), εφαρμογή κάποιας εισροής με διαφοροποιούμενη δόση κλπ. Οι πληροφορίες αυτές, με την βοήθεια του GPS, συνοδεύονται με το γεωγραφικό στίγμα των αντίστοιχων σημείων του αγρού όπου αναφέρονται. Κατά την δημιουργία ψηφιακών χαρτών μεγάλης ακρίβειας, ο όγκος των πληροφοριών είναι τεράστιος, έτσι ώστε η χρήση κάποιου λογισμικού για την επεξεργασία τους, είναι απαραίτητη.

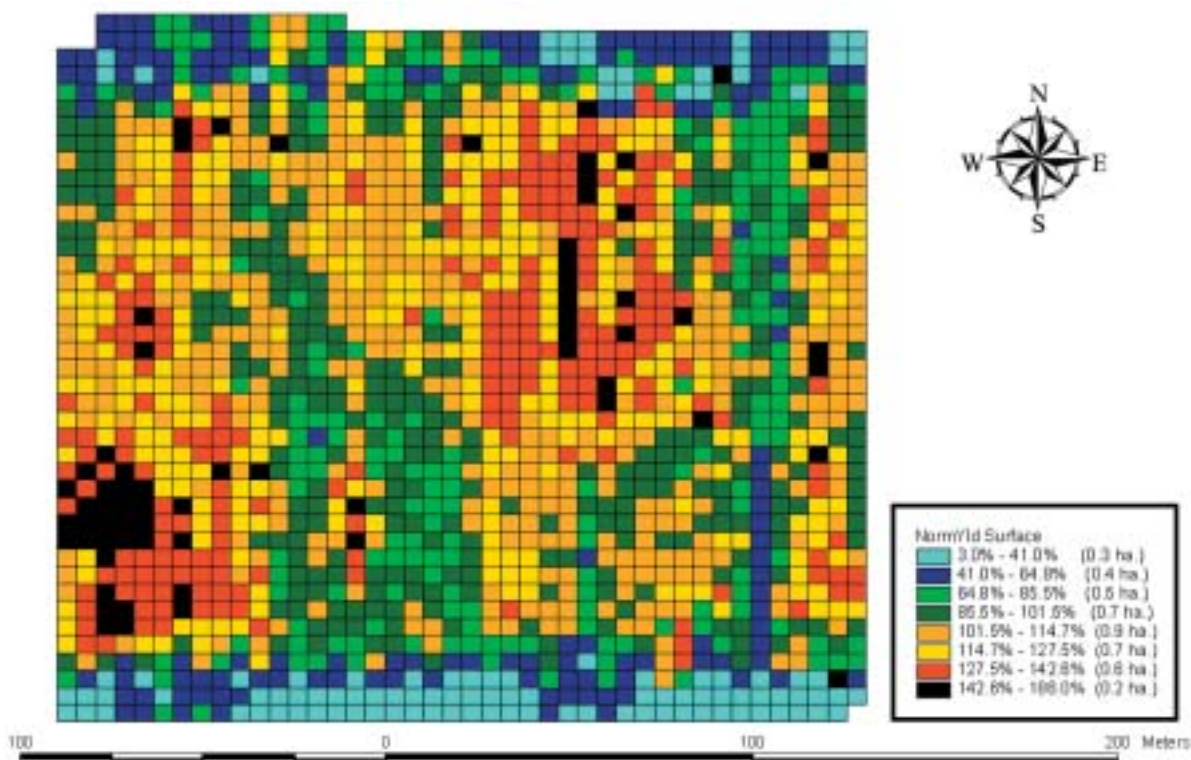
Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (Geographic Information System, GIS) είναι ένα λογισμικό με την βοήθεια του οποίου οι πληροφορίες οργανώνονται, αναλύονται και επεξεργάζονται (Εικ. 13). Οι πληροφορίες σε ένα GIS απεικονίζονται πάντοτε ως ψηφιακοί χάρτες του υπό εξέταση αγρού, γιατί όλες οι πληροφορίες είναι προσδιορισμένες στον χώρο με την βοήθεια του GPS. Πρόσθετα εργαλεία όπως στατιστικές αναλύσεις, προσομοιώσεις και άλλες αναλυτικές μέθοδοι, χρησιμοποιούνται από το GIS και βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στην λήψη αποφάσεων (Westervelt, 2000). Πέρα από την χαρτογράφηση, οι βάσεις δεδομένων που συνδέονται με το GIS και τα εργαλεία του για τον χειρισμό τους, καθιστούν το GIS πολύτιμο εργαλείο σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακρίβειας.

Ας πάρουμε για παράδειγμα έναν αγρό, στον νομό Καρδίτσας όπου το 2002 καλλιεργήθηκε βαμβάκι και έγινε χαρτογράφηση της παραγωγής με το Canlink 3000CYM. Η μέτρηση παραγωγής, μετά την επεξεργασία των δεδομένων στο GIS SStoolbox 3.4, δείχνει ότι οι τιμές της κανονικοποιημένης παραγωγής στον αγρό παρουσιάζουν διακύμανση από 3,0% έως και 186,0% επί του μέσου όρου παραγωγής (Εικ. 14). Η συλλογή του βαμβακιού απο την οποία προήλθε και ο χάρτης της εικόνας 15 έγινε το Σεπτέμβριο του 2002 με μέση παραγωγή, περίπου, 400 κιλά ανά στρέμμα.

Με όμοιο τρόπο εισάγονται πληροφορίες στο GIS που αφορούν την μεταβολή διαφόρων παραμέτρων που αφορούν στον αγρό π.χ. την ηλεκτρική αγωγιμότητα, περιεκτικότητα κάποιου θρεπτικού στοιχείου. Είναι δυνατόν επίσης να εισάγουμε παρατηρήσεις (π.χ. προσβολή από κάποιο έντομο) ή άλλες πληροφορίες όπως έναν χάρτη των σημείων δειγματοληψίας εδάφους.

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

Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών που διαθέτει και υποστηρίζει στην Ελληνική αγορά η Πατσαοικονόμου Αγροχημικά ABEE, είναι της SST Development Group®, Inc Αμερικής, μια εταιρία που ειδικεύεται αποκλειστικά στην παραγωγή λογισμικού (software) για την Γεωργία Ακρίβειας. Τα προϊόντα της είναι τα SStoolbox®, SStoolboxLite®, SStoolkit®, SSt Stratus® και FieldRover® II τα οποία βρίσκονται σε συνεχή ανάπτυξη, και εξέλιξη.



Εικ. 14. Χαρτογράφηση Παραγωγής σε Καλλιέργεια Βαμβακιού.

Στον παραπάνω χάρτη απεικονίζεται η κανονικοποιημένη παραγωγή βαμβακιού (κανονικοποιημένες τιμές = [σημειακές τιμές παραγωγής / μ.ο. παραγωγής τεμαχίου] x 100). Με την ανάλυση αυτή εύκολα βρίσκει κανείς τις περιοχές του αγρού που παράγουν πάνω από το μέσο όρο και τις περιοχές που υποπαράγουν. Από τα συνολικά 43 στρέμματα του αγρού τα 19, περίπου, παράγουν κάτω από το μ.ο. και τα 24 παράγουν περισσότερο.

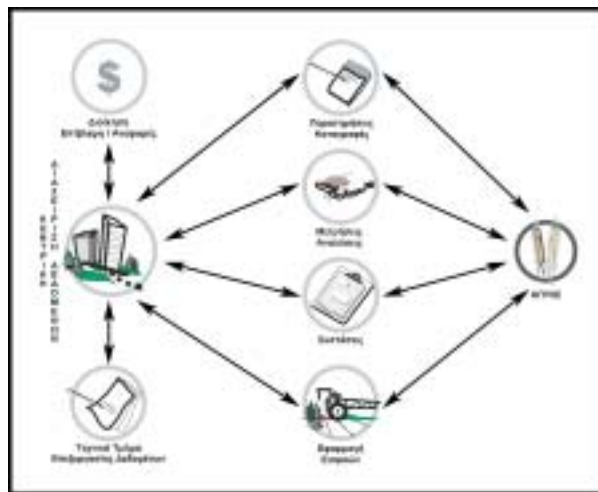
Το SSToolkit® είναι το οικονομικότερο πακέτο, που επιτρέπει την δημιουργία κάποιων τύπων ψηφιακών χαρτών και στην συνέχεια την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά την διαχείριση των αγρών.

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

Το SSToolbox® έχει όλες τις λειτουργίες των δύο προηγούμενων, με μεγαλύτερες δυνατότητες στην συγκέντρωση, οργάνωση, χειρισμό, ανάλυση και επεξεργασία πληροφοριών που αφορούν τις γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Μπορεί, δε, να αναπτυχθεί και σε όλο το φάσμα μία οργάνωσης και να καλύψει όλες τις εργασίες που αφορούν τον αγρό (Εικ. 15).

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

προσβολές από εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια), καθώς και των διάφορων επεμβάσεων (ψεκασμοί, καλλιεργητικές εργασίες, αρδεύσεις κλπ) που πραγματοποιούνται σε αυτήν. Συνεργάζεται με τα SSToolboxLite®, SSToolkit® και SSToolbox® και αποτελεί την βάση δεδομένων και το μέσο καταγραφής στοιχείων που αφορούν την διαχείριση του αγρού και της καλλιέργειας. Εγκαθίσταται σε υπολογιστές παλάμης (π.χ. Comrak iPaq), καθιστώντας δυνατή την καταγραφή δεδομένων, ενώ ο χρήστης βρίσκεται στον αγρό., που μπορεί να αφορούν το σύνολο ή ένα τμήμα του αγρού.

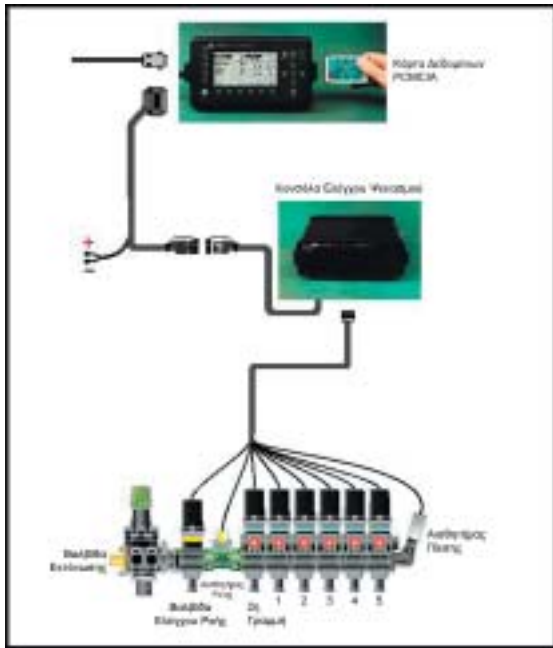


Εικ. 15. Ανάπτυξη της τεχνολογίας του SSToolbox σε πολυεπίπεδη εταιρική οργάνωση.

Το SSToolbox μπορεί να αναπτυχθεί σε πολλά επίπεδα μέσα σε ένα οργανισμό. Ένας διακομιστής (Server) κάνει τη κεντρική διαχείριση των δεδομένων, ενώ η διοίκηση και το τεχνικό τμήμα μπορούν να έχουν ανεξάρτητη πρόσβαση στα ίδια δεδομένα εκτελώντας διαφορετικές εργασίες (π.χ. επίβλεψη ή τεχνική ανάλυση). Από τα δεδομένα αυτά τροφοδοτούνται και τεχνικοί που έχουν άμεση επαφή με τον αγρό. Πληροφορίες μεταφέρονται στον αγρό αλλά και καταγράφονται για τον αγρό και μεταφέρονται στο κεντρικό σύστημα. Καταγραφή (on site) στον αγρό γίνονται μέσω του SST Stratus σε υπολογιστή παλάμης και σε δεύτερο χρόνο μεταφέρονται πίσω στο κεντρικό σύστημα για επεξεργασία.

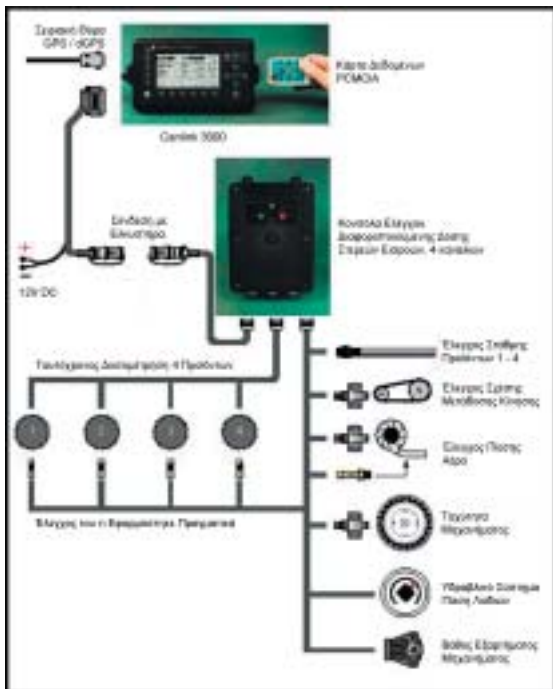
Το FieldRover® II εγκαταστημένο επίσης μόνο σε φορητό υπολογιστή ή υπολογιστή παλάμης, χρησιμοποιείται στην δημιουργία του περιγράμματος του αγρού (field boundary), απαραίτητου στην δημιουργία ψηφιακού χάρτη οποιασδήποτε παραμέτρου του αγρού. Ακόμα, είναι χρήσιμο εργαλείο για την καταγραφή οποιουδήποτε

εντοπισμένους παράγοντες που επηρεάζει την καλλιέργεια π.χ. προσβολή από ζιζάνια. Επίσης, με την βοήθειά του, μπορεί να δημιουργηθεί χάρτης των σημείων δειγματοληψίας του εδάφους.



Εικ. 16. Εξοπλισμός Εφαρμογής Διαφοροποιούμενης Δόσης Υγρών, FarmScan.

Το Canlink 3000 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην εφαρμογή υγρών εισροών με μεταβλητή δόση. Το ψεκαστικό υγρό εφαρμόζεται με βάση το χάρτη δόσεων που μεταφέρεται από το SStoolbox στο Canlink με την κάρτα PCMCIA.



Εικ. 17. Εξοπλισμός Εφαρμογής Διαφοροποιούμενης Δόσης Στερεών, FarmScan.

Το Canlink 3000 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην εφαρμογή στερεών εισροών με μεταβλητή δόση (π.χ. κοκκώδες λίπασμα). Το σκέυασμα εφαρμόζεται με βάση το χάρτη δόσεων που έχει δημιουργηθεί από το χρήστη στο SStoolbox. Παράλληλα είναι δυνατή και η καταγραφή των ποσοτήτων που πραγματικά εφαρμόστηκαν.

Τεχνολογία Διαφοροποιούμενης Δόσης (Variable Rate Technology, VRT)

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

Μέχρι την δεκαετία του '90, η διαδικασία για την ανάπτυξη χαρτών εφαρμογής εισροών με μεταβλητή δόση βασίστηκαν στην δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling). Έρευνες έδειξαν ότι η παραλλακτικότητα του εδάφους είναι αρκετά υψηλή, ώστε να απαιτείται πολύ μεγάλος αριθμός δειγμάτων για την διαμόρφωση χάρτη αποδεκτής ακρίβειας, όπου θα βασίζονταν οι αποφάσεις για την διαφοροποίηση των εισροών. Η αύξηση των σημείων δειγματοληψίας για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας, έχει σαν αποτέλεσμα την γεωμετρική αύξηση του κόστους ανάλυσης. Σε ένα σύστημα που βασίζεται στη διαχείριση της παραλλακτικότητας μέσα από τη χαρτογράφηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας το κόστος μειώνεται σημαντικά. Για παράδειγμα, το κόστος για να χαρακτηριστεί επαρκώς ο αγρός στην **εικόνα 7** με δειγματοληψία πλέγματος θα ήταν απαγορευτικό, αφού η παραλλακτικότητα του συγκεκριμένου αγρού (παρότι είναι μόλις 45 στρέμματα) είναι πολύ υψηλή. Σε αντίθεση η χαρτογράφηση της εδαφικής EC έχει χαμηλό κόστος και κάνει τη εφαρμογή διαφοροποιούμενης δόσης εισροών εφικτή και κοστολογικά βιώσιμη.

Από τη σύγκριση των ζωνών διαχείρισης που προκύπτουν από το χάρτη της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το χάρτη της παραγωγής (**Εικ. 18**) γρήγορα βγαίνει το συμπέρασμα ότι κάποιες ζώνες απαιτούν διαφορετική διαχείριση από κάποιες άλλες. Η διόρθωση των παραγόντων που περιορίζουν τη παραγωγή στις ζώνες 3 και 4, ενώ αυτό δε συμβαίνει στις ζώνες 1 και 2, είναι ίσως το πρώτο βήμα στη προσπάθεια αύξησης των αποδόσεων αυτού του αγρού. Ο ευκολότερος και γρηγορότερος τρόπος για να γίνει αυτό με ένα πέρασμα με το μηχανήμα εφαρμογής κάποιας εισροής (υγρή ή στερεή) είναι μέσα από τη τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης.

Το σύστημα VRT που διαθέτει και υποστηρίζει στην Ελληνική αγορά η Παπαιοικονόμου Αγροχημικά ABEE είναι της FARMSCAN® Αυστραλίας. Με το σύστημα αυτό επιχειρείται η διόρθωση των εντοπισμένων παραγόντων που περιορίζουν τη παραγωγή. Περιλαμβάνει τον εξοπλισμό που επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της δόσης κάθε καλλιεργητικής εισροής και αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Κονσόλα ελέγχου. Πρόκειται για την ίδια κονσόλα (Canlink 3000®, **Εικ. 12**) με αυτή της μέτρησης παραγωγής, στη οποία γίνεται μία απλή αλλαγή του λογισμικού της έτσι ώστε να διαχειριστεί τη μεταβλητή δόσομέτρηση. Το γεγονός ότι χρησιμοποιείται η ίδια κονσόλα είναι ιδιαίτερα σημαντικό γιατί συμβάλει στην μείωση του κόστους επένδυσης από τον χρήστη.
- Κάρτα δεδομένων PCMCIA. Είναι η ηλεκτρονική κάρτα με την οποία μεταφέρονται οι πληροφορίες για την εφαρμογή με μεταβλητή δόση, από το κεντρικό GIS στην κονσόλα ελέγχου της FARMSCAN®.
- Μηχανισμούς που προσαρμόζονται στα μηχανήματα εφαρμογής των καλλιεργητικών εισροών είτε αυτές είναι σε υγρή (**Εικ. 16**), είτε σε στερεή (**Εικ. 17**) μορφή. Οι

Συμπεράσματα

μηχανισμοί αυτοί αυξομειώνουν την δόση, σύμφωνα με τις εντολές που δέχονται από την κονσόλα ελέγχου. Πρόκειται για αντλίες και μοτέρ μεταβλητής ταχύτητας περιστροφής, βαλβίδες με μεταβλητό άνοιγμα και κλείσιμο.

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

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

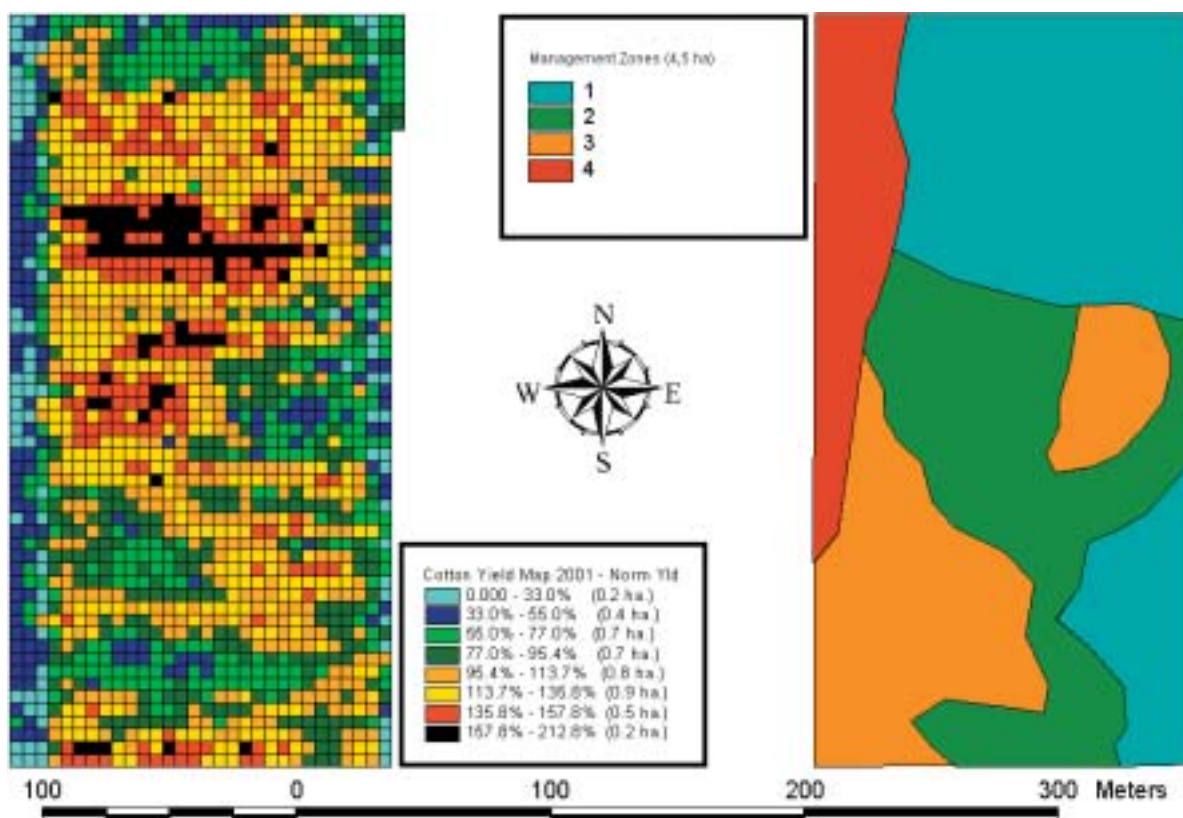
Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών είναι απαραίτητη στις εποχές με προβλήματα οικονομικότητας και ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων. Άλλωστε, οι μεγαλύτερες αλλαγές στην Γεωργία συνέβησαν στις κρίσιμες στιγμές, όταν οι παραγωγοί χρησιμοποίησαν την νέα τεχνολογία για να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων τους είτε αυξάνοντας την απόδοση των καλλιεργειών τους είτε μειώνοντας το κόστος παραγωγής τους. Τα τελευταία χρόνια οι τιμές των εισροών αυξάνονται, ενώ οι πραγματικές τιμές των γεωργικών προϊόντων μένουν σταθερές ή μειώνονται λόγω του διεθνούς ανταγωνισμού. Όλα αυτά έχουν ως συνέπεια τον περιορισμό του καθαρού εισοδήματος ανά καλλιεργήσιμο στρέμμα.

Το κόστος παραγωγής, ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος, είναι το γινόμενο του συνολικού κόστους παραγωγής προς την συνολική παραγωγή:

Κόστος παραγωγής ανά μονάδα = Συνολικό κόστος / Συνολική παραγωγή

Κέρδος υπάρχει όταν η τιμή του προϊόντος είναι μεγαλύτερη από το κόστος παραγωγής ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος:

Κέρδος = τιμή προϊόντος – κόστος παραγωγής



Εικ. 18. Σύγκριση Παραγωγής και Ζωνών Διαχείρισης.

Σύγκριση του χάρτη παραγωγής ενός αγρού που καλλιεργήθηκε με βαμβάκι το 2001 και του χάρτη με τις ζώνες διαχείρισης όπως αυτές ορίστηκαν από τη χαρτογράφηση της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας (βλέπε **Εικ. 7**). Οι υψηλές τιμές παραγωγής φαίνεται να εντοπίζονται στις ζώνες 1 και 2. Με αυτή τη προσέγγιση ο χρήστης του συστήματος μπορεί να εντοπίσει τους παράγοντες που επηρεάζουν θετικά τη παραγωγή (οι οποίοι συνδέονται με τις ζώνες 1 & 2) και να τους διαχειριστεί ανάλογα (π.χ. με τη διαφοροποίηση της δόσης κάποιων εισροών). Ο άμεσος στόχος είναι η ανόρθωση των επιπέδων παραγωγής και στις υπόλοιπες ζώνες.

Με την Γεωργία Ακριβείας επιτυγχάνουμε την βέλτιστη διαχείριση της γεωργικής εκμετάλλευσης και τον ακριβή προσδιορισμό των άριστων οικονομικά επιπέδων της παραγωγής. Κέρδος προκύπτει με τον ακριβή προσδιορισμό της άριστης οικονομικά δόσης εφαρμογής κάθε εισροής σε κάθε σημείο, σε όλη την έκταση του αγρού ή/και με την αύξηση της παραγωγής και την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Η εφαρμογή των μεθόδων της Γεωργίας Ακριβείας βοηθά στην μείωση του κόστους παραγωγής με την αύξηση της παραγωγής ποσοτικά ή ποιοτικά, με την καλύτερη διαχείριση των εισροών και σε μερικές περιπτώσεις με την μείωση των εισροών. Η μείωση του κόστους παραγωγής μπορεί να επιτευχθεί ως εξής:

- Μείωση εισροών π.χ. του λιπάσματος. Η Γεωργία Ακριβείας μπορεί να μειώσει το λίπασμα που απαιτείται, αλλά οι έρευνες δείχνουν ότι το κέρδος μάλλον προκύπτει από την καλύτερη κατανομή του λιπάσματος στον αγρό, παρά με την μείωση της συνολικής ποσότητάς του.
- Εφαρμογή εδαφοβελτιωτικών για την διαμόρφωση άριστων συνθηκών διαθεσιμότητας για τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους και αύξηση της παραγωγής.
- Επέμβαση με εντοπισμένες διαφυλλικές εφαρμογές όπου και όταν χρειάζεται για την διόρθωση τροφοπενιών.
- Χρησιμοποίηση των χαρτών παραγωγής για την επιλογή κατάλληλης ποικιλίας ή υβριδίου και την αύξηση της παραγωγής.

Στόχος του συστήματος Γεωργίας Ακριβείας που προτείνει η Παπαιοικονόμου Αγροχημικά ABEE, είναι η **εφαρμογή της κατάλληλης εισροής στην σωστή δόση, στο κατάλληλο σημείο, την κατάλληλη χρονική στιγμή και με την ελάχιστη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος**. Με την χαρτογράφηση της εδαφικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και την λήψη εδαφικών δειγμάτων, ορίζονται ζώνες διαχείρισης εντός των ορίων του αγρού. Με την βοήθεια και της χαρτογράφησης της παραγωγής ανιχνεύονται οι περιοριστικοί παράγοντες της παραγωγής. Άλλοι εντοπισμένοι παράγοντες που περιορίζουν την παραγωγή μπορεί να καταγράφονται και επιτόπου στον αγρό. Η προσπάθεια εξάλειψης των περιοριστικών αυτών παραγόντων επιχειρείται με την διαφοροποιούμενη εφαρμογή εισροών. Τα οφέλη είναι πολλαπλά για τον παραγωγό, που επιτυγχάνει ορθότερη διαχείριση των εισροών που εφαρμόζει. Τα οφέλη είναι προφανή και για το περιβάλλον, όπου σταματά η αλόγιστη χρήση εισροών σε δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ πολλαπλάσιων των απαιτούμενων. Κάθε σημείο του αγρού ερευνάται, και ανάλογα τον επιδιωκόμενο σκοπό, δέχεται την απόλυτα αναγκαία ποσότητα της κατάλληλης εισροής. Με τον τρόπο αυτό σταματά η ρύπανση των εδαφών και του υδροφόρου ορίζοντα με τις επιπλέον ποσότητες των εισροών που ανεκμετάλλευτες εκπλύνονται και μεταφέρονται σε μέρη μη επιθυμητά. Η Γεωργία Ακριβείας αποτελεί πολύτιμο εργαλείο στα χέρια του σύγχρονου παραγωγού, συμβάλλει στην βελτίωση της οικονομικής απόδοσης των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών προϊόντων, αλλά και στη προστασία του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

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

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

Introduction to Precision Agriculture, (2001). Workshop, American Farm School, Thessaloniki.

Lund, E.D., Christy, C.D., Drummond, P.E. (1999). Practical Applications of Soil Electrical Conductivity Mapping.

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.

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

Westervelt, J.D., Reetz, H.F., (2000). GIS in Site-Specific Agriculture, Intersate Publishers Inc., 64 pp.

Σημειώσεις

