

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
& ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Αριθμ. Πρωτοκ. 370
Ημερομηνία 29-9-11

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

**ΡΥΘΜΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΑ ΓΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗ
ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΟΣΕΙΣ, ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΦΟΥΝΤΑΣ

ΝΤΑΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2011

Σπυρίδων Φουντάς, Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Θεοφάνης Α. Γέμτος, Καθηγητής Γεωργικής Μηχανολογίας

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Θωμάς Μπαρτζάνας, Ερευνητής Β'

Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ.



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

Αριθ. Εισ.: 10159/1
Ημερ. Εισ.: 23-11-2011
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΦΠΑΠ
2011
ΝΤΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κύριο Σπυρίδων Φουντά, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια της προπτυχιακής μου διατριβής. Η συμβολή του υπήρξε καθοριστική στη συγγραφή και την ολοκλήρωση της.

Θερμά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Θεοφάνη Γέμτο, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος και διευθυντή του εργαστηρίου μηχανολογίας για την πολύτιμη βοήθεια του κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς επίσης και τον κύριο Θωμά Μπαρτζάνα, ερευνητή Β' του Κέντρου Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης Θεσσαλίας (Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ).

Θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω επίσης τον κύριο Καραμούτη Χρήστο για τον χρόνο, την βοήθεια και αμέριστη συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της προπτυχιακής μου διατριβής.

Τέλος να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους, πνευματική και υλική, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και τους συντρόφους μου για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Στους αγωνιστές του αγροτικού ξεσηκωμού στο Κιλελέρ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο απώτερος σκοπός της γεωργίας ακριβείας είναι η δυνατότητα για καλλιεργητικές επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις, δηλαδή η εφαρμογή καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες. Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια χαρτών που δημιουργήθηκαν με βάση τις ιδιότητες του αγρού ή με την βοήθεια αισθητήρων που δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέγουν.

Για να επιτύχουμε επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις, προϋπόθεση είναι να διαθέτουμε τον απαραίτητο εξοπλισμό.

Για την λίπανση με μεταβαλλόμενες δόσεις και συγκεκριμένα σε γραμμική λίπανση ο λιπασματοδιανομέας φέρει μηχανισμούς αυτορρύθμισης των ανοιγμάτων, ώστε η ποσότητα ανα στρέμμα να παραμένει κατά το δυνατό σταθερή ανεξάρτητα με την μεταβολή της ταχύτητας.

Μια άλλη προσέγγιση, που συνδέεται με την γεωργία ακριβείας, απαιτεί, ανάλογα με τις συνθήκες, μεταβαλλόμενη παροχή. Για την εφαρμογή χρησιμοποιούνται ειδικοί λιπασματοδιανομείς μεταβαλλόμενης παροχής.

Ο σκοπός του πειράματος ήταν να βαθμονομηθεί ο λιπασματοδιανομέας έτσι ώστε να γνωρίζουμε πόσο λίπασμα εξέρχεται από αυτόν σε διάφορα ανοίγματα του μετρητικού μηχανισμού, για να τον χρησιμοποιήθει σε λίπανση με μεταβαλλόμενες δόσεις.

Χρησιμοποιήθηκε ένας λιπασματοδιανομέας για γραμμική λίπανση με δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας του λιπάσματος που εξέρχεται από τον μετρητικό μηχανισμό του και 9 διαφορετικά λιπάσματα.

Αφού βαθμονομήθηκε το άνοιγμα του μετρητικού μηχανισμού, μετρήθηκε η ποσότητα του λιπάσματος που εξέρχεται από τον λιπασματοδιανομέα σε ορισμένο αριθμό περιστροφών και σε διάφορα ανοίγματα του μετρητικού του μηχανισμού, για κάθε λίπασμα, στην συνέχεια δημιουργήθηκαν διαγράμματα έτσι ώστε να συγκριθούν οι εξισώσεις και οι συντελεστές συσχέτισης που προέκυπταν.

Τα αποτελέσματα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η γραμμική εξίσωση που είναι η απλούστερη μορφή εξίσωσης και με τον υψηλότερο βαθμό συσχέτισης, ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί στη βαθμονόμηση του λιπασματοδιανομέα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1. <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</u>	7
1.1. ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ	7
1.2. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	8
1.2.1. ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	9
1.2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ Η ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	9
1.3. GPS	12
1.3.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ GPS	12
1.3.2. Ο ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ	13
1.3.3. ΤΟ GPS ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	14
1.3.4. DIFFERENTIAL GPS (DGPS)	15
1.3.5. RTKGPS	15
1.4. GIS	15
1.4.1. ΧΡΗΣΗ GIS ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	18
1.4.2. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ	18
1.5. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	19
1.5.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	20
1.5.2. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	21
1.6. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	21
1.6.1. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	22
1.6.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	23
1.7. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ	24
1.8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	27
1.9. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΙΣΡΟΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΟΣΕΙΣ	28
1.10. ΛΙΠΑΝΣΗ	31
1.11. ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΙΣ	33
1.11.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΔΟΣΗΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ	34
2. <u>ΣΤΟΧΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ</u>	36
3. <u>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</u>	37
4. <u>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u>	41

5. <u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	48
6. <u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	49
6.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
6.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51
6.3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	52
7. <u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</u>	53

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πριν από την εκμηχάνιση της γεωργίας όταν το μέγεθος των αγροκτημάτων ήταν μικρό, ο γεωργός ξόδευε πολύ χρόνο στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου εκτελώντας τις καλλιεργητικές εργασίες και έτσι γνωρίζοντας εμπειρικά το αγρόκτημα είχε τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τα διάφορα μέρη του σύμφωνα με τις ανάγκες που θεωρούσε ότι είχαν. Έριχνε περισσότερο σπόρο σε σημεία του χωραφιού που δεν φύτρωναν, έριχνε περισσότερο λίπασμα όπου τα φυτά φαινόταν αδύναμα και κατάστρεφε τα ζιζάνια όπου τα έβρισκε.

Τα τελευταία χρόνια, και με την εκμηχάνιση της γεωργίας ο παραγωγός άρχισε να εφαρμόζει συστήματα συμβατικής γεωργίας στις καλλιεργητικές του πρακτικές. Η διαχείριση των αγροκτημάτων άρχισε γίνεται με βάση τους μέσους όρους των χαρακτηριστικών του χωραφιού. Παρ' όλο που οι αγρότες γνώριζαν ότι υπήρχε ανομοιομορφία στο αγρόκτημά τους δεν είχαν την δυνατότητα, την τεχνολογία και την τεχνογνωσία ώστε να διαφοροποιήσουν τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας σε κάθε σημείο του αγρού. Η τυπική αυτή διαχείριση στηρίζεται στη δειγματοληψία του εδάφους σε τυχαία σημεία του αγρού και καθορισμό της ποσότητας του λιπάσματος με βάση το μέσο όρο. Έτσι το λίπασμα διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον αγρό χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χωρική παραλλακτικότητα του εδάφους και της παραγωγής. Με αυτό τον τρόπο σε ορισμένα σημεία του αγρού εφαρμόζεται υπερβολική ποσότητα λιπάσματος με αποτέλεσμα την σπατάλη του, την μείωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος ακόμα και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος ενώ σε άλλες περιοχές εφαρμόζεται μικρότερη ποσότητα από την απαιτούμενη με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής.

Το ίδιο συνέβαινε και με τις υπόλοιπες εισροές όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης τα οποία εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στον αγρό. Οι επιπτώσεις αυτής της πρακτικής στο περιβάλλον καθώς επίσης και η οικονομική επιβάρυνση του παραγωγού, στην πορεία των ετών, αποτέλεσαν ένα βάρος που συνεχώς διογκώνονταν, τόσο που η ανάγκη μείωσης των καλλιεργητικών δαπανών έγινε επιτακτική. Στη λύση αυτού του προβλήματος θα μπορούσε να συμβάλει ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της διαφορετικότητας σε συνδυασμό με την είσοδο νέων τεχνολογιών στον αγροτικό τομέα. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού αυτού ονομάζεται «γεωργία ακριβείας».

Η Γεωργία Ακριβείας είναι ένα σύστημα διαχείρισης αγροκτημάτων το οποίο χρησιμοποιώντας την πληροφορική και τις καινούργιες τεχνολογίες στη γεωργία, βοηθά το γεωργό στη λήψη αποφάσεων για τη καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος (Γέμτος κ.α., 2002). Ο όρος καλύτερη διαχείριση μπορεί να σημαίνει βελτίωση της οικονομικής απόδοσης του αγροκτήματος είτε με αύξηση της παραγωγής είτε με μείωση των εισροών, είτε με συνδυασμό και των δύο. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση των αρνητικών επιπτώσεων της γεωργίας στο περιβάλλον και να μειωθεί το κόστος, εφόσον εφαρμόζεται η αναγκαία ποσότητα εισροών σε κάθε σημείο του αγρού. Το χαρακτηριστικό είναι ότι αντί να γίνονται οι καλλιεργητικές φροντίδες με βάση τις μέσες τιμές των χαρακτηριστικών του αγροκτήματος είναι δυνατή η εφαρμογή διαφορετικών δόσεων εισροών και άλλων καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες.

Η ραγδαία ανάπτυξη της πληροφορικής και γενικότερα της τεχνολογίας τα τελευταία έτη σε συνδυασμό με την βελτίωση των συστημάτων γεωγραφικού εντοπισμού (GPS) και την ανάπτυξη των αισθητήρων μέτρησης της παραγωγής, έδωσε τη δυνατότητα στον παραγωγό να χαρτογραφήσει την παραγωγή του και με την εφαρμογή διαφοροποιημένων επεμβάσεων, μέσα στο ίδιο το αγροτεμάχιο, να την βελτιώσει. Οι πρώτες εφαρμογές άρχισαν στο τέλος της δεκαετίας του 1980 αλλά κυρίως στις αρχές της δεκαετίας του 1990 με χαρτογράφηση της παραγωγής των σιτηρών.

Το πιο σημαντικό στάδιο στην εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας βρίσκεται στην επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από τον αγρό. Ο κύριος σκοπός αυτού του σταδίου είναι η δημιουργία ζωνών διαχείρισης εντός του αγροτεμαχίου, που χαρακτηρίζονται από κοινά χαρακτηριστικά.

Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων αποτελεί τη βάση εφαρμογής της Γεωργίας Ακριβείας γιατί μας παρέχει τη δυνατότητα για καλλιεργητικές επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις. Αυτή η δυνατότητα είναι και ο απώτερος σκοπός της Γεωργίας Ακριβείας, δηλαδή η εφαρμογή καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού ανάλογα με τις πραγματικές του ανάγκες.

Αυτές οι εφαρμογές επιφέρουν εξοικονόμηση πόρων, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη και οικονομικότερη διαχείριση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων σε επίπεδο παραγωγού, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση των εισροών, που είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

Οι πιο σημαντικές εφαρμογές μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων έχουν σημειωθεί στην εφαρμογή λιπασμάτων.

Στη χώρα μας και υπήρξε μια καθυστέρηση στην εφαρμογή της γεωργίας ακριβείας. Αυτό αποδίδετε στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των γεωργών έχει χαμηλό επίπεδο μόρφωσης, μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις και είναι προσκολλημένοι στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και στις επιδοτήσεις των προϊόντων. Τέλος υπάρχει έλλειψη αναπτυγμένης τεχνολογίας εφαρμογής των μεθόδων Γεωργίας Ακριβείας για τις καλλιέργειες του Ευρωπαϊκού Νότου κυρίως για τα φρούτα και λαχανικά

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

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1. ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

Η έννοια της παραλλακτικότητας αποτελεί το πρώτο βήμα σε κάθε εφαρμογή γεωργίας ακριβείας

Όσον αφορά το χαρακτήρα της, η παραλλακτικότητα διακρίνεται σε:

- **Χωρική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως η μεταβολή των ιδιοτήτων και των χαρακτηριστικών του εδάφους, της καλλιέργειας ή άλλων παραμέτρων του αγροτεμαχίου, με την αλλαγή θέσης μέσα στο αγροτεμάχιο.
- **Χρονική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως μεταβολή όλων των παραπάνω παραμέτρων, με το χρόνο.
- **Προβλεπτική** παραλλακτικότητα, η οποία γίνεται αντιληπτή ως ασυμφωνία μεταξύ των προβλεπόμενων και των πραγματικών τιμών για τις διάφορες θέσεις μέσα στο αγροτεμάχιο, ή τις διάφορες καλλιεργητικές χρονιές.

Όσον αφορά τις παραμέτρους που παραλλάσσουν, διακρίνονται σε:

- **Εδαφολογικές**, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η υφή, η δομή, η οργανική ουσία, η υδατοϊκανότητα, τα θρεπτικά στοιχεία, η Ικανότητα Ανταλλαγής Κατιόντων (CEC), η σκληρότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το βάθος του επιφανειακού εδάφους, κ.ά.
- **Βιολογικές**, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι μικροβιακοί πληθυσμοί του εδάφους, οι πληθυσμοί των ζιζανίων, οι πληθυσμοί των εντόμων, οι ασθένειες, η ανάπτυξη της καλλιέργειας και η απόδοση της συγκομιζόμενης καλλιέργειας. Η πιο συνήθης βιολογική παράμετρος που παραλλάσσει είναι η απόδοση της καλλιέργειας, η διαφορά της οποίας από σημείο σε σημείο είναι πολλές φορές εντυπωσιακή.
- **Εξέλιξης της κατάστασης**, με σημαντικότερη παράμετρο το άζωτο, το οποίο στην εδαφική κατατομή εκφράζει την ισορροπία που υπάρχει ανάμεσα σε μία σειρά από διαδικασίες. Ανάμεσά τους η ανοργανοποίηση, η ακινητοποίηση, η απονιτροποίηση, η εξαέρωση, η νιτροποίηση, η απορρόφηση, η πρόσληψη από τα φυτά και η έκλυση. Με αυτές τις διαδικασίες σχετίζονται ιδιότητες του εδάφους, όπως η περιεκτικότητα σε νερό, η θερμοκρασία, το pH, η υφή, η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και η κατάσταση στράγγισης (*Mulla and Schepers, 1997*).

Εφόσον οι ιδιότητες αυτές παραλλάσσουν χωρικά, τότε και η εξέλιξη των παραπάνω διαδικασιών παραλλάσσει χωρικά.

Για την ανίχνευση της παραλλακτικότητας και του βάθους της χρησιμεύουν οι χάρτες παραγωγής. Για να διαπιστώσουμε τα αίτια της παραλλακτικότητας χρησιμοποιούμε την τηλεπισκόπηση, τις εργαστηριακές αναλύσεις, τις παρατηρήσεις στον αγρό και άλλα μέσα συγκέντρωσης στοιχείων. Η γεωγραφική πληροφορία στα δεδομένα προσφέρεται από τα συστήματα εντοπισμού θέσης (π.χ. GPS).

1.2. ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) ονομάζεται η μέθοδος γεωργικής πρακτικής, που χρησιμοποιεί πληροφορία με σαφήνεια προσδιορισμένη ως προς το χώρο ή και το χρόνο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των εισροών, ή και να ελαχιστοποιήσει τις βλαβερές τους συνέπειες.

Η Γεωργία Ακριβείας, ουσιαστικά, είναι μέθοδος γεωργικής διαχείρισης, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών καθώς αυτές διαφοροποιούνται στο χώρο και στο χρόνο (*Whelan and Mc Bratney, 2000*). Η μέθοδος αυτή έρχεται να αντιμετωπίσει την παραλλακτικότητα του αγροτεμαχίου, με στόχο να μειώσει τις επιπτώσεις των εισροών στο περιβάλλον καθώς και το κόστος παραγωγής. Η τεχνική της Γεωργίας Ακριβείας βασίζεται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, τη Γεωργική Μηχανική, τις Μετρήσεις στο Πεδίο, τα Συστήματα Εντοπισμού Θέσης και την Τηλεπισκόπηση.

Ενας από τους βασικούς σκοπούς της Γεωργίας Ακριβείας είναι η βελτίωση της παραγωγικότητας του αγρού. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη γνώση των ιδιοτήτων για κάθε τμήμα του αγροτεμαχίου ώστε στη συνέχεια να προσαρμοστούν οι χρησιμοποιούμενες εισροές και καλλιεργητικές πρακτικές ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε σημείου του αγρού. Η γνώση αυτών των ιδιοτήτων έρχεται μέσω της συγκέντρωσης, ερμηνείας και ανάλυσης των τιμών ορισμένων παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο.

Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας είναι γνώση τη χωρικής παραλλακτικότητας, όμως, ακόμα και αν ο αγρός έχει παραλλακτικότητα δεν

σημαίνει πάντα ότι έχει νόημα να εφαρμοστεί σε αυτόν Γεωργία Ακριβείας. Πρέπει να μετρηθεί το μέγεθος της παραλλακτικότητας, να βρεθούν οι αιτίες που προκαλούν αυτή την παραλλακτικότητα και τέλος να βρεθεί τρόπος για να γίνει διαχείριση της παραλλακτικότητας (Αγγελοπούλου, 2008).

Στο διεθνή ακαδημαϊκό χώρο έχουν ήδη δημιουργηθεί εργαστήρια, τμήματα και κέντρα Γεωργίας Ακριβείας, ενώ στην Ελλάδα έχει αρχίσει η ενασχόληση τόσο σε ερευνητικό επίπεδο από διάφορα πανεπιστήμια, όσο και σε επίπεδο εφαρμογής.

1.2.1. ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι (Τάνος κ. α., 2007):

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών και η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων τους στο περιβάλλον
- η εξοικονόμηση της ενέργειας
- Να βελτιστοποιήσει το εισόδημα του παραγωγού
- Να βελτιστοποιήσει το δυναμικό παραγωγής και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.
- Να βοηθήσει τη διαδικασία ιχνηλασιμότητας σε διάφορα συστήματα ποιότητας (HACCP, ISO, IPM)

1.2.2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙ Η ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από την σπορά μέχρι την συγκομιδή και είναι οι εξής (Καρυδάς κ.α):

- **GPS και GIS.** Είναι 2 συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.

A. Παγκόσμια Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης (GPS): Τα Παγκόσμια Συστήματα Προσδιορισμού Θέσης είναι συστήματα, που καθιστούν δυνατό τον εντοπισμό και την καταγραφή της θέσης οποιουδήποτε σημείου επάνω στην επιφάνεια της υδρογείου. Αποτελούνται από ειδικούς δορυφόρους σε τροχιά γύρω

από τη γη, οι οποίοι στέλνουν διαρκώς ραδιοσήματα στην επιφάνειά της. Τα σήματα αυτά λαμβάνονται από ειδικά όργανα, τους ραδιολήπτες (radio-receivers), τα οποία υπολογίζουν το γεωγραφικό στίγμα και το υψόμετρο της θέσης τους, καθώς και το χρόνο.

B. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS): Ένα δυναμικό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, επανάκτηση, μετασχηματισμό και απόδοση χωρικών δεδομένων του περιβάλλοντος, για την ικανοποίηση ενός συνόλου εξειδικευμένων απαιτήσεων. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών διαχειρίζονται και συνδυάζουν εισερχόμενες πληροφορίες, δίνοντας αποτελέσματα σε μορφή χαρτών και πινάκων. Οι χάρτες, που ονομάζονται **θεματικοί χάρτες** (thematic maps), δείχνουν την κατανομή στο χώρο οποιουδήποτε παράγοντα για τον οποίο υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία (π.χ. υψόμετρου, απόδοσης, θρεπτικών στοιχείων, εδαφικής υγρασίας, κ.λπ.) και είναι προϊόντα διαδικασιών ολοκλήρωσης ενός περιορισμένου αριθμού γνωστών τιμών.

- **Μετρήσεις στο Πεδίο:** είναι μετρήσεις των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των καλλιεργειών ή του εδάφους με δειγματοληψία και γίνονται, είτε με αναλύσεις στο Εργαστήριο, είτε με Αισθητήρες. Οι αναλύσεις στο Εργαστήριο γίνονται σε δύο βήματα (λήψη δειγμάτων -ανάλυση), ενώ οι Αισθητήρες είναι όργανα αυτόματης δειγματοληψίας και ταχείας μέτρησης (επί τόπου, σε ένα μόνο βήμα).
- **Χαρτογράφηση παραγωγής.** Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.
- **Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων.** Γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.
- **Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους.** Μέτρηση της φαινομενικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (ECa). Η φαινομενική ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας, όπως, η περιεκτικότητα σε νερό, η μηχανική σύσταση του εδάφους η οργανική ουσία, το βάθος σκληρού ορίζοντα, CEC, αλατότητα καθώς και τα ανταλλάξιμα ασβέστιο και μαγνήσιο.
- **Τηλεπισκόπηση.** είναι η επιστήμη της απόκτησης και ανάλυσης πληροφοριών για το περιβάλλον, από ανιχνευτές που δε βρίσκονται σε φυσική επαφή μαζί του. Η αρχή στην οποία βασίζεται η Τηλεπισκόπηση είναι η καταγραφή τμημάτων της

ανακλώμενης ηλιακής, ή της τεχνητής ακτινοβολίας ραντάρ από την επιφάνεια της γης. Στους μηχανισμούς καταγραφής (ανιχνευτές) περιλαμβάνονται οι απεικονιστές, οι οποίοι φέρονται από τους δορυφόρους ή αεροσκάφη σε μεγάλα ύψη, οι ψηφιακές και αναλογικές φωτογραφικές μηχανές και κάμερες για αεροπορική και επίγεια χρήση και τα φασματόμετρα ή ραδιόμετρα, κυρίως για επίγεια χρήση. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπισης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες.

- **Τεχνολογία διαφοροποιούμενης δόσης (Variable Rate Application).** Με την τεχνολογία αυτή οι εισροές εφαρμόζονται στον αγρό σε διαφορετικές δόσεις στις διάφορες περιοχές του αγρού ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περιοχής. Χρησιμοποιούνται Συστήματα Μεταβλητών Εφαρμογών. είναι συστήματα γεωργικής μηχανικής, που μεταβάλουν την ποσότητα εφαρμογής των εισροών (σπόρων, λιπασμάτων, νερού, φαρμάκων, κ.λπ.) ή και αλλάζουν το εφαρμοζόμενο είδος (π.χ. την ποικιλία του σπόρου, ή το είδος του λιπάσματος) την ίδια στιγμή που εφαρμόζουν τις εισροές αυτές, αναλόγως με το σημείο του αγροτεμαχίου στο οποίο βρίσκονται. Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης:

A. Η μέθοδος που είναι βασισμένη σε χάρτες απαιτεί ένα χάρτη εφαρμογής (prescription map) και ένα GPS που καθορίζει τη θέση στον αγρό. Καθώς το μηχάνημα που εφαρμόζει τις εισροές προχωρά στον αγρό αλλάζει τη δόση με βάση το χάρτη εφαρμογής (τις συντεταγμένες των ζωνών διαχείρισης).

B. Η μέθοδος που είναι βασισμένη σε αισθητήρες δεν απαιτεί ούτε χάρτη ούτε GPS. Αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στη μηχανή εφαρμογής και μετρούν χαρακτηριστικά του εδάφους ή της καλλιέργειας καθώς κινείται στον αγρό. Η πληροφορία μεταδίδεται σε ένα πρόγραμμα που υπολογίζει τις ανάγκες του εδάφους ή των φυτών και μεταφέρει την πληροφορία σε μια διάταξη εφαρμογής που διανέμει τις εισροές.

- **Τα Συστήματα Παρακολούθησης Αποδόσεων:** είναι συστήματα που μετρούν και καταγράφουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών κατά τη συγκομιδή. Τα υλικά μετρούνται, είτε ποσοτικά, είτε ποιοτικά (π.χ. ποσότητα συγκομιζόμενων κόκκων ενός σιτηρού, είτε περιεχόμενη υγρασία στους κόκκους, αντίστοιχα) και για τις μετρήσεις αυτές έχουν επινοηθεί διάφορα συστήματα, όπως του ποτενσιόμετρου, το ραδιομετρικό, το σύστημα φόρτισης κελιού, το ογκομετρικό, κ.ά. Οι μετρήσεις καταγράφονται σε πίνακες μαζί με τις τιμές των αντίστοιχων χωρικών

συντεταγμένων, που λαμβάνονται την ίδια στιγμή από G.P.S., ώστε με αυτόν τον τρόπο οι στοιχειώδεις αποδόσεις συνδέονται με τη θέση. Μέσω των Γ.Σ.Π., οι παραπάνω πίνακες μετατρέπονται σε χάρτες αποδόσεων

1.3. GPS

Το NAVSTAR/G.P.S. (NAVigation System with Timing And Ranging Global Positional System) ή απλά **GPS**, είναι ένα δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης, με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σημείου παρατήρησης συντεταγμένων X,Y,Z, ως προς ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες (*Φωτίου κ.α., 2003*).

Το σύστημα σχεδιάστηκε και βρίσκεται υπό τον έλεγχο του Υπουργείου Άμυνας των Η.Π.Α. Παρόμοιο με το GPS είναι και το ρωσικό σύστημα GLONASS (GLObal Navigation Satellite System) το οποίο για οικονομικούς λόγους δεν έτυχε μέχρι σήμερα ευρείας αποδοχής και χρήσης. Σήμερα η Ε.Ε. προχωρεί και αυτή στην ανάπτυξη του πρώτου πολιτικού συστήματος προσδιορισμού θέσης και πλοήγησης που ονομάζεται GALILEO.

Σήμερα αρκετές εφαρμογές καλύπτονται από τις δυνατότητες του G.P.S, όπως η ενημέρωση χαρτών, η πλοήγηση, η διαχείριση στόλου κινουμένων οχημάτων, ο εντοπισμός προεπιλεγμένων θέσεων, οι εφαρμογές GIS κ.α.

1.3.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΟΥ GPS

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια ενός δέκτη GPS είναι (*Φωτίου κ.α. 2003, Παπαοικονόμου 2003*):

- Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στον δέκτη GPS.
- Ο αριθμός των δορυφόρων από του οποίους λαμβάνει σήματα ο δέκτης καθώς και τις σχετικές θέσεις τους.
- Την επιλεκτική διαθεσιμότητα
- Η εγκατάσταση του συστήματος.
- Η ικανότητα διαφορικής διόρθωσης του συστήματος.
- Οι παραμορφώσεις των δορυφορικών σημάτων που μπορεί να οφείλονται στην παρεμβολή αντικειμένων της περιοχής (κτίρια κ.α.).

- Οι επιδράσεις της ιονόσφαιρας και της τροπόσφαιρας.
- Πιθανά σφάλματα των δεκτών και των δορυφορικών χρονομέτρων.
- Τα τροχιακά σφάλματα, δηλαδή οι λανθασμένες πληροφορίες που εκπέμπουν οι δορυφόροι σχετικά με την τροχιά που ακολουθούν.
- Η ανάκλαση του σήματος πριν καταλήξει στην κεραία του δέκτη στην επιφάνεια του εδάφους και σε άλλα αντικείμενα της περιοχής.

Το σύστημα GPS αποτελείται από τρία κύρια τμήματα:

- 1) Το δορυφορικό τμήμα
- 2) Το τμήμα ελέγχου
- 3) Το τμήμα των χρηστών

1.3.2. Ο ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ

Οι δέκτες του GPS έχουν τη δυνατότητα μέτρησης του P και του C/A κώδικα. Ένα ακριβές αντίγραφο του κώδικα P ή C/A παράγεται εσωτερικά στο δέκτη. Στη συνέχεια ο δέκτης προσπαθεί να συσχετίσει το δικό του εσωτερικό κώδικα με το σήμα που λαμβάνει από το δορυφόρο. Έτσι μετράται ο χρόνος άφιξης του σήματος του δορυφόρου. Με την ανάγνωση και αποκωδικοποίηση του D κώδικα ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει και τη στιγμή της εκπομπής του σήματος από το δορυφόρο. Η διαφορά του χρόνου άφιξης και του χρόνου εκπομπής καθορίζει το χρόνο που χρειάζεται το σήμα να διανύσει την απόσταση δορυφόρου δέκτη. Πολλαπλασιάζοντας το χρόνο αυτό με την ταχύτητα του φωτός μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση δορυφόρου δέκτη, μια ψευδοαπόσταση που περιλαμβάνει πολλών ειδών καθυστερήσεις του σήματος. Οι θέσεις των δορυφόρων όμως είναι γνωστές (από τον D κώδικα) σε χώρο και χρόνο, μπορούμε συνεπώς να καθορίσουμε τη θέση ενός δέκτη αν μετρήσουμε ταυτόχρονα τέσσερις ψευδοαποστάσεις προς τέσσερις δορυφόρους. Δηλαδή γνωρίζοντας την απόσταση ενός σημείου από ένα δορυφόρο τότε το σημείο αυτό βρίσκεται πάνω σε μια σφαίρα με κέντρο το δορυφόρο και απόσταση ίση με αυτή του σημείου.

Γνωρίζοντας την απόσταση από δύο δορυφόρους το σημείο βρίσκεται σε ένα κύκλο που είναι το σημείο τομής των δύο σφαιρών.

Γνωρίζοντας την απόσταση από τρεις δορυφόρους το σημείο βρίσκεται στο σημείο τομής των τριών σφαιρών που είναι δύο σημεία. Το ένα από τα δύο σημεία είναι το ζητούμενο καθώς βρίσκεται στη επιφάνεια της γης. Όμως λόγω των λαθών στη εκτίμηση της απόστασης από κάθε δορυφόρο οι τρεις αποστάσεις που μετράμε από τους τρεις δορυφόρους δεν καθορίζουν ένα σημείο αλλά ένα τρίγωνο.

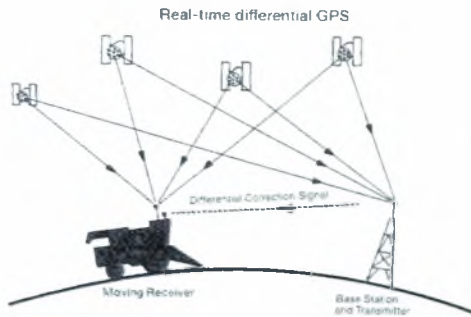
Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται το σήμα από ένα τέταρτο δορυφόρο για να βελτιώσει την εκτίμηση της θέσης του σημείου. Με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιώντας σήματα από τέσσερεις δορυφόρους μπορεί να γίνει εκτίμηση της θέσης ενός σημείου στη γη (γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο).

1.3.3. ΤΟ GPS ΣΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Ένα από τα ζητούμενα στην Γεωργία Ακριβείας είναι η ακρίβεια εντοπισμού κάθε σημείου του αγροτεμαχίου ώστε να γίνει δυνατή η κατάλληλη εφαρμογή εισροών ανάλογα με τις ανάγκες κάθε θέσης. Με τους σύγχρονους δέκτες GPS υψηλής ακριβείας μπορεί να επιτευχθεί ο καθορισμός της θέσης ενός σημείου με ακρίβεια χιλιοστών. Για τον λόγο αυτό, τέτοιοι δέκτες εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια σε ευρεία κλίμακα και στην γεωργία με αξιόλογα αποτελέσματα.

Η χρήση τους και η εξάπλωσή τους στην Γεωργία Ακριβείας είναι ραγδαία βρίσκοντας συνεχώς εφαρμογές σε πλήθος εργασιών που σχετίζονται με αυτό τον κλάδο. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για την αυτόματη πλοήγηση γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό, για τον ακριβή προσδιορισμό των θέσεων εγκατάστασης αισθητήρων, για την καταγραφή του ακριβούς σημείου από το οποίο λαμβάνονται εδαφολογικά δείγματα και κυρίως για τη χαρτογράφηση της παραγωγής και τη δημιουργία του ανάγλυφου του αγροτεμαχίου.

1.3.4. DIFFERENTIAL GPS (DGPS)



Εικόνα 1: DGPS

Το DGPS είναι ένας τύπος GPS που χρησιμοποιεί ένα σήμα από επίγειους δέκτες για να διορθώσει το σφάλμα που υπάρχει. Το σήμα αυτό προέρχεται από επίγειους σταθμούς των οποίων η θέση είναι γνωστή και λαμβάνοντας οι ίδιοι το σήμα από τους δορυφόρους κάνουν τη διόρθωση και εκπέμπουν το σφάλμα. Η ακρίβεια του συστήματος είναι από 30cm-1m.

1.3.5. REAL TIME KINEMATIC GPS (RTK)



Εικόνα 2: RTK GPS

Το RTK GPS είναι μια τεχνική προσδιορισμού θέσης που βασίζεται στη μέτρηση του φέροντος σήματος του GPS, όπου ένας επίγειος σταθμός παρέχει τη διόρθωση σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια ακόμη και ενός εκατοστού.

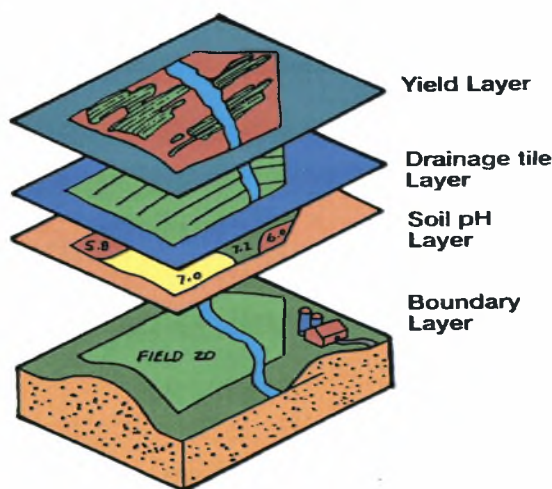
1.4. GIS

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στη Γεωργία Ακριβείας. Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα σχεδιασμένα να υποστηρίζουν τη συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία, ανάλυση, μοντελοποίηση και απεικόνιση δεδομένων που αναφέρονται στο χώρο (συνδεδεμένα με συντεταγμένες) και μεταβάλλονται στο χρόνο. (Longley et al., 2005)

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούμενα σε συνδυασμό με το GPS και την Τηλεπισκόπηση επιτρέπουν την καταγραφή όλων των απαραίτητων πληροφοριών για τις καλλιέργειες οι οποίες θα βοηθήσουν στη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητάς τους και στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Οι πληροφορίες που συνήθως

χρησιμοποιούνται από τα συστήματα αυτά είναι εδαφικοί παράμετροι (συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων, ηλεκτρική αγωγιμότητα εδάφους, pH), η παραγωγή, ποιοτικά χαρακτηριστικά κ.α. Η αποθήκευση των στοιχείων αυτών σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μας δίνει την δυνατότητα παρουσιάσής τους με τη μορφή πινάκων, χαρτών ή άλλων μορφών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ευκολία από τους χρήστες.

Σημαντική δυνατότητα αυτών των συστημάτων, που τα διαφοροποιεί από τη συνήθη απεικόνιση των δεδομένων, είναι η δυνατότητα συνδυασμού μη όμοιων δεδομένων σε μια κοινή βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά περιέχουν πληροφορίες σχετικές με το ανάγλυφο της επιφάνειας της Γης, τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία που την απαρτίζουν (*National Research Council, 1997*).



Εικόνα 3: Καταγραφή απαραίτητων πληροφοριών των καλλιεργειών

Τα δεδομένα της βάσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλούς χρήστες, να επεξεργάζονται, να εμπλουτίζονται και γενικά να αποτελούν μια δυναμική πηγή δεδομένων.

Η διαχείριση και επεξεργασία των δεδομένων γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού δίνοντας στο χρήστη δυνατότητες όπως (*Φλωράς, 2004*):

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

- Τη διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα.

Ένα μειονέκτημα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών είναι η πολυπλοκότητα του λογισμικού και η δυσκολία της εκμάθησής του έτσι ώστε η χρησιμοποίηση και η ερμηνεία των χωρικών στοιχείων να μη γίνεται με εύκολο και αποτελεσματικό τρόπο. Αυτή η κατάσταση αλλάζει γρήγορα δεδομένου ότι διάφοροι προμηθευτές αναπτύσσουν λειτουργικά προγράμματα GIS προοριζόμενα για χρήση σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Έτσι όλο και περισσότερο, το λογισμικό γίνεται φιλικότερο προς το χρήστη και πιο οικονομικό.

Σήμερα πλέον οι εταιρίες προωθούν τις υπηρεσίες GIS ή τα εργαλεία λογισμικού στους καλλιεργητές και τους γεωπόνους. Υπάρχει βεβαίως η ανάγκη να καταστεί το λειτουργικό GIS ακόμη ευκολότερο για τους μη ειδικούς ώστε να μάθουν να το χρησιμοποιούν προκειμένου να μεταφερθεί αυτή η τεχνολογία στη γεωργική κοινότητα (*Longley et al., 2005*).

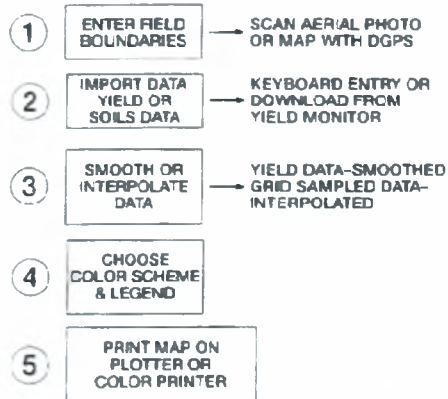
Ένα GIS λογισμικό αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία (*Αγγελοπούλου, 2008*):

- Ένα σύστημα εισαγωγής χωρικών δεδομένων το οποίο εισάγει πληροφορίες που προέρχονται από χάρτες, δορυφορικές εικόνες, πολυφασματικές φωτογραφίες κ.α.
- Ένα σύστημα αποθήκευσης και οργάνωσης βάσης Δεδομένων
- Ένα σύστημα εμφάνισης δεδομένων που περιλαμβάνει αποτελέσματα ανάλυσης που εμφανίζονται ή καταχωρούνται όπως πίνακες, χάρτες και σχήματα που εμφανίζονται στην οθόνη ή καταχωρούνται στην μνήμη του Η/Υ.
- Ένα σύστημα ανάλυσης δεδομένων που περιλαμβάνει όλα τα εργαλεία για την απομάκρυνση λαθών από τα δεδομένα, τον υπολογισμό των επιφανειών, παραμέτρων, την αλλαγή κλίμακας χαρτών, τη γεωστατική ανάλυση των δεδομένων.
- Ένα σύστημα αλληλεπίδρασης με το χρήστη που περιλαμβάνει μενού και εντολές που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του χρήστη με το πρόγραμμα.

1.4.1. ΧΡΗΣΗ GIS ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Οι χάρτες δείχνουν την παραλλακτικότητα ενός μετρούμενου μεγέθους στον αγρό. Για τη δημιουργία των χαρτών ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

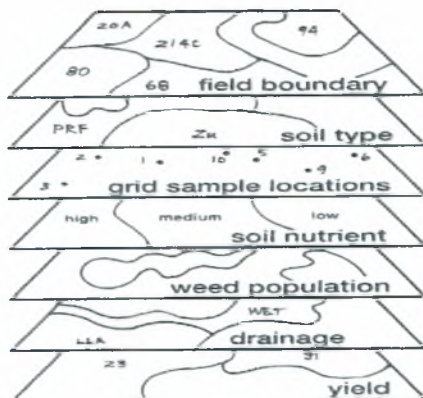
GIS FOR PRECISION FARMING



- Εισαγωγή του περιγράμματος του αγρού (field boundary)
- Εισαγωγή δεδομένων πχ δεδομένα παραγωγής
- Δημιουργία συνεχούς επιφάνειας με τη διαδικασία της εσωεκτίμησης
- Επιλογή χρωμάτων και λεζάντας για το χάρτη
- Εκτύπωση του χάρτη

Εικόνα 4: Χρήση GIS για Γεωργία Ακριβείας

Για ένα αγρό μπορούν να προστεθούν διάφορες πληροφορίες σε επίπεδα (datalayers) που στη συνέχεια συνδυάζονται και λαμβάνονται αποφάσεις για τον ορθότερο τρόπο διαχείρισης του αγρού. Τέτοιες πληροφορίες μπορεί να είναι οι εξής:



- Περίγραμμα του αγρού
- Χάρτης εδαφικών τύπων
- Σημεία δειγματοληψίας
- Χάρτες θρεπτικών στοιχείων
- Πληθυσμός ζιζανίων
- Χάρτης στράγγισης
- Χάρτης παραγωγής

Εικόνα 5: πληροφορίες του αγρού σε επίπεδα

1.4.2. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ

Η ερμηνεία και η αξιολόγηση των χαρτών πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την ιστορία του αγρού, όπως προβλήματα στη συγκομιδή, προβλήματα στη σπορά, παλαιοί φράχτες, δρόμοι, περιοχές που έχει γίνει βόσκηση από ζώα, θέσεις κτισμάτων, περιοχές στράγγισης κοκ. Πολλά χαρακτηριστικά σημεία σε ένα χάρτη παραγωγής μπορούν να αποδοθούν στους παραπάνω λόγους και όχι σε προβλήματα

θρέψης που είναι διαχρήσιμα. Η άγνοια της ιστορίας του αγρού είναι πιθανό να οδηγήσει σε παρερμηνεία των χαρτών. Επίσης είναι ουσιώδες να υπάρχουν ακριβείς χάρτες πχ. στους εδαφικούς χάρτες, διότι ενδέχεται να επηρεάσουν αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού που αφορά πολλά συνεχόμενα χρόνια.

Μερικοί χάρτες περιέχουν πληροφορίες που αλλάζουν ελάχιστα με το χρόνο, όπως τύπος εδάφους, τοπογραφία, και περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία. Άλλα μετρούμενα μεγέθη αλλάζουν κάθε χρονιά, όπως οι χάρτες παραγωγής και οι τοποθεσίες που φυτρώνουν τα ζιζάνια. Για το λόγο αυτό πρέπει αυτός που λαμβάνει τις αποφάσεις για τη διαχείριση του αγρού να γνωρίζει ποια δεδομένα πρέπει να συλλέγει κάθε χρονιά και την εποχή δειγματοληψίας.

1.5. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το οικονομικό όφελος ή ζημιά ενός παραγωγού έχει να κάνει με την παραγωγή μιας καλλιέργειας κάθε καλλιεργητική περίοδο. Οι παραγωγοί προσπαθούν να αυξήσουν την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος και ταυτόχρονα να μειώσουν το κόστος παραγωγής. Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται ταυτόχρονη καταγραφή της παραγωγής και της θέσης σε πολλά σημεία του αγρού, έτσι ώστε να διερευνηθεί ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την παραγωγή. Οι χάρτες παραγωγής μπορούν να συνδυαστούν με εδαφολογικούς χάρτες και άλλα δεδομένα (μετεωρολογικά, τηλεπισκόπισης κ.α.) έτσι ώστε να αρχίσει η διαδικασία ανάπτυξης ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας.

Η χαρτογράφηση παραγωγής είναι μια από τις πρώτες εργασίες που πρέπει να κάνει ένας παραγωγός που ενδιαφέρεται να εφαρμόσει ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας. Αν η παραγωγή σε έναν αγρό δεν διαφέρει χωρικά και το επίπεδό της είναι ικανοποιητικό δεν υπάρχει κίνητρο να επενδύσει σε τεχνολογία Γεωργίας Ακριβείας. Αντίθετα αν υπάρχει σημαντική χωρική παραλλακτικότητα στην παραγωγή σε ένα αγρό σημαίνει ότι η μέθοδος διαχείρισης που εφαρμόζεται πιθανώς δεν παρέχει τις κατάλληλες καλλιεργητικές πρακτικές σε όλες τις περιοχές του αγρού και σε αυτή την περίπτωση η εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας θα του πρόσφερε σημαντική δυνατότητα βελτίωσης.

1.5.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Ανάμεσα σε άλλους τομείς έρευνας της Γεωργίας Ακριβείας, η ανάπτυξη των τεχνολογιών της χαρτογράφησης της παραγωγής είναι σημαντική διότι οι χάρτες παραγωγής εμφανίζουν την απάντηση της καλλιέργειας στην εφαρμογή των τεχνικών διαχείρισης και βοηθά στον προσδιορισμό των αιτιών και των επιπτώσεων της παραλλακτικότητας στην απόδοση της παραγωγής. Για τη δημιουργία ενός χάρτη παραγωγής απαιτείται ένας αισθητήρας ροής που τοποθετείται στη μηχανή συγκομιδής ώστε να καταγράφει την ποσότητα της παραγωγής, η οποία μπορεί να συσχετίζεται με τη θέση της μηχανής στον αγρό (Arslan 2008).

Τα συστήματα χαρτογράφησης παραγωγής επιτρέπουν την ανάδειξη και την καταγραφή εκείνη τη στιγμή ακριβώς της ποσότητας του προϊόντος που αναφέρεται στις γεωγραφικές συντεταγμένες του σημείου από το οποίο αυτό συλλέγεται.

Τα πιο κοινά συστήματα καταγραφής της παραγωγής αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη (Morgan and Ess, 1997):

- **Αισθητήρες μέτρησης παραγωγής.** Οι αισθητήρες μέτρησης παραγωγής τοποθετούνται σε ένα σημείο της μηχανής συγκομιδής που περνά ο καθαρός σπόρος. Μερικά από τα είδη των αισθητήρων αυτών είναι: 1) Αισθητήρες μέτρησης πίεσης 2) Αισθητήρες μέτρησης μετατόπισης 3) Ραδιομετρικό σύστημα 4) Σύστημα με δυναμοκυψέλες 5) Σύστημα μέτρησης όγκου.
- **Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας σπόρου.** Ο αισθητήρας μέτρησης υγρασίας του σπόρου συνήθως τοποθετείται στο σύστημα καθαρισμού του σπόρου κοντά στους αισθητήρες μέτρησης παραγωγής. Συνήθως χρησιμοποιούνται αισθητήρες με πυκνωτές για την μέτρηση της υγρασίας του σπόρου.
- **Αισθητήρες μέτρησης ταχύτητας.** Οι αισθητήρες αυτοί εγκαθίστανται στους τροχούς της μηχανής συγκομιδής και μετράνε την ταχύτητά της.
- **Αισθητήρας θέσης μηχανισμού θερισμού μηχανής συγκομιδής.** Ο αισθητήρας αυτός ελέγχει τη ροή και αποθήκευση των δεδομένων. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι ανυψωμένος δεν γίνεται καταγραφή δεδομένων και επομένως υπολογισμός της έκτασης ακόμη και όταν η μηχανή συγκομιδής κινείται και όλα τα συστήματα της είναι σε λειτουργία. Όταν ο αισθητήρας ανιχνεύει ότι ο μηχανισμός θερισμού είναι στο έδαφος γίνεται υπολογισμός της έκτασης που συγκομίζεται.

- **Κεντρική μονάδα με οθόνη.** Η κεντρική μονάδα είναι το βασικό στοιχείο του συστήματος. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος συλλέγει και αποθηκεύει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και ταυτόχρονα τα δείχνει στην οθόνη. Τοποθετείται στην καμπίνα της μηχανής συγκομιδής να είναι εύκολα ορατή από τον χειριστή. Επίσης ο χειριστής μπορεί να εισάγει πληροφορίες στο σύστημα που αφορούν το όνομα του αγρού, τον αριθμό του φορτίου και το πλάτος κοπής. Οι πληροφορίες που έρχονται από τους αισθητήρες και φαίνονται στην οθόνη αφορούν την υγρασία του σπόρου, τη στιγμιαία παραγωγή, τη μέση παραγωγή, την έκταση που συγκομίστηκε, την ταχύτητα της μηχανής και την ποιότητα του σήματος του GPS.
- **Δέκτη GPS με κεραία** που δίνει στο σύστημα τη θέση της μηχανής συγκομιδής στον αγρό.

1.5.2. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Με τη χαρτογράφηση παραγωγής η διαφοροποίηση της παραγωγής καταγράφεται ποσοτικά και επομένως δίνεται η δυνατότητα χωρικής καταγραφής κάτι που ο παραγωγός αδυνατεί να επιτύχει με απλή παρατήρηση. Επιπλέον δημιουργείται μια βάση δεδομένων που δίνει τη χρονική παραλλακτικότητα. Έτσι μελετώντας τους αντίστοιχους χάρτες παραγωγής είναι δυνατή η διερεύνηση των αιτιών της παραλλακτικότητας της παραγωγής. Στη συνέχεια μπορεί να διερευνηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ παραλλακτικότητας στην παραγωγή και εδαφικών ιδιοτήτων, η προβλημάτων που σχετίζονται με τη γονιμότητα του εδάφους, τον έλεγχο των ζιζανίων, στράγγισης, συμπίεσης του εδάφους κ.α. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από την ανάλυση των χαρτών παραγωγής για αρκετά χρόνια μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο που ο παραγωγός κάνει εφαρμογή των εισροών στον αγρό.

1.6. ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

Η τακτική δειγματοληψία και ανάλυση του εδάφους είναι η βάση για ένα πρόγραμμα λίπανσης με μεταβλητές δόσεις. Παρόλα αυτά στο παρελθόν όταν οι τιμές των λιπασμάτων ήταν χαμηλότερες ήταν πιο απλό η λίπανση να εφαρμοστεί ομοιόμορφα στον αγρό. Η δόση του λιπάσματος βασιζόταν στο μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού. Η ανάπτυξη εξοπλισμού που βασίζεται στα ηλεκτρονικά για εφαρμογή

λιπασμάτων και η ανάπτυξη του GPS έδωσε τη δυνατότητα στην ανάπτυξη αποτελεσματικών μεθόδων δειγματοληψίας και χαρτογράφησης με τις οποίες γίνεται ακριβής προσδιορισμός της χωρικής παραλλακτικότητας στο έδαφος

1.6.1. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα εδαφικά στοιχεία που χρειάζονται τα φυτά για την ανάπτυξή τους είναι (Μήτσιος, 2004):

- **Τα κύρια στοιχεία:** άζωτο (N), φώσφορος (P), κάλιο (K)
- **Τα δευτερεύοντα στοιχεία:** ασβέστιο (Ca), μαγνήσιο (Mg), θείο (S)
- **Τα ιχνοστοιχεία:** βόριο (B), χλώριο (Cl), χαλκός (Cu), σίδηρος (Fe), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn), και μολυβδαίνιο (Mo).

Το άζωτο είναι για τα περισσότερα φυτά ίσως το πιο σημαντικό στοιχείο για την παραγωγή.

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των αναπαραγωγικών μερών του φυτού. Μεγάλες ποσότητες φωσφόρου βρίσκονται στους σπόρους και στους καρπούς (Στυλλιανίδης κ.α. 2002). Ο φώσφορος συγκρατείται ισχυρά στο έδαφος δεν έχει απώλειες όπως το άζωτο.

Το κάλιο παίζει ρόλο στην μετακίνηση ουσιών μέσα στο φυτό. Επίσης σχετίζεται με την ενεργοποίηση κάποιων ενζύμων που εμπλέκονται σε σημαντικές διεργασίες ανάπτυξης των φυτών. Το κάλιο επίσης επηρεάζει την ικανότητα των φυτών να αντέχουν στην έλλειψη υγρασίας (Στυλλιανίδης κ.α. 2002). Από τη συνολική ποσότητα καλίου στο έδαφος μόνο το 1-10% είναι διαθέσιμο για τα φυτά (Μήτσιος 2004).

Από τα δευτερεύοντα στοιχεία το ασβέστιο διεγείρει την ανάπτυξη της ρίζας, του στελέχους και των φύλλων και βελτιώνει την αντίσταση των φυτών στις ασθένειες. Το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για την παραγωγή της χλωροφύλλης και βοηθά στην παραγωγή πολλών συστατικών των φυτών όπως σάκχαρα, άμυλο και λίπη. Το θείο βρίσκεται στο πρωτόπλασμα των κυττάρων και βοηθά στη σύνθεση των πρωτεϊνών και ενισχύει την ικανότητα των φυτών να αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες (Στυλλιανίδης κ.α. 2002).

Τα ιχνοστοιχεία χρειάζονται στα φυτά σε πολύ μικρές ποσότητες και για το λόγο αυτό σπάνια παρουσιάζονται ελλείψεις ιχνοστοιχείων. Παρόλα αυτά σε μερικά εδάφη παρουσιάζονται ελλείψεις και μερικά είδη φυτών είναι ευαίσθητα στις

ελλείψεις κάποιων ιχνοστοιχείων. Για το λόγο αυτό πρέπει να γίνεται ανάλυση του εδάφους και για ιχνοστοιχεία.

1.6.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι δύο πιο κύριες μέθοδοι δειγματοληψίας του εδάφους είναι:

- Δειγματοληψία πλέγματος (grid sampling)
- Δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους (soil type sampling)

Στη δειγματοληψία πλέγματος γίνεται διαχωρισμός του αγρού σε τετράγωνα η ορθογώνια κελιά. Σε κάθε κελί λαμβάνονται δείγματα τα οποία αναμιγνύονται για να αντιπροσωπεύουν τις εδαφικές ιδιότητες του κελιού και στέλνονται στο εργαστήριο για ανάλυση. Με τον τρόπο αυτό γίνεται εκτίμηση των εδαφικών ιδιοτήτων σε μια κλίμακα μικρότερη από ολόκληρο το χωράφι.

Στη δειγματοληψία με βάση τον τύπο του εδάφους η δειγματοληψία γίνεται από τμήματα του αγρού που έχουν παρόμοιο τύπο εδάφους ή άλλα παρόμοια χαρακτηριστικά. Για να γίνει αυτό ο παραγωγός βασίζεται σε εδαφολογικούς χάρτες.

Αρκετά δείγματα συλλέγονται και αναμιγνύονται από κάθε περιοχή με διαφορετικό τύπο εδάφους. Η διαφορά με την προηγούμενη μέθοδο είναι ότι εδώ οι αποστάσεις μεταξύ των δειγμάτων δεν είναι ίδιες. Αν κατά τη λήψη των δειγμάτων γίνεται ταυτόχρονα και καταγραφή της θέσης του δείγματος με GPS, στη συνέχεια με ένα κατάλληλο λογισμικό δημιουργούνται οι αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες των εδαφικών ιδιοτήτων του αγρού.

1.7. ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



Εικόνα 6 Ζώνες διαχείρισης

Η βάση ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας είναι η διαμόρφωση στον αγρό ζωνών διαχείρισης που έχουν στόχο την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις (Variable Rate Application). Ζώνη διαχείρισης είναι ένα επιμέρους τμήμα του αγρού που έχει κοινά χαρακτηριστικά και όπου η διαχείριση μπορεί να είναι ενιαία. (Kitchen et al., 2005).

Βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι ζώνες διαχείρισης είναι τα εξής (Παπαοικονόμου, 2001):

- Σταθερότητα στο χρόνο
- Ευκολία στην οριοθέτηση.
- Ο εύκολος προσδιορισμός της.
- Η δημιουργία οφέλους στον παραγωγό.
- Η συσχέτισή της με ορισμένα χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν τον παραγωγό όπως η παραγωγή και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας.
- Χαμηλό κόστος δημιουργίας

Η δημιουργία των ζωνών διαχείρισης γίνεται αξιολογώντας όλες τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τον αγρό όπως είναι:

- Φυσικές ιδιότητες του εδάφους
- Δυνατότητες διαχείρισης του παραγωγού
- Πιθανό κέρδος του παραγωγού

Ο αριθμός των ζωνών διαχείρισης εξαρτάται από

- Το μέγεθος του αγρού
- Την παραλλακτικότητα του αγρού
- Τη δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές

Σχετικά με το μέγεθος των ζωνών διαχείρισης, το ελάχιστο μέγεθος καθορίζεται από την δυνατότητα του παραγωγού να διαφοροποιήσει τις εισροές σε ένα αγρό. Αυτό είναι συνάρτηση του μεγέθους του εξοπλισμού που χρησιμοποιεί. Το μέγιστο μέγεθος των ζωνών διαχείρισης καθορίζεται από τα περιθώρια του αγρού.

Για τη δημιουργία των ζωνών διαχείρισης χρησιμοποιούνται διάφορες πληροφορίες όπως:

- Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού χωρίς βλάστηση
- Περίγραμμα του αγρού
- Τοπογραφικοί χάρτες
- Εδαφικοί χάρτες
- Χάρτες παραγωγής
- Αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες του αγρού με βλάστηση
- Δείκτες βλάστησης

Άλλες πηγές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι:

- Δεδομένα από εδαφολογικές αναλύσεις
- Ελάχιστο μέγεθος ζώνης (εξαρτάται από τον εξοπλισμό)
- Ανωμαλίες του αγρού
- Προσβολές από έντομα
- Περιοχές στράγγισης

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της ιστορίας του αγρού όπως:

- Θέσεις παλαιών δρόμων, κτισμάτων
- Χάρτες που δείχνουν τη διέλευση των οχημάτων στο παρελθόν
- Λίπανση προηγούμενων ετών
- Καλλιέργειες των προηγούμενων ετών
- Κάλυψη άρδευσης

- Περιοχές του αγρού που συγκρατούν μεγάλη υγρασία
- Περιοχές του αγρού που έχουν υποστεί διάβρωση

Οι γνώσεις που χρειάζονται για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης είναι

- Αγρονομικές
- Διαχείριση και οικονομικά
- Ιστορία του αγρού
- Δυνατότητες και περιορισμοί που προκύπτουν από τη χρήση του εξοπλισμού

Οι ζώνες διαχείρισης χρησιμοποιούνται συχνά για να δείξουν περιοχές του αγρού με όμοιο δυναμικό παραγωγής. Ζώνες που βασίζονται στη γονιμότητα του εδάφους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία χαρτών εφαρμογής λιπασμάτων με μεταβλητές δόσεις (*Fleming et al., 2000*). Οι ζώνες διαχείρισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή θέσεων για λήψη δειγμάτων εδάφους (*Mc Millan et al., 1998*). Επίσης περιοχές του αγρού με όμοιες ιδιότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη συσχέτιση της παραγωγής με εδαφικούς και τοπογραφικούς παράγοντες για τη δημιουργία προτύπων ανάπτυξης καλλιεργειών (*Fraisse et al., 2001b*). Για τη δημιουργία ζωνών διαχείρισης η μέθοδος cluster analysis έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως (*Fraisse et al., 2001a, Boydell και McBratney, 1999*). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή τα δεδομένα ταξινομούνται σε δύο ή περισσότερες κλάσεις. Στόχος της είναι η ελαχιστοποίηση της παραλλακτικότητας εντός της κλάσης και η μεγιστοποίηση της παραλλακτικότητας μεταξύ των κλάσεων.

Σε ένα σύστημα Γεωργίας Ακριβείας το τελικό στάδιο είναι η δημιουργία ενός ψηφιακού χάρτη του αγρού που απεικονίζει τις ζώνες διαχείρισης, το είδος των εισροών και τις δόσεις που εφαρμόζονται. Για τη δημιουργία των ζωνών χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι όπως η χρήση δορυφορικών εικόνων με εφαρμογή κυρίως των δεικτών βλάστησης NDVI και RVI.

Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η χρήση αισθητήρων μέτρησης διαφόρων παραγόντων που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση τα τελευταία κυρίως χρόνια λόγω της εξέλιξης και βελτίωσης της τεχνολογίας τους καθώς και η χρήση στατιστικών μεθόδων. Οι παράγοντες που μελετώνται με τις παραπάνω μεθόδους είναι αυτοί που προσδιορίζουν τις απαιτούμενες εισροές στον αγρό. Τέτοιοι παράγοντες είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους, η υγρασία του και η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία. Η μελέτη και καταγραφή τους οδηγεί στη



δημιουργία ζωνών μεταχείρισης στις οποίες εφαρμόζουμε και τις κατάλληλες εισροές.

1.8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Μια από τα βασικές ανάγκες για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας στον αγρό, είναι η γνώση των τιμών μιας ή περισσότερων παραμέτρων της καλλιέργειας που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα την απόδοσή της. Σκοπός της Γεωργίας Ακριβείας είναι να μελετηθεί η παραλλακτικότητα μέσα σε όλη την έκταση του αγρού, κάθε παραμέτρου χωριστά ή περισσότερων παραμέτρων σε συνδυασμό μεταξύ τους, με στόχο την εξεύρεση πιθανής αλληλεπίδρασής τους.

Η ιδανική περίπτωση θα ήταν η δυνατότητα συνεχούς καταγραφής των τιμών αυτών των παραμέτρων. Τα σύγχρονα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα έχουν την δυνατότητα μέτρησης σε τακτά διαστήματα των τιμών κάποιων στοιχείων απευθείας στον αγρό από τον ερευνητή (*Srinivasan, 2006*). Επίσης τα συστήματα μπορεί είτε να βρίσκονται τοποθετημένα και να λαμβάνουν τιμές από συγκεκριμένα σημεία είτε να έχουν την δυνατότητα μετακίνησης σε όλο το μήκος του αγρού (on-the-go soil sensors) πραγματοποιώντας λήψη τιμών σε ολόκληρη την έκταση του αγρού (*Adamchuk et al., 2004*).

Η λειτουργία αυτών των συστημάτων βασίζεται στη χρήση αισθητήρων καταγραφής των παραμέτρων της καλλιέργειας που μας αφορούν. Τέτοιοι αισθητήρες είναι: α) μέτρησης εδαφικών παραμέτρων όπως της αγωγιμότητας του εδάφους, της περιεχόμενης υγρασίας του, των θρεπτικών του συστατικών και του pH καθώς και β) αισθητήρες καταγραφής ορισμένων χαρακτηριστικών της καλλιέργειας που η λειτουργία τους βασίζεται στη μέτρηση διαφόρων δεικτών όπως ο Δείκτης Βλάστησης (NDVI) (*Srinivasan, 2006*).

Ορισμένοι από τους τύπους αισθητήρων που χρησιμοποιούνται είναι:

- Ηλεκτρικοί και ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες (Electrical and Electromagnetic Sensors)
- Οπτικοί και ραδιομετρικοί αισθητήρες (Optical and Radiometric Sensors)
- Αισθητήρες μηχανικών ιδιοτήτων του εδάφους (Mechanical Soil Sensors)
- Ηλεκτροχημικοί αισθητήρες (Electrochemical Sensors)
- Αισθητήρες μέτρησης της παραγωγής (Yield Sensors)

- Αισθητήρες μέτρησης υγρασίας εδάφους

1.9. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΙΣΡΟΩΝ ΜΕ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΔΟΣΕΙΣ

Μετά την δημιουργία ζωνών διαχείρισης περνάμε στο επόμενο στάδιο το οποίο είναι η εφαρμογή των εισροών (σπόρος, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, αρδευτικό νερό) ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε ζώνης. Η τεχνική αυτή ονομάζεται εφαρμογή εισροών μεταβλητών δόσεων.

Τα Συστήματα Μεταβλητών Εφαρμογών (Variable Rate Application Technology) είναι ουσιαστικά, συστήματα γεωργικής μηχανικής, που μεταβάλουν την ποσότητα εφαρμογής των εισροών (σπόρων, λιπασμάτων, νερού, φαρμάκων, κ.λπ.) την ίδια στιγμή που εφαρμόζουν τις εισροές αυτές, αναλόγως με το σημείο του αγροτεμαχίου στο οποίο βρίσκονται. Τα συστήματα αυτά μπορούν να σχεδιαστούν με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τα προϊόντα στα οποία εφαρμόζονται (*Clark et al., 1996*).

Υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις: με χρήση χαρτών (mapbased VRA) και με χρήση αισθητήρων (sensorbased VRA).

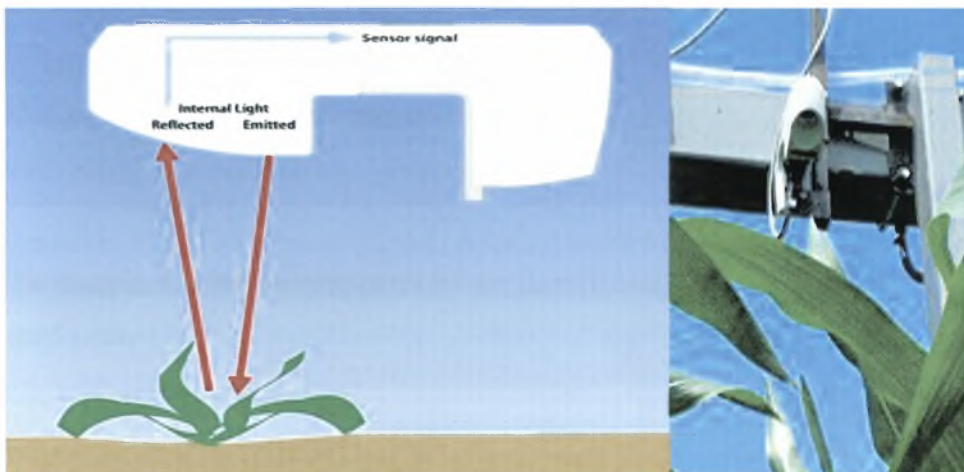
Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις **με χρήση χαρτών** προσαρμόζει τη δόση της εισροής με βάση την πληροφορία που παίρνει από ένα χάρτη. Αυτά τα συστήματα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη θέση της μηχανής στον αγρό και να τη συσχετίσουν με την επιθυμητή δόση διαβάζοντας ένα χάρτη. Η δόση εφαρμογής είναι ο όγκος στη μονάδα της επιφάνειας ή το βάρος στη μονάδα της επιφάνειας της εισροής.

Η εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις **με χρήση αισθητήρων** χρησιμοποιεί δεδομένα από αισθητήρες που δουλεύουν σε πραγματικό χρόνο (real time). Οι αισθητήρες αυτοί παίρνουν δεδομένα που αφορούν εδαφικές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά της καλλιέργειας καθώς το μηχάνημα προχωράει στον αγρό (on-the-go). Στη συνέχεια το σύστημα ελέγχου χρησιμοποιεί αυτόματα τα δεδομένα από τους αισθητήρες για να προσαρμόσουν τις εισροές (πχ λιπάσματα, φυτοφάρμακα) στις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Οι αισθητήρες πρέπει να παρέχουν συνεχώς δεδομένα στον ελεγκτή έτσι ώστε οι εισροές να διαφοροποιούνται σε μικρές επιφάνειες του αγρού. Αυτή η μέθοδος δεν απαιτεί GPS. Όμως αν υπάρχει GPS τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή χαρτών.



Εικόνα 7: Λιπασματοδιανομέας για την εφαρμογή λιπάσματος με μεταβλητές δόσεις

Τέτοια παραδείγματα συστημάτων εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις με χρήση αισθητήρων είναι το **Greenseeker** (NTechIndustries) και το **Weedseeker** (NTechIndustries).



Εικόνα 8: Greenseeker

Το **Greenseeker** είναι ένα μηχάνημα το οποίο μετράει τις ανάγκες του φυτού για άζωτο καθώς διασχίζει τον αγρό και εφαρμόζει το άζωτο ανάλογα με τις ανάγκες της καλλιέργειας. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

- Ο αισθητήρας σαρώνει την καλλιέργεια χρησιμοποιώντας LED
- Εκτιμά την υγεία της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας το δείκτη NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
- Προβλέπει το δυναμικό παραγωγής της καλλιέργειας

- Καθορίζει την άριστη δόση αζώτου ανά ζώνη
- Εφαρμόζει το άζωτο σε μεταβλητές δόσεις ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ζώνης



Εικόνα 9: Weedseeker

Το **Weedseeker** είναι ένα μηχάνημα που ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι έδαφος καθώς προχωράει στον αγρό. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη οικονομία στη χρήση ζιζανιοκτόνων. Δουλεύει με τον εξής τρόπο:

- Ένα LED εκπέμπει φως προς το έδαφος
- Ο ανιχνευτής ανιχνεύει το ανακλώμενο φως
- Αν έχει ανιχνευθεί πράσινο φυτό ενεργοποιείται ηλεκτρονικά η βαλβίδα και γίνεται ψεκασμός με ζιζανιοκτόνο
- Ψεκάζει μόνο ζιζάνια και όχι γυμνό έδαφος

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις αποτελούνται από τρία βασικά μέρη :

- Τους αισθητήρες (sensors)
- Τους ελεγκτές (controllers)
- Τους ενεργοποιητές (actuators)

Οι αισθητήρες που έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή εισροών με μεταβλητές δόσεις μετρούν τις παρακάτω ιδιότητες των φυτών και του εδάφους:

- Περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία
- Περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό
- Ανάκλαση φωτός από καλλιέργειες και ζιζάνια
- Θρεπτικά στοιχεία στο έδαφος

Οι ελεγκτές είναι συσκευές που αλλάζουν τον ρυθμό εφαρμογής των εισροών που εφαρμόζονται καθώς το μηχάνημα κινείται στον αγρό (on-the-go). Οι ελεγκτές χρησιμοποιούν μικροεπεξεργαστές για να διαβάσουν τα δεδομένα που παίρνουν από τους αισθητήρες και να υπολογίσουν την δόση εφαρμογής με βάση αποθηκευμένους αλγόριθμους.

Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που αντιδρούν σε σήματα που λαμβάνουν από τους ελεγκτές για να ρυθμίσουν την ποσότητα του προϊόντος που εφαρμόζεται στον αγρό. Η αντίδραση του ενεργοποιητή μπορεί να προκαλεί κινήσεις αξόνων ή κινητήρων που στη συνέχεια μετατρέπονται σε άνοιγμα ή κλείσιμο μιας θύρας, ή να προκαλέσει αλλαγή ταχύτητας ροής κλπ. Οι ενεργοποιητές έχουν σχεδιαστεί να αντιδρούν σε ηλεκτρικά, πνευματικά ή υδραυλικά σήματα που προέρχονται από τους ελεγκτές. Ένας ενεργοποιητής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη θέση μιας βαλβίδας που ρυθμίζει τον ρυθμό ροής ενός υγρού ή την πίεση του. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει την θέση μιας συρόμενης θυρίδας για να ρυθμίσει τη ροή ενός κοκκώδους υλικού σε μια ταινία μεταφοράς.

Τα συστήματα εφαρμογής εισροών με μεταβλητές δόσεις μπορούν να διακριθούν σε τρεις τύπους ανάλογα με το προϊόν που εφαρμόζεται:

- Σπόρος
- Στερεά χημικά (κοκκώδη λιπάσματα, κοκκώδη εντομοκτόνα, ασβέστη)
- Υγρά χημικά (υγρά λιπάσματα, υγρά παρασιτοκτόνα)

1.10. ΛΙΠΑΝΣΗ

Τα φυτά για την ανάπτυξή τους απαιτούν, εκτός από νερό, αέρα, ήλιο, διάφορα θρεπτικά στοιχεία τα οποία προσλαμβάνουν ως ιόντα από το έδαφος με τις ρίζες. Ορισμένα από αυτά τα στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, απαιτούνται σε μεγάλες ποσότητες, ενώ άλλα όπως το θείο, μαγνήσιο, ασβέστιο, σε μικρότερες. Υπάρχουν ακόμη και άλλα στοιχεία που είναι απαραίτητα, σε πολύ μικρές ποσότητες (ιχνοστοιχεία), όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος, το μολυβδαίνιο κλπ.

Στης εντατικές εκμεταλλεύσεις, με φυτά μεγάλων αποδόσεων, πολλές φορές το έδαφος δεν έχει την ικανότητα να χορηγήσει όλα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα ή στις αναγκαίες ποσότητες. Αυτό το πρόβλημα το αντιμετωπίζουμε προσθέτοντας τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία με τα λιπάσματα. Σήμερα δεν νοείται καλλιέργεια

χωρίς λίπανση, οι δε ποσότητες των λιπασμάτων που χορηγούνται έχουν φθάσει σε υψηλά επίπεδα. Συχνά είναι πολύ μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες, με αποτέλεσμα να εκπλύνεται το άζωτο και να προκαλεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Παλαιότερα το κόστος των λιπασμάτων λόγω και της ακολουθούμενης πολιτικής των επιδοτήσεων, δεν αποτελούσε σοβαρό παράγοντα και τον γεωργό απασχολούσε περισσότερο το τεχνικό πρόβλημα της εφαρμογής τους στο χωράφι. Σήμερα το κόστος αποτελεί τον κύριο παράγοντα, λόγω των υψηλών τιμών και της κατάργησης των επιδοτήσεων, ενώ το πρόβλημα της εφαρμογής μάλλον απλουστεύτηκε, λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης των μηχανημάτων για τη διασκόρπισή τους στο χωράφι. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, η τεχνολογία έφτασε σε επίπεδα ώστε να είναι δυνατή πλέον η εφαρμογή διαφοροποιημένων ποσοτήτων ανά θέση, ανάλογα με τις απαιτήσεις των φυτών, όπως αναλύεται στα θέματα της γεωργίας ακριβείας (precision agriculture).

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε: α) οργανικά (κόπρος, φυτικά υπολείμματα, κομπόστες) β) ανόργανα ή χημικά ή λιπάσματα εμπορίου. Τα χημικά χρησιμοποιούνται σ' όλες τις καλλιέργειες και σε μεγάλες ποσότητες. Τα οργανικά λιπάσματα προστίθενται όχι μόνο για τα λιπαντικά τους στοιχεία αλλά και για την οργανική ουσία.

Εκτός από τα κύρια λιπάσματα, μπορούν να προστεθούν και άλλα υλικά, κυρίως άσβεστος και μαγνήσιο, περισσότερο για ρύθμιση του pH του εδάφους.

Η προσθήκη των λιπασμάτων στο έδαφος μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους (Γαβριηλίδης, 1969, Cemagref, 1997, Srivastava et al., 1993):

- Με διασκόρπιση στην επιφάνεια του εδάφους πριν το όργωμα.
- Με διασκόρπιση στην επιφάνεια του εδάφους μετά το όργωμα και ανάμειξη με το έδαφος πριν τη σπορά.
- Με διασκόρπιση στην επιφάνεια του εδάφους σε φυτρωμένα χωράφια ή σε ανεπτυγμένα φυτά.
- Με τοποθέτηση κατά γραμμές σε ανεπτυγμένα φυτά.
- Με τοποθέτηση στο βάθος της αυλακιάς μετά το όργωμα.
- Με τοποθέτηση κατά γραμμές πριν, κατά ή μετά τη σπορά, σε αποστάσεις από τις γραμμές των φυτών και σε βάθος μεγαλύτερο της σποράς.
- Με ψεκασμό των φύλλων (διαφυλλική λίπανση).

1.11. ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΔΙΑΝΟΜΕΙΣ

Για κάθε τρόπο τοποθέτησης λιπάσματος υπάρχουν τα αντίστοιχα μηχανήματα (λιπασματοδιανομείς). πολλά από αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, με τροποποιήσεις ή προσθήκες, για περισσότερους από έναν τρόπους τοποθέτησης. (Τσατσαρέλης 2006)

Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι λιπασματοδιανομείς για καλής ποιότητας λίπανση είναι (Τσατσαρέλης 2006):

- Να ρυθμίζουν την ποσότητα του λιπάσματος που διασκορπίζεται
- Να διασκορπίζουν ομοιόμορφα
- Να ρυθμίζουν το πλάτος της λωρίδας του λιπάσματος, το βάθος και την απόσταση της γραμμής των φυτών από τη λωρίδα
- Να μην καταστρέφονται εύκολα από τα διαβρωτικά λιπάσματα
- Να είναι ελαφροί, εύχρηστοι και να καθαρίζονται εύκολα

Οι διασκόρπιση των λιπασμάτων μπορεί να γίνει σε μικρό πλάτος (όσο περίπου και το πλάτος του λιπασματοδιανομέα) ή σε μεγάλο πλάτος (πολύ μεγαλύτερο από το πλάτος του λιπασματοδιανομέα)

A) Οι λιπασματοδιανομείς που χρησιμοποιούνται για διασκόρπιση λιπασμάτων σε μεγάλο πλάτος είναι κατά κανόνα φυγοκεντρικοί, με

- **έναν ή δύο περιστρεφόμενους δίσκους:** το λίπασμα πέφτει από το δοχείο μέσω ρυθμιζόμενων ανοιγμάτων σε ένα ή δύο δίσκους που περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα και εκτοξεύουν το λίπασμα (σε απόσταση 12-36m).
- **παλινδρομικώς κινούμενο στόμιο:** το λίπασμα καταλήγει σε ένα βραχύ σωλήνα (στόμιο) που κινείται παλινδρομικά με την βοήθεια εκκέντρου. Το λίπασμα διασκορπίζεται με μορφή zig-zag, σε πλάτος 10-18m.
- **ρεύμα αέρα:** αποτελούνται από το δοχείο 2 πλευρικούς δοσοκατανομείς έναν ανεμιστήρα, της σωληνώσεις και τους διασκορπιστές. Το ρεύμα αέρα παραλαμβάνει τους κόκκους του λιπάσματος και τους οδηγεί μέχρι τους διασκορπιστές (σημείο εξόδου). Το πλάτος διασκόρπισης δεν ξεπερνά τα 12m.

B) τα μηχανήματα διασκόρπισης του λιπάσματος σε μικρό πλάτος στηρίζονται σε πολλές και διαφορετικές αρχές. Άλλα διασκορπίζουν το λίπασμα

σ' όλη της επιφάνεια, άλλα σε γραμμές στην επιφάνεια και άλλα σε γραμμές στο έδαφος. Σε βαθμό μικρό ή μεγάλο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι λιπασματοδιανομείς με τοποθέτηση του λιπάσματος σε γραμμές. Το λίπασμα μπορεί να τοποθετηθεί επιφανειακά ή ακόμη και σε βαθύτερα στρώματα. Στην περίπτωση της επιφανειακής τοποθέτησης λιπάσματος ο σωλήνας μεταφοράς του λιπάσματος τοποθετείται είτε πίσω από ένα υνάκι που καλλιεργεί επιφανειακά. Για την κάλυψη του λιπάσματος ακολουθούν υνάκια σκαλιστηριών.

Για βαθύτερη τοποθέτηση τα υνάκια καλλιεργούν στο επιθυμητό βάθος. Πίσω τους φθάνει ο σωλήνας μεταφοράς του λιπάσματος. Τα μηχανήματα αυτών των τύπων χρησιμοποιούνται για φυτά γραμμικών καλλιεργειών (βαμβάκι, αραβόσιτος κλπ.) (Τσατσαρέλης 2006).

Οι νεότεροι και μεγαλύτεροι τύποι λυπασματοδιανομέων, κυρίως οι αυτοκινούμενοι, φέρουν μηχανισμούς αυτορρύθμισης των ανοιγμάτων, ώστε η ποσότητα ανα στρέμμα να παραμένει κατά το δυνατό σταθερή, όταν μεταβάλλεται η ταχύτητα μετακίνησης ή του PTO. Μια άλλη προσέγγιση, που συνδέεται με την γεωργία ακριβείας, απαιτεί, ανάλογα με τις συνθήκες, μεταβαλλόμενη παροχή. Για την εφαρμογή χρησιμοποιούνται ειδικοί λιπασματοδιανομείς μεταβαλλόμενης παροχής (Fulton et al., 2001, 2003, fiala et al., 1999, yang et al., 2001).

1.11.1. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΔΟΣΗΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ

Για εφαρμογή λίπανσης με μεταβλητές δόσεις χρειαζόμαστε διαφορετικό εξοπλισμό για διαφορετικούς τύπους λίπανσης (υγρά ή στερεά λιπάσματα) όμως από το GPS και οι ελεγκτές της καμπίνας είναι κοινά σε όλες τις μεθόδους της λίπανσης με μεταβλητές δόσεις

Η λίπανση με μεταβλητές δόσεις, βασίζεται στο παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS), για να διατηρείται συνεχώς η θέση του εξοπλισμού λίπανσης, επιτρέποντας στον Η/Υ της καμπίνας, να σηματοδοτεί αλλαγές, όσο ο εξοπλισμός μετακινείται από το ένα χαρτογραφημένο τμήμα του χωραφιού στο άλλο.

Παρ όλο που εξοπλισμός λίπανσης είναι μεγάλος, πράγμα που οδηγεί το GPS σήμα να μην είναι ακριβές σε σχέση με τον όγκο του διανομέα, οποιαδήποτε κάλυψη ενός GPS σήματος που την καθιστά χρήσιμη για την καθοδήγηση ενός οχήματος είναι αποδεκτή για λιπάνσεις μεταβλητού τύπου.

Αν ο δέκτης του GPS δεν εγκατασταθεί με ακρίβεια στον λιπασματοδιανομέα, ο εσωτερικός ελεγκτής της καμπίνας θα πρέπει να προγραμματιστεί με βάση την απόσταση μεταξύ του δέκτη του GPS και του λιπασματοδιανομέα για να διασφαλιστεί ότι η ποσότητα του λιπάσματος που διανέμεται, αλλάζει ανάλογα την τοποθεσία εφαρμογής του όσο ο εξοπλισμός κινείται σε νέες ζώνες διαχείρισης.

Το βασικό εργαλείο σε ένα σύστημα μεταβλητής λίπανσης είναι ο Η/Υ-ελεγκτής που βρίσκεται τοποθετημένος στην καμπίνα του οχήματος. Συγκεκριμένα ο ελεγκτής πραγματοποιεί συγκεκριμένες λειτουργίες που περιλαμβάνουν: 1)λειτουργία ενός λογισμικού που απεικονίζει τον Χάρτη εφαρμογής της λίπανσης 2)Καταγράφει το GPS σήμα που αναγνωρίζει στον χάρτη την θέση του οχήματος σε πραγματικό χρόνο 3)επικοινωνεί με χρήση σημάτων με την "συσκευή έλεγχου ροής" που μεταβάλλει τη ροή του λιπάσματος 4)Παρακολουθεί την ταχύτητα του οχήματος 5)Καταγράφει στοιχεία το Χάρτη εφαρμογής λιπάσματος.

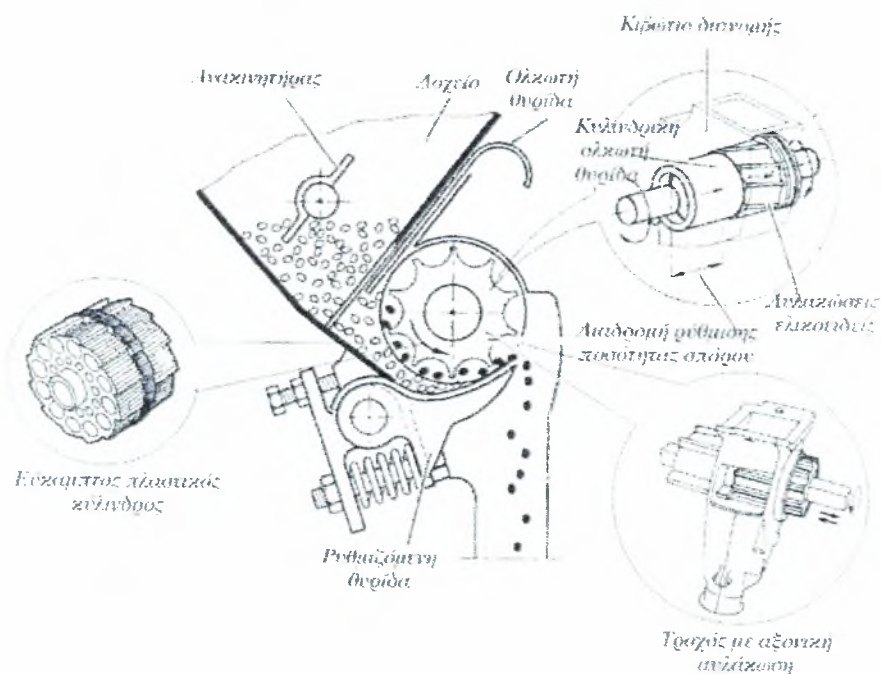
2. ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Ο σκοπός του πειράματος ήταν να βαθμονομηθεί ο λιπασματοδιανομέας με διάφορα λιπάσματα έτσι ώστε να γνωρίζουμε πόσο λίπασμα εξέρχεται από αυτόν σε διάφορα ανοίγματα του μετρητικού μηχανισμού.

Απώτερος σκοπός είναι να χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις αυτές σε συνδυασμό με το ενδεδειγμένο μέγεθος τροχού εδάφους και τη συγκεκριμένη σχέση γранаζιών μετάδοσης της κίνησης του λιπασματοδιανομέα για να επιτευχθούν λιπάνσεις με διαφορετικές ποσότητες λιπάσματος σε κάθε καλλιέργεια.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένας λιπασματοδιανομέας ο οποίος κατασκευάστηκε ως επιμέρους κομμάτι ενός λιπασματοδιανομέα γραμμικής λίπανσης. Ο μετρητικός μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο ενδεδειγμένος για αυτού του είδους λιπασματοδιανομείς και είναι παραπλήσιος με τον μετρητικό μηχανισμό που χρησιμοποιείται σε σπαρτικές μηχανές σιτηρών (Εικόνα 10).

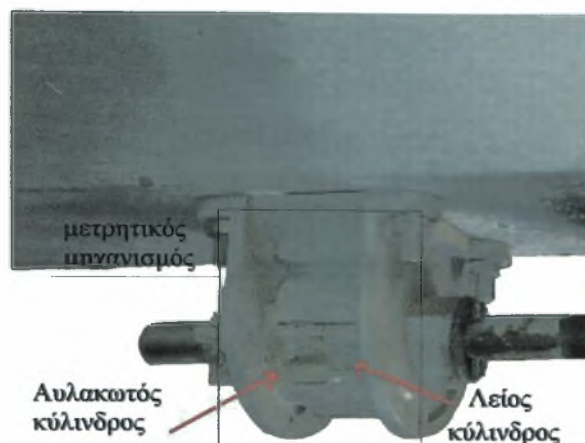


Εικόνα 10 Σχηματική αναπαράσταση μετρητικού μηχανισμού με αυλακωτούς τροχούς.

Η διασπορά του λιπάσματος επιτυγχάνεται με έναν άξονα πολυγωνικής διατομής ο οποίος φέρει κύλινδρο αυλακωτό με αυλάκωση αξονική. Ο αυλακωτός κύλινδρος περιστρέφεται μέσα στο κιβώτιο διανομής (Τσατσαρέλης, 2000).

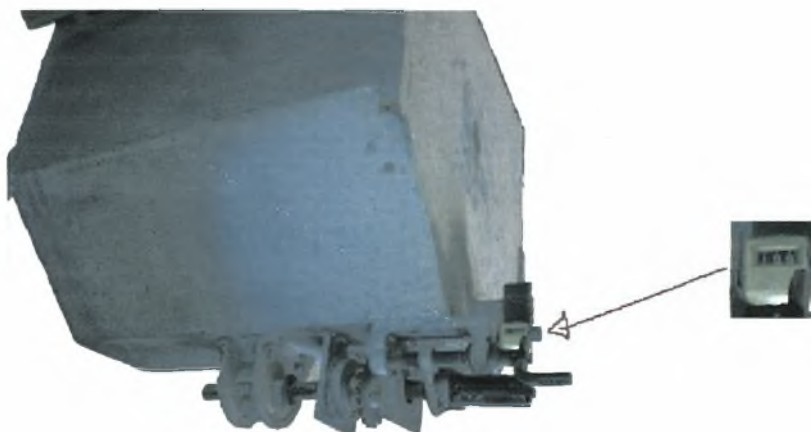
Κατά την περιστροφή του ο κύλινδρος εγκλωβίζει μεταξύ των τοιχωμάτων και των αυλακώσεων ποσότητα λιπάσματος και την απελευθερώνει στους σωλήνες που οδηγούν στο έδαφος. Η διανομή με τον τρόπο αυτό αναφέρεται και ως μερικός εξαναγκασμένη γιατί εγκλωβίζει τους κόκκους και τους εξαναγκάζει να ακολουθήσουν τη συγκεκριμένη διαδρομή. Οι κόκκοι οδηγούνται συνήθως από το κάτω μέρος (Τσατσαρέλης, 2000).

Η ρύθμιση της ποσότητας του λιπάσματος γίνεται με δύο τρόπους. Πρώτο με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής του άξονα του μετρητικού μηχανισμού και δεύτερο με αξονική (δεξιά - αριστερά) μετακίνησή του.



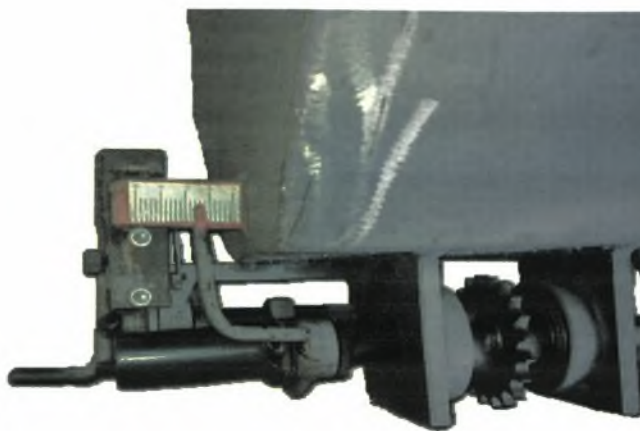
Εικόνα 11: Μετρητικός Μηχανισμός

Στο μετρητικό μηχανισμό (Εικ. 11) τοποθετήθηκε ένας μετρητής για να μετράει τις περιστροφές του (Εικ. 12).



Εικόνα 12: Μετρητής περιστροφών μετρητικού μηχανισμού

Για το άνοιγμα του μετρητικού μηχανισμού χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα με περιστρεφόμενο κοχλία ο οποίος βαθμονομήθηκε από το ελάχιστο μέχρι το μέγιστο άνοιγμα του σύμφωνα με τις στροφές του κοχλία. Με βάση την βαθμονόμηση δημιουργήσαμε ένα μετρητή για την ανάγνωση του ανοίγματος (στροφές) του μετρητικού μηχανισμού (Εικ. 13).



Εικόνα 13: Μετρητής ανάγνωσης του ανοίγματος του μετρητικού μηχανισμού (στροφές)

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής:

- τοποθετήθηκε λίπασμα στο δοχείο του λιπασματοδιανομέα,
- με την βοήθεια μιας μανιβέλας περιστράφηκε ο μετρητικός μηχανισμός για προκαθορισμένο αριθμό περιστροφών και σε διάφορα ανοίγματά του,
- στο τέλος συλλέχθηκε και ζυγίστηκε το λίπασμα που εξήλθε από τον μετρητικό μηχανισμό του λιπασματοδιανομέα.

Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τύποι λιπασμάτων για την μέτρηση της ποσότητας που εξέρχεται από τον λιπασματοδιανομέα σε διάφορες ρυθμίσεις του μεγέθους του ανοίγματος του μετρητικού μηχανισμού. Οι μετρήσεις που έγιναν για το κάθε είδος λιπάσματος ήταν η ποσότητα που εξέρχεται ανά 100 περιστροφές του μετρητικού μηχανισμού του λιπασματοδιανομέα. Έγινε αναγωγή της ποσότητας αυτής σε μία περιστροφή και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν ορισμένα σχήματα.

Τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

1. A.N.A. 27-0-0 [+0,5MgO] (B.Φ.Λ.)
2. N.A. 34,5-0-0 [+0,5MgO] (B.Φ.Λ.)
3. 16-20-0 (B.Φ.Λ)
4. 20-10-10 [+9 S] (B.Φ.Λ.)
5. 20-20-0 [+2MgO] (hydrostar/YARA)
6. 23-0-0
7. 18-7-14
8. 0-46-0
9. 16-20-0 [+S] (europhos)

Δημιουργήθηκε ένας πίνακας για την κάθε μέτρηση.

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0- 20 στροφές)	Βάρος (Kg)	Βάρος ανά περιστροφή (Kg)
A.N.A 27-0-0 [+0.5MgO (B.Φ.Λ.)]	1,02 gr/ml	100	1	0,314	0,00314
		100	3	0,624	0,00624
		100	4	0,859	0,00859
		100	5	1,14	0,0114
		100	7	1,616	0,01616
		100	9	2,084	0,02084
		50	14	1,636	0,03272
		50	19	2,188	0,04376

πίνακας 1: πίνακας μετρήσεων λιπασμάτων

Για το κάθε λίπασμα οι μετρήσεις που έγιναν ήταν οι εξής:

- **Ειδικό Βάρος**
- **Περιστροφές:** Αριθμός περιστροφών του μετρητικού μηχανισμού.
- **Ρύθμιση (0-20):** Μέγεθος ανοίγματος (στροφές) του μετρητικού μηχανισμού (με βάση την ένδειξη του μετρητή 0 = κλειστό, 20 = μέγιστο άνοιγμα)
- **Βάρος:** το συνολικό βάρος σε Kg του λιπάσματος που εξέρχονταν από τον λιπασματοδιανομέα στην κάθε ρύθμιση μετά από κάθε πλήρη κύκλο περιστροφών.
- **Βάρος ανά περιστροφή:** υπολογισμός του βάρους σε Kg του λιπάσματος σε κάθε ρύθμιση ανά 1 περιστροφή του μετρητικού μηχανισμού.

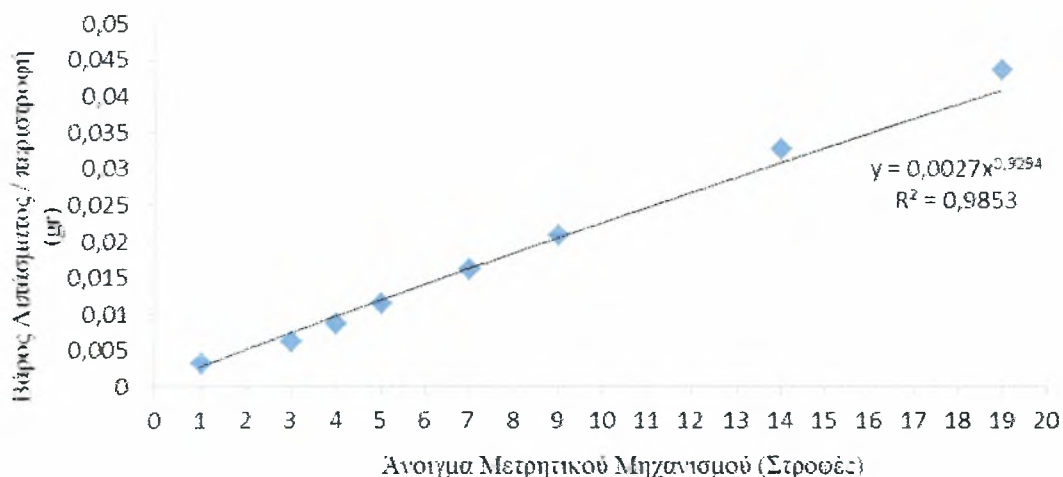
Οι ίδιες μετρήσεις έγιναν για όλα τα λιπάσματα.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

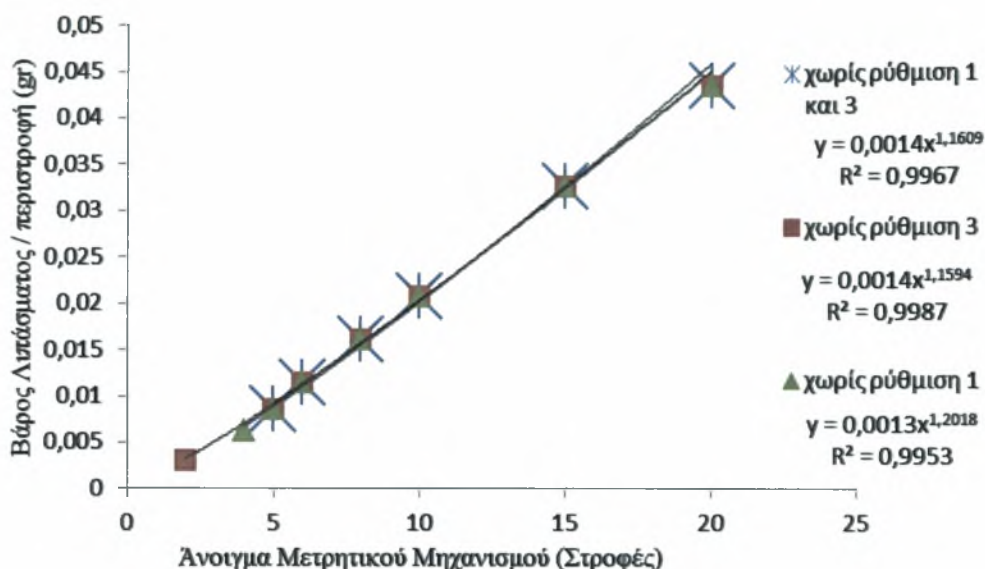
Μετά τις μετρήσεις δημιουργήθηκαν διαγράμματα για κάθε λίπασμα. Στα διαγράμματα αυτά προσαρμόστηκε γραμμή τάσεως διαφόρων μορφών ώστε να επιλεγεί ο τύπος που προσδιόριζε με υψηλότερο βαθμό συσχέτισης τη σχέση ανοίγματος μετρητικού μηχανισμού (ρύθμιση) και λιπάσματος που βγαίνει από αυτόν. Μετά τις δοκιμές επιλέχθηκε ως αντιπροσωπευτικότερη η υπερβολική και η γραμμική μορφή.

Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν διαπιστώθηκε ότι στις ρυθμίσεις του ανοίγματος του μετρητικού μηχανισμού 0 μέχρι 3 το άνοιγμα ήταν τόσο μικρό ώστε οι κόκκοι του λιπάσματος δεν περνούσαν με ευκολία. Έτσι δημιουργήθηκε ένα επιπλέον διαγράμματα όπου αφαιρέθηκαν οι ρυθμίσεις του ανοίγματος του μετρητικού μηχανισμού 1 και 3 για να διαπιστωθεί εάν και κατά πόσο επηρεάζεται ο συντελεστής συσχέτισης.

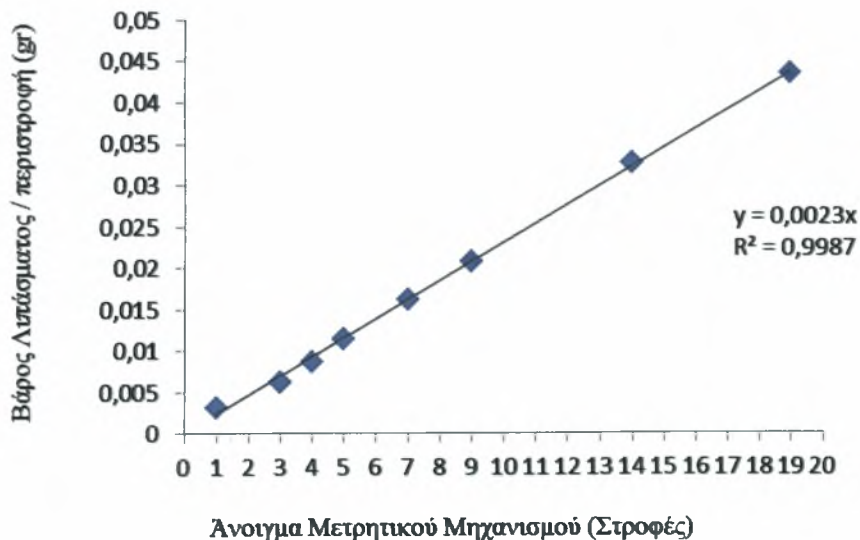
Για το λίπασμα **A.N.A 27-0-0 [+0,5 MgO] (B.Φ.Α.)** τα σχήματα που δημιουργήθηκαν ήταν τα εξής:



Στην υπερβολική γραμμική τάσεως ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) είναι **0,9853**.



Σε τρεις καμπύλες (υπερβολικής μορφής) αφαιρέσαμε στην πρώτη την τιμή του ανοίγματος του μετρητικού μηχανισμού (ρύθμιση) **1** στην δεύτερη την τιμή **3** και στην Τρίτη και τις δύο αυτές τιμές (**1** και **3**). Βλέπουμε ότι αφαιρώντας αυτές τις τιμές ο συντελεστής συσχέτισης βελτιώνεται, από **0,9853** λαμβάνοντας υπόψη όλες τις τιμές, στο **0,9987** αφαιρώντας την τιμή **3** της ρύθμισης.

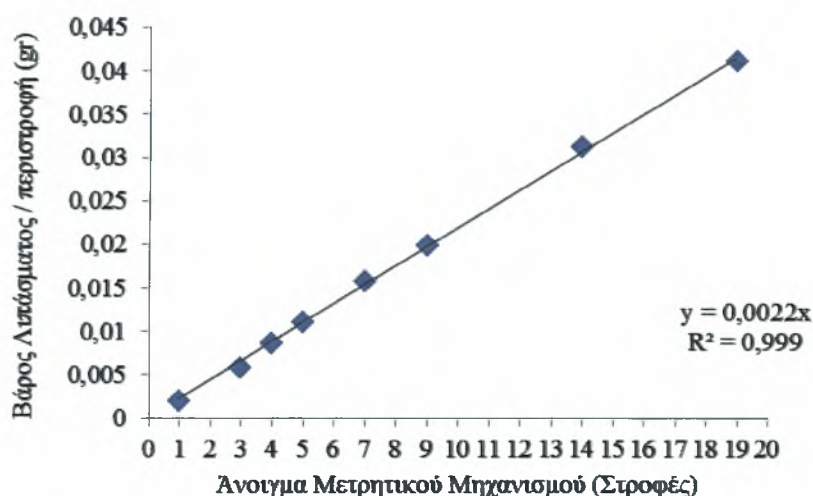


Στην γραμμική καμπύλη φαίνεται ότι ο συντελεστής συσχέτισης **R²** είναι πολύ υψηλός (**0,9987** πρακτικά ίσον με 1). Δεδομένου ότι η γραμμική εξίσωση είναι πολύ απλή ($y = 0,0023x$) ακόμη και εάν ο συντελεστής συσχέτισης **R²** να μην ήταν ο υψηλότερος θα προτιμούνταν να χρησιμοποιηθεί στη βαθμονόμηση. Ο λόγος ότι η γραμμική εξίσωση προτιμάται για την βαθμονόμηση είναι ότι οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ποσότητας του εξερχομένου λιπάσματος είναι πολύ απλοί και

μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμη και στο χωράφι χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων. Επίσης μπορούν να πραγματοποιηθούν πιο απλοί και γρήγοροι υπολογισμοί ώστε να επιλέξουμε τη σχέση μεταξύ των γραναζιών μετάδοσης της κίνησης από τον τροχό εδάφους ώστε να μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τις ενδεδειγμένες καθώς και διαφοροποιημένες λιπάνσεις για κάθε είδος καλλιέργειας.

Τα ίδια σχήματα έγιναν για όλα τα λιπάσματα και ο συντελεστής συσχέτισης σε συνδυασμό με την εξίσωση της γραμμής τάσεως ήταν πάντα ο υψηλότερος.

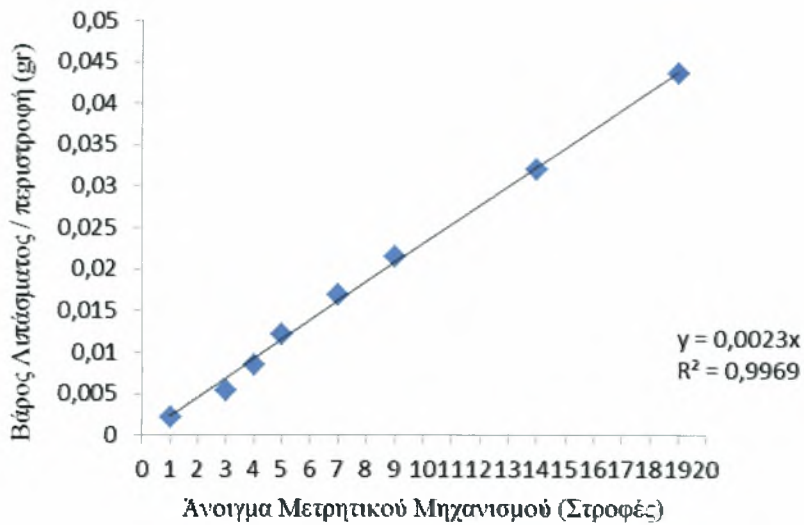
N.A. 34,5-0-0 [+0,5MgO] (B.Φ.Λ.)



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,999$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0022x$

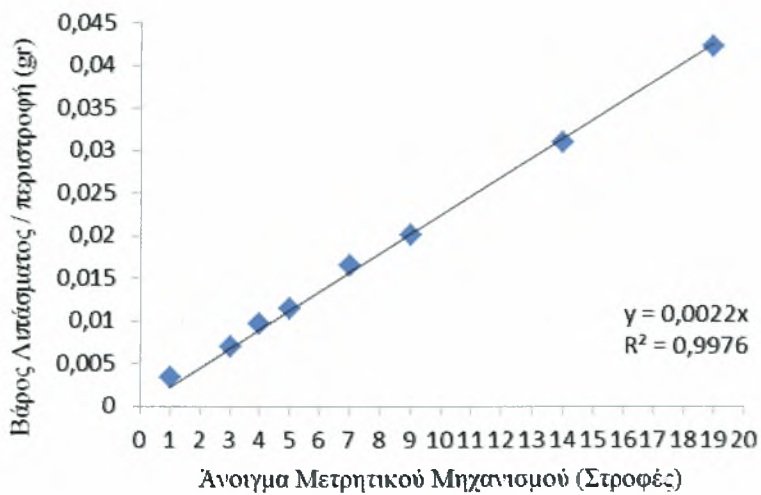
16-20-0 (B.Φ.Λ)



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9969$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0023x$

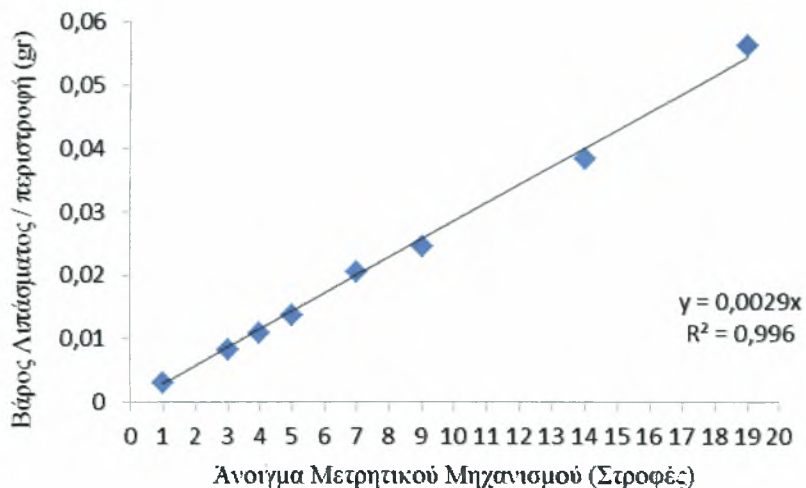
20-10-10 [+9 S] (B.Φ.Λ.)



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9976$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0022x$

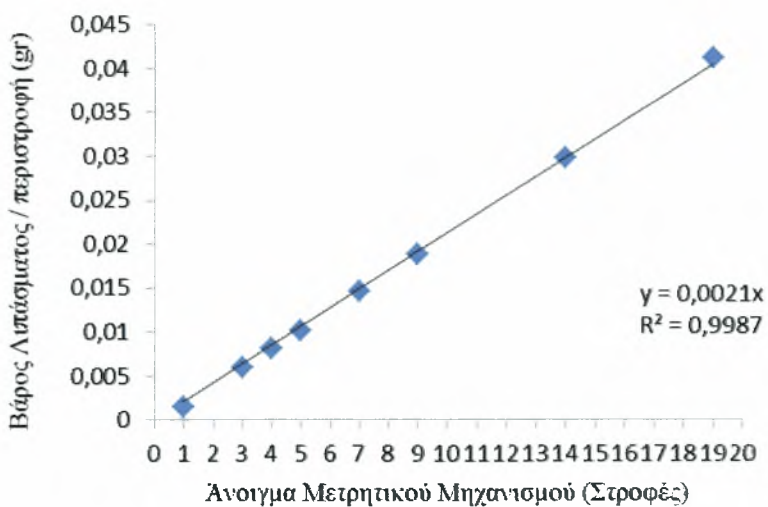
20-20-0 [+2MgO] (hydrostar/YARA)



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,996$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0029x$

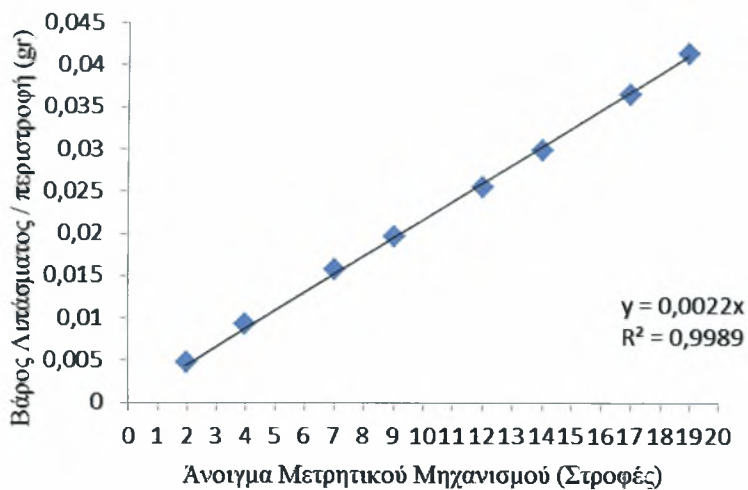
23-0-0



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9987$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0021x$

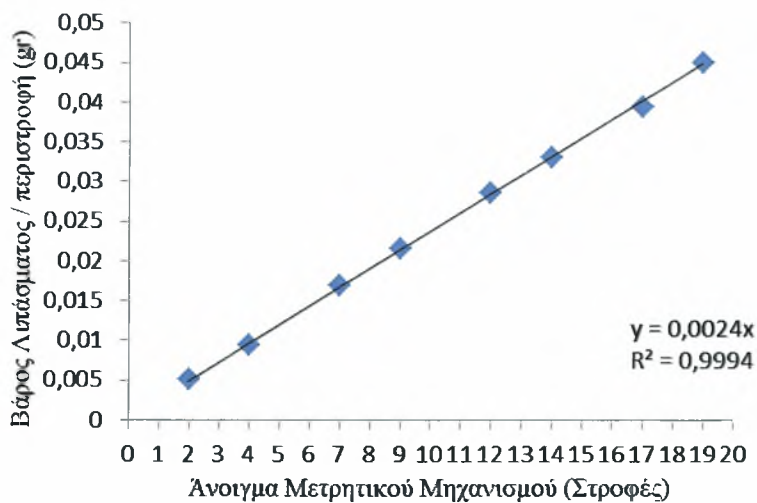
18-7-14



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9989$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0022x$

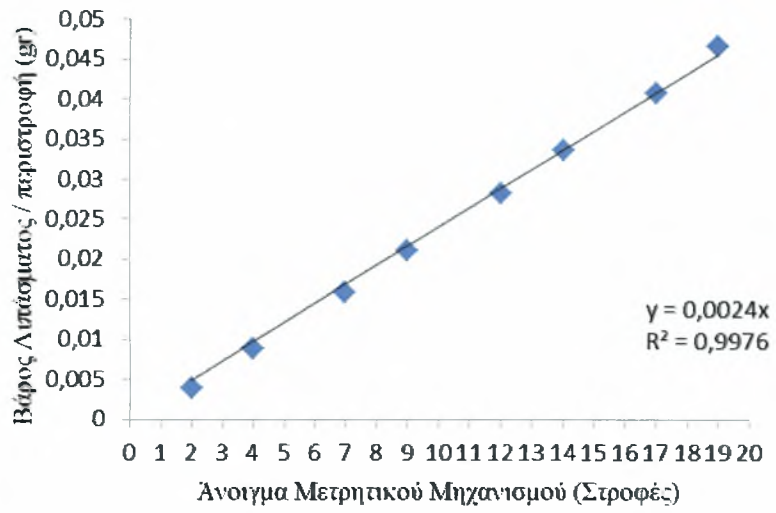
0-46-0



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9994$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0024x$

16-20-0 [+S] (europhos)



Ο συντελεστής συσχέτισης είναι: $R^2 = 0,9976$

Η εξίσωση είναι: $y = 0,0024x$

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η γραμμική εξίσωση είναι η απλούστερη μορφή εξίσωσης και σε συνδυασμό με τον υψηλότερο βαθμό συσχέτισης ενδείκνυται να χρησιμοποιηθεί στη βαθμονόμηση του λιπασματοδιανομέα
- Η γραμμική εξίσωση μας περιγράφει καλλίτερα το φαινόμενο και μας δείχνει ότι το λίπασμα εξέρχεται γραμμικά από τον λιπασματοδιανομέα όσο αυξάνουμε το άνοιγμα του μετρητικού μηχανισμού
- Με τη χρήση της γραμμικής εξίσωσης οι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό της ποσότητας του εξερχομένου λιπάσματος και την προσαρμογή αυτής στην επιθυμητή είναι πολύ απλοί και μπορούν να πραγματοποιηθούν ακόμη και στο χωράφι.
- Επειδή σε όλα τα λιπάσματα που δοκιμάστηκαν η εξίσωση που περιγράφει ρύθμιση είναι γραμμική της μορφής $y=ax$ μπορούμε με ελάχιστες μετρήσεις (τουλάχιστον 2) να βαθμονομήσουμε το λιπασματοδιανομέα μας για χρήση και με οποιοδήποτε άλλο κοκκώδες λίπασμα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1. ΔΙΕΘΝΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Adamchuk, V.I., Hummel, J.W., Morgan, M.T., Upadhyaya, S.K. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 44, pp 71-91
2. Arslan S. 2008. A Grain Flow Model to Simulate Grain Yield Sensor Response. *Sensors* 8, 952-956.
3. Boydell, B. and McBratney, A. (1999). Identifying potential within-field management zones from cotton yield estimates. *Precision Agriculture*.
4. Cemagref. 1997. Les matériels de fertilization et traitement des cultures. Collection formagri. Paris.
5. Clark, R.L., McGuckin, R.L. (1996). Variable Rate Application Equipment for Precision Farming. University of Georgia, Athens, GA. Presentation at the 1996 Beltwide Cotton Conference.
6. Fiala, M., R. Oberti. 1999. Test of an automatic rate control system for a centrifugal-type dry fertilizer spreader. *Applied engineering in Agriculture* 15(4): 273-278.
7. Fleming, K.L., D.G. Westfall, D.W. Wiens, and M.C. Brodah. 2000. Evaluating farmer developed management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, 2:201 - 215
8. Fraisse, C.W., K.A. Sudduth, and N.R. Kitchen. 2001a. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, 44(1):155-166.
9. Fulton, J.P., S.A. Shearer, G Chabra, S.F. Higgins. 2001. Performance assessment and model development of a variable rate spinner fertilizer disc applicator. *Transactions of the ASAE* 44(5):1071-1081
10. Fulton, J.P., S.A. Shearer, T.S. Stonbaugh, M.E. Anderson, T.F. Burks, S.F. Higgins. 2003. Simulation of fixed and variable rate application of granular materials. *Transactions of the ASAE* 46(5):1311-1321.
11. Kitchen, N. R., K. A. Sudduth, D.B. Myers, R.E. Massey, E.J. Sadler, R.N. Lerch, J.W. Hummel, and H.L. Palm. 2005. Development of a conservation-

- oriented precision agriculture system: Crop production assessment and plan implementation. *Journal Soil and Water Conservation* 60, p. 422.
12. 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.
 13. McMillan, R.A., W.W. Pettapice, L.D. Watson, and T.W. Goddard. 1998. A landform segmentation model for precision farming. p. 1335-1346. In P.C. Robert et al. (ed.) *Precision agriculture. ProcInt. Conf.*, 4th, St. Paul, MN. 19-22 July 1998. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
 14. Morgan, M., Ess, D., 1997. *the Precision Farming Guide for Agriculturists*. Edited by J.E. Kuhar. Published by John Deere Publishing Dept 374.
 15. Mulla, D.J., and J.S. Schepers. 1997. Key processes for site-specific soil and crop management. p. 1- 18. *In* F.J. Pierce and E.J. Sadler (ed.) *The State of Site-Specific Management for Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI
 16. National Research Council, (1997). *Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 1-15.
 17. Srinivasan, Ancha, (2006). *Handbook of precision agriculture: Principles and Applications*. Food Products Press, Binghamton, N.Y. pp.19-85, 414-426.
 18. Srivastava, A.K., C.E. Goering, R.P. Rohrbach. 1993. *Engineering principles of agricultural machines*. ASAE textbook No 6. ASAE, St. Joseph, MI.
 19. Whelan BM and McBratney AB (2000). The null hypothesis of precision agriculture management. *Precision Agriculture*, 2:265-279.
 20. Yang, C., J.H. Everitt, J.M. Bradford. 2001. Comparison of uniform and variable rate nitrogen and phosphorus fertilizer applications for grain sorghum. *Transactions of the ASAE* 44(2): 201-209.

6.2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Αγγελοπούλου Α. 2008. Γεωργία Ακριβείας σε οπωρώνες. Διδακτορική Διατριβή. Νέα Ιωνία, Βόλος.
2. Γαβριηλίδης, Σ.Θ. 1969. Καλλιεργητικές φροντίδες και μηχανική συγκομιδή. Θεσσαλονίκη.
3. Μήτσιος, Ι.Κ., (2003). Γονιμότητα εδαφών- Θρεπτικά στοιχεία φυτών και βαρέα μέταλλα- Μέθοδοι και εφαρμογές. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
4. Παπαοικονόμου, Μ., Αγροχημικά ΑΒΕΞ (2003). Οδηγός Γεωργίας Ακριβείας. Τμήμα τεχνικής υποστήριξης, σελ. 9-10
5. Τάνος, Α., Α. Αγγελοπούλου, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος, Γ.Δ.Νάνος και Α. Χατζηνίκος. 'Ζώνες Διαχείρισης Βάση χαρτών παραγωγής, ποιοτικών χαρακτηριστικών και ηλεκτρικής αγωγιμότητας', 5ο εθνικό συνέδριο γεωργικής μηχανικής 10/2007, Πρακτικά
6. Τσατσαρέλης, Κ.Α., 2000. Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη σελ. 357-359
7. Τσατσαρέλης, Κ.Α., 2006. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη σελ. 309-316
8. Φλωράς, Σ., (2004). Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Βόλος.
9. Φωτίου, Α., Πικριδάς, Χ., (2003). Το δορυφορικό σύστημα GPS. Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
10. Χρήστος Γ. Καρυδάς και Νικόλαος Γ. Συλλαίος 2000. 'Γεωργία Ακριβείας: Περιγραφή της μεθόδου – Υφισταμένη κατάσταση και προοπτικές', 2ο ειδικό συνέδριο "Πληροφορικά συστήματα στον Αγροτικό Τομέα" της Ελληνικής Εταιρείας Επιχειρησιακών Ερευνών, Χανιά, 10/2000, Πρακτικά: σελ. 134-146.
11. Γέμτος, Θ.Α., Φουντάς, Σ., Blackmore, S., Greipentrog, H.W. (2002). Precision farming experience in Europe and the Greek potential Εργασία που παρουσιάστηκε στο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας Εφαρμογών Πληροφορικής στη Γεωργία, Αθήνα Ιούνιος 2002.
12. Στυλιανίδης Δ., Σιμώνης Α., Συργιαννίδης Γ. 2002, Θρέψη-λίπανση φυλλοβόλων οπωροφόρων δένδρων. Εκδόσεις Σταμούλη.

6.3. ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Precision_agriculture
3. <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/machine/ae1445.pdf>
4. <http://www.greenseeker.com/greenseeker-home.html>
5. <http://www.ntechindustries.com/weedseeker-home.html>

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οι πίνακες που δημιουργήθηκαν για τα λιπάσματα ήταν οι εξής:

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
N.A. 34,5-0-0 [+0,5MgO] (B.Φ.Λ.)	96gr/100ml	100	2	0,188	0,00188
		100	4	0,584	0,00584
		100	5	0,86	0,0086
		100	6	1,104	0,01104
		100	8	1,568	0,01568
		100	10	1,984	0,01984
		50	15	1,56	0,0312
		50	20	2,058	0,04116

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
16-20-0 (B.Φ.Λ.)	1,04gr/ml	100	2	0,216	0,00216
		100	4	0,544	0,00544
		100	5	0,84	0,0084
		100	6	1,21	0,0121
		100	8	1,689	0,01689
		100	10	2,15	0,0215
		50	15	1,603	0,03206
		50	20	2,188	0,04376

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
20-10-10 [+9 S] (B.Φ.Λ.)	0,96gr/ml	100	2	0,344	0,00344
		100	4	0,698	0,00698
		100	5	0,968	0,00968
		100	6	1,148	0,01148
		100	8	1,652	0,01652
		100	10	2,008	0,02008
		50	15	1,552	0,03104
		50	20	2,118	0,04236

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
20-20-0 [+2MgO] (hydrostar/YARA)	1,05gr/ml	100	2	0,298	0,00298
		100	4	0,836	0,00836
		100	5	1,088	0,01088
		100	6	1,37	0,0137
		100	8	2,046	0,02046
		100	10	2,462	0,02462
		50	15	1,922	0,03844
	50	20	2,634	0,05634	

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
23-0-0	0,90gr/ml	100	2	0,144	0,00144
		100	4	0,594	0,00594
		100	5	0,82	0,0082
		100	6	1,022	0,01022
		100	8	1,468	0,01468
		100	10	1,89	0,0189
		50	15	1,494	0,02988
	50	20	2,062	0,04124	

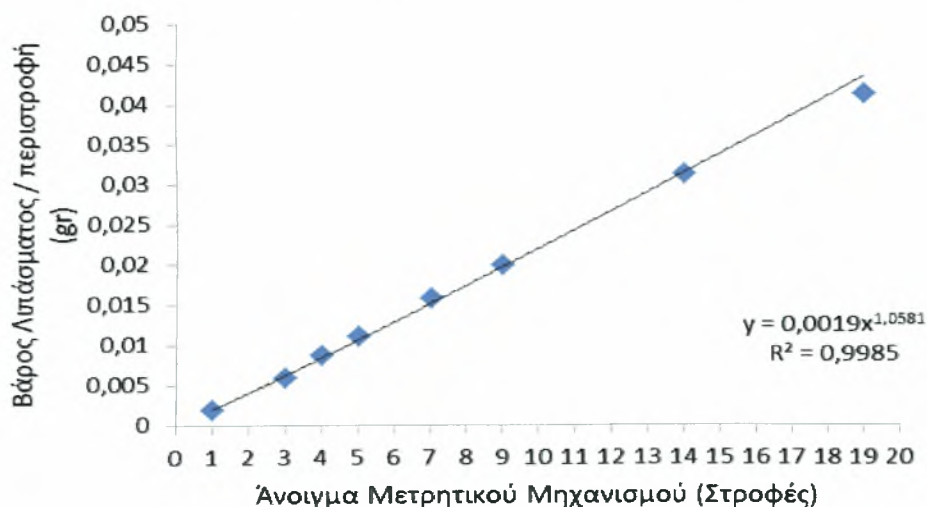
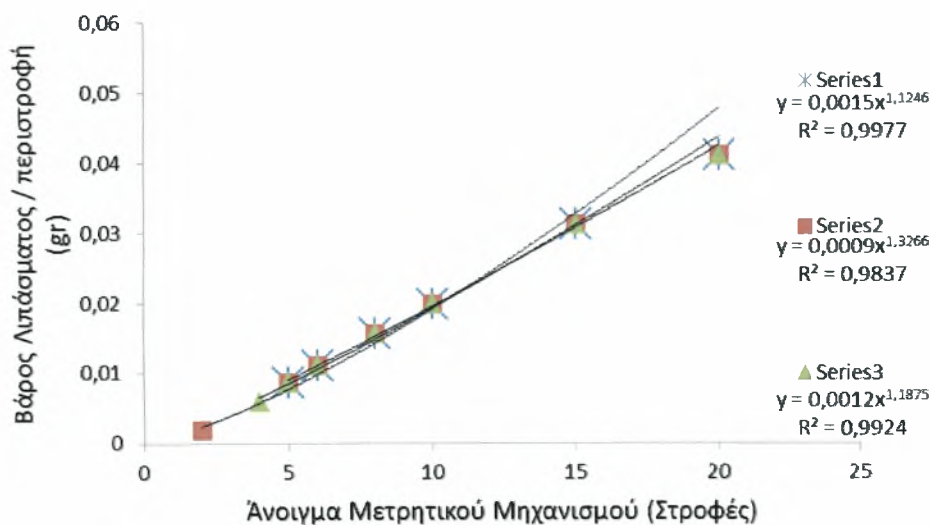
Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
18-7-14	1gr/ml	100	3	0,47	0,0047
		100	5	0,918	0,00918
		100	8	1,574	0,01574
		100	10	1,964	0,01964
		50	13	1,278	0,02556
		50	15	1,492	0,02984
		50	18	1,82	0,0364
	50	20	2,063	0,04126	

Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	βάρος (Kg)	βάρος ανά περιστροφή (Kg)
0-46-0	1,04gr/ml	100	3	0,506	0,00506
		100	5	0,944	0,00944
		100	8	1,694	0,01694
		100	10	2,158	0,02158
		50	13	1,43	0,0286
		50	15	1,656	0,03312
		50	18	1,978	0,03956
	50	20	2,254	0,04508	

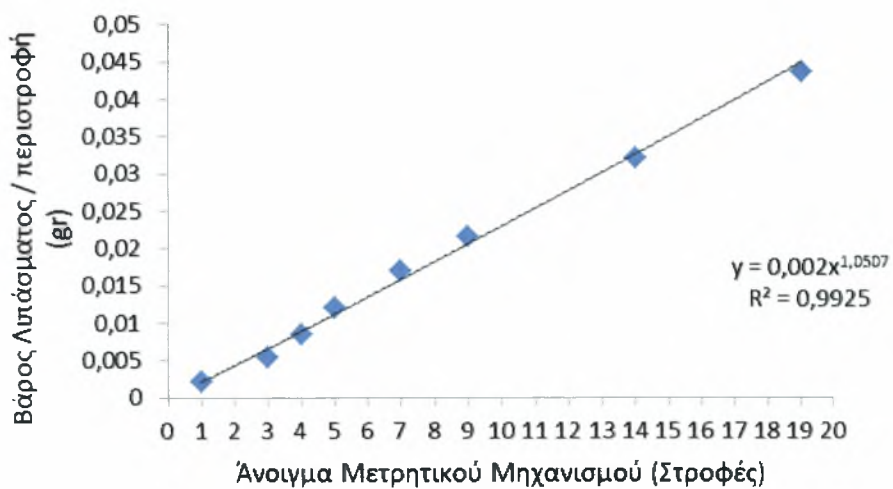
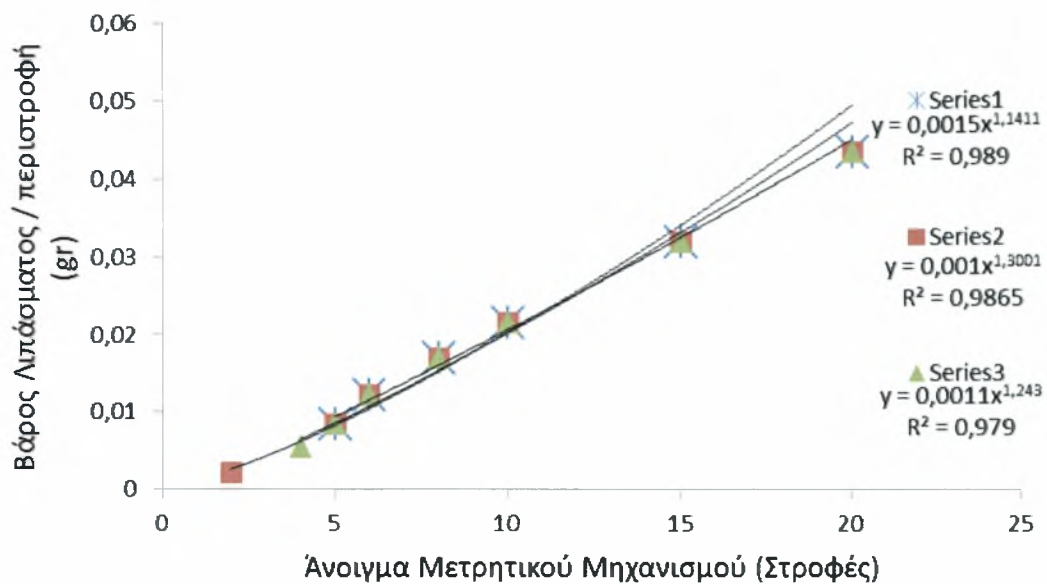
Λίπασμα (τύπος-εταιρία)	Ειδικό Βάρος	Περιστροφές	Ρύθμιση (0-20 στροφές)	Βάρος (Kg)	Βάρος ανά περιστροφή (Kg)
16-20-0 [+S] (europhos)	1,08gr/ml	100	3	0,394	0,00394
		100	5	0,89	0,0089
		100	8	1,584	0,01584
		100	10	2,104	0,02104
		50	13	1,412	0,02824
		50	15	1,686	0,03372
		50	18	2,042	0,04084
		50	20	2,332	0,04664

Τα σχήματα (πλην των γραμμικών) που δημιουργήθηκαν για κάθε λίπασμα ήταν τα εξής:

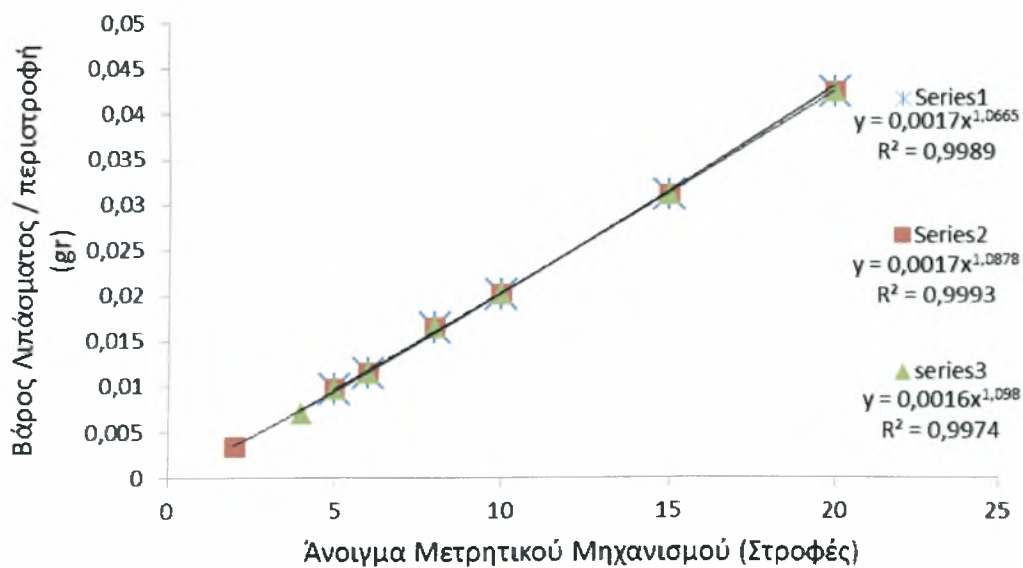
N.A. 34,5-0-0 [+0,5MgO] (B.Φ.Λ.)

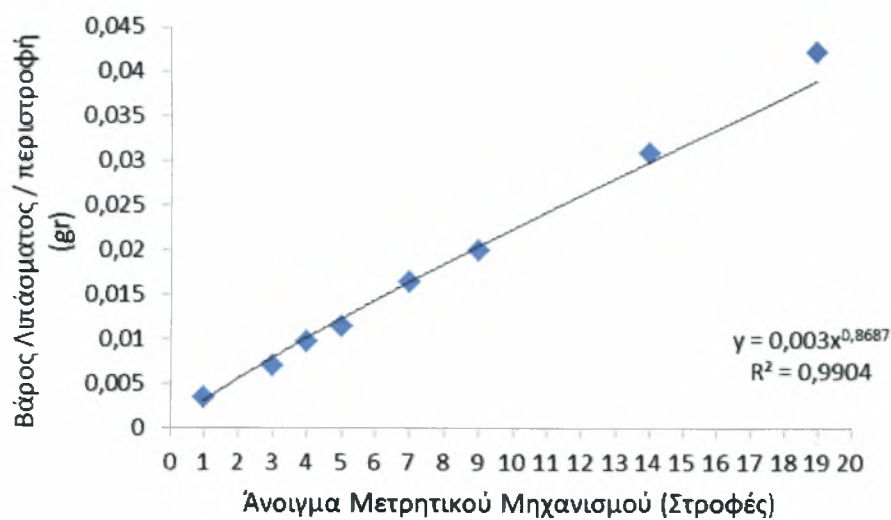


16-20-0 (B.Φ.Λ)

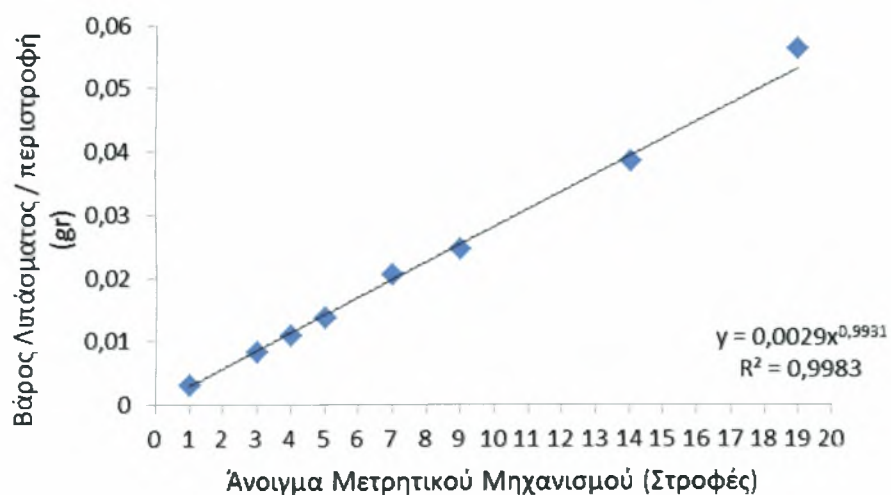
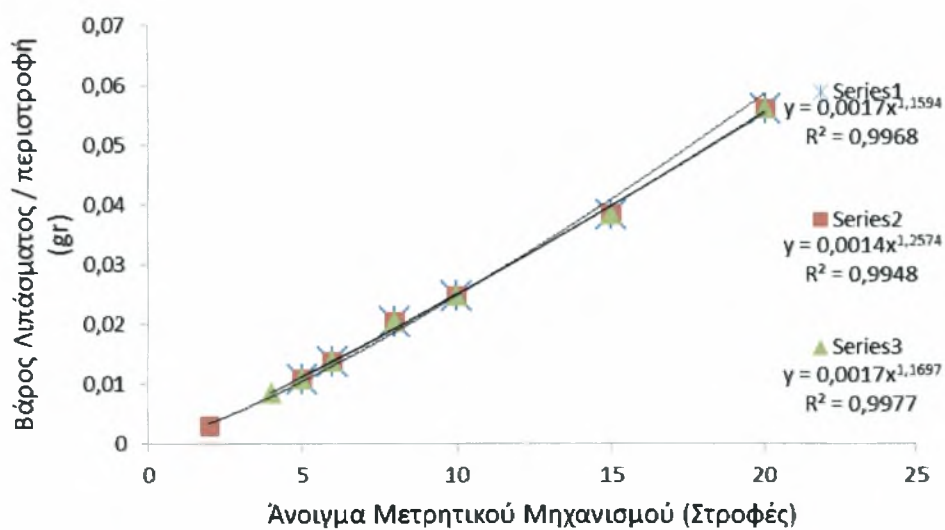


20-10-10 [+9 S] (B.Φ.Λ.)

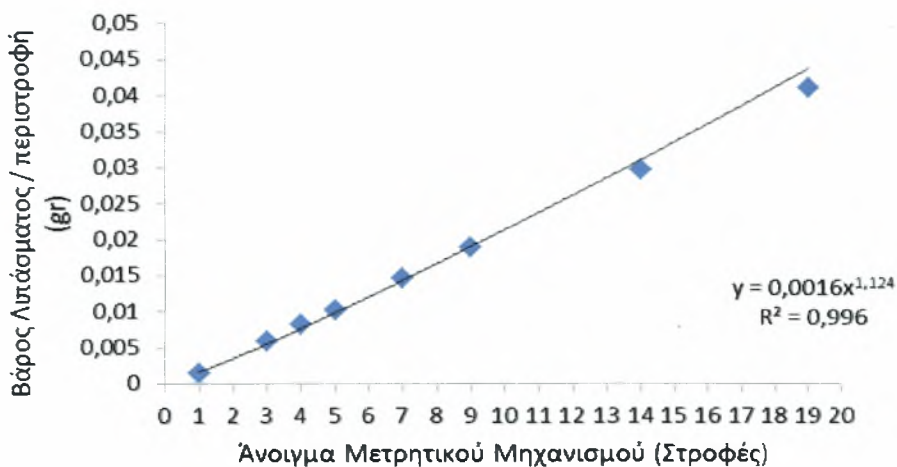
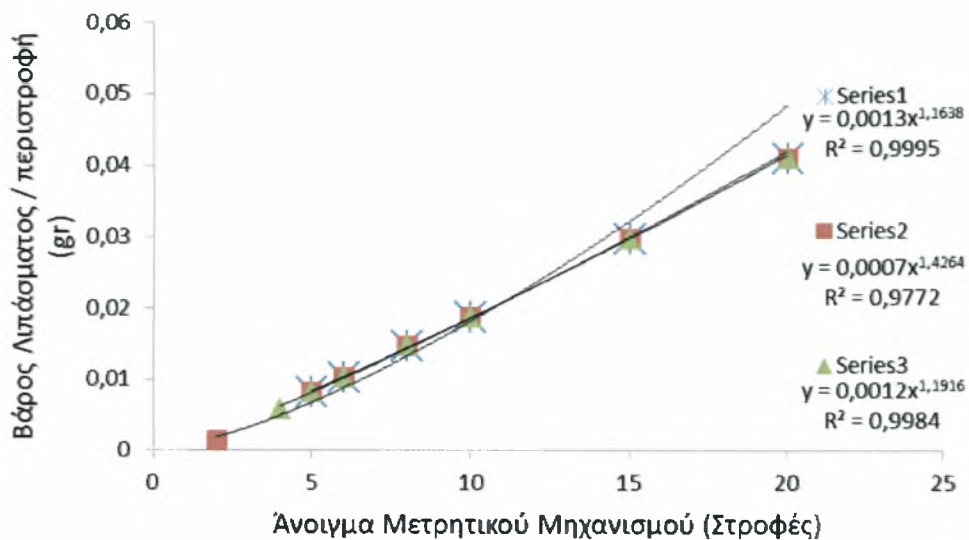




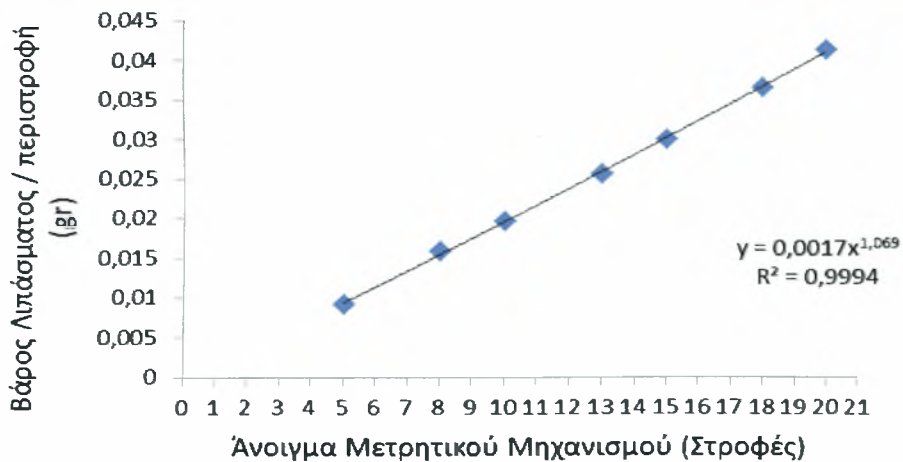
20-20-0 [+2MgO] (hydrostar/YARA)

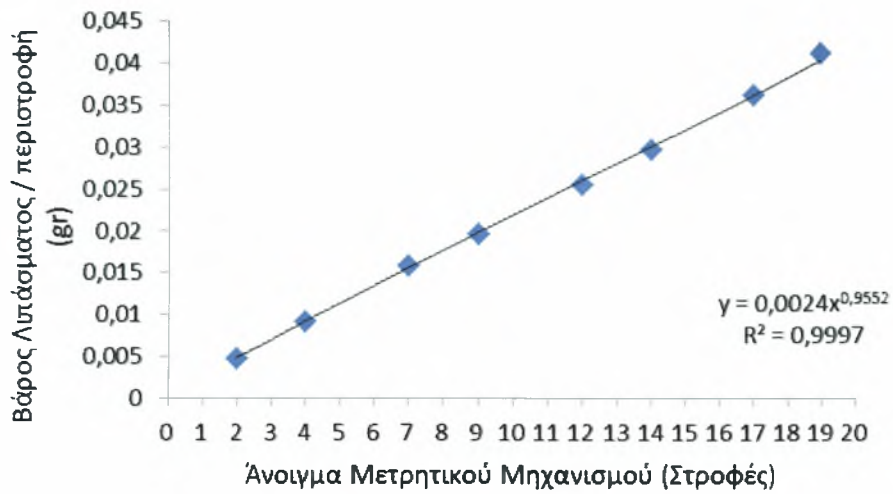


23-0-0

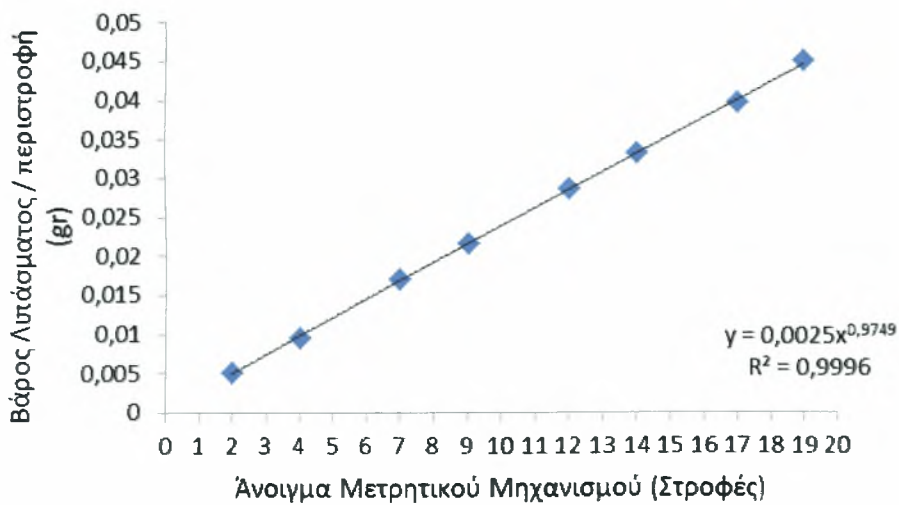
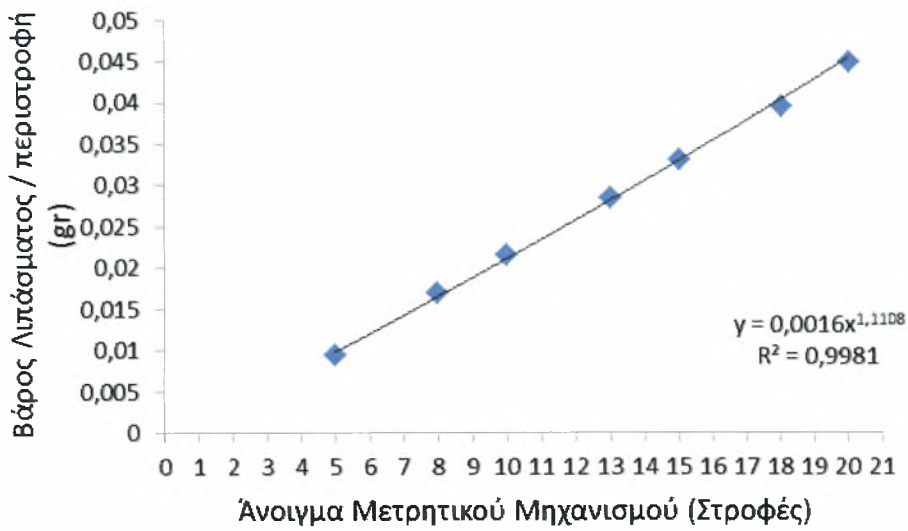


18-7-14

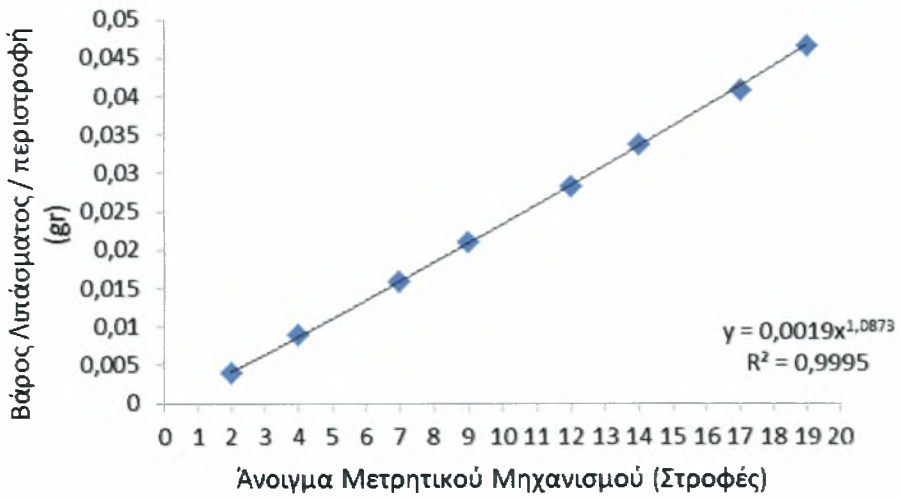
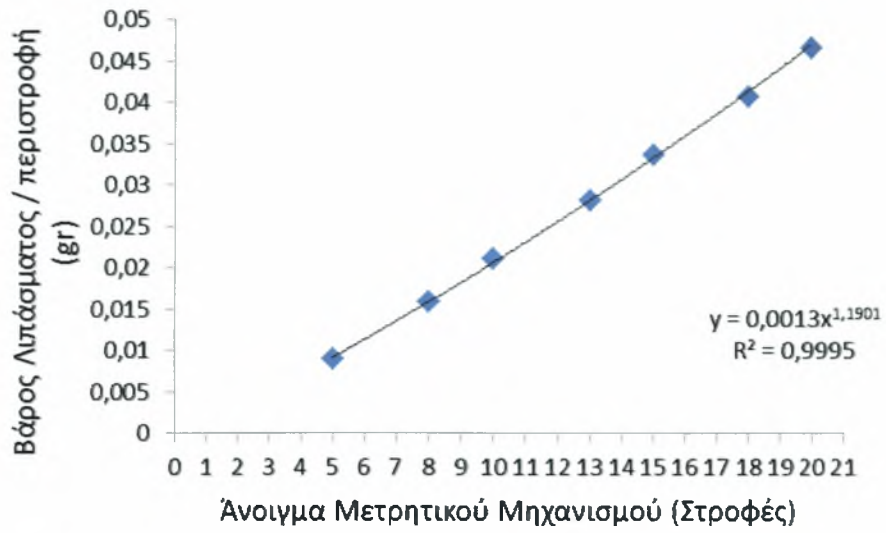




0-46-0



16-20-0 [+S] (europhos)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000108491