

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

6 - 8 Οκτωβρίου 2005



ΠΡΑΚΤΙΚΑ
ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ



ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

Ε.Γ.Μ.Ε.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (Ε.Γ.Μ.Ε.) διανύει τον 13^ο χρόνο ύπαρξής της. Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως “Hellenic Society of Agricultural Engineers” (HelAgEng). Τα τακτικά μέλη της υπερβαίνουν τα 100.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 87 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στην Αθήνα στις 6 και 7 Οκτωβρίου 2005. Για την κρίση των εργασιών αυτών τόσο για ανακοίνωση όσο και για δημοσίευση στα Πρακτικά, εργάστηκαν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής καθώς και άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Το Συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την Επιστημονική πρόοδο και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των εδαφικών και υδάτινων πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, τη συντήρηση και επεξεργασία των γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια και ειδικά τις ανανεώσιμες πηγές της, νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης απέκτησαν γνώσεις και εμπειρία σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού Μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και της Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Αθήνα, Οκτώβριος 2005

Καθηγητής Γρηγ. Π. Λαμπρινός

Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή

Γρ. Λαμπρινός Πρόεδρος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Παπαδάκης Γεν. Γραμματέας Ε.Γ.Μ.Ε.
Λ. Γερονικολού Ταμίας Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Κυριακαράκος Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Παπαγεωργίου Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.
Γ. Ξανθόπουλος Μέλος Ε.Γ.Μ.Ε.

Επιστημονική Επιτροπή

Αγγελίδης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Π.Θ.
Αρβανίτης Κ. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Ασημακόπουλος Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Βαλιάντζας Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Βάλμης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.
Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Κόλλια Β., Καθηγήτρια Γ.Π.Α.
Κοσμάς Κ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Λιακατάς Α. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μαυρογιαννόπουλος Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαδάκης Γ. Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.Γ.Ε.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τσατσarella Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φραγκουδάκης Α. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Χαϊντούτη Κ., Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Ευχαριστίες

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος εκφράζει τις θερμές της ευχαριστίες της στους πενήντα περίπου συναδέλφους που ανέλαβαν το δύσκολο και όχι τόσο ευχάριστο έργο της κρίσης και διόρθωσης των Επιστημονικών Εργασιών του Συνεδρίου, μέσα στο κατακαλόκαιρο θυσιάζοντας πολύτιμο χρόνο και από τις διακοπές τους.

Γρ. Λαμπρινός
Πρόεδρος ΕΓΜΕ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

Blackmore S. Griepentrog H. Kurstjens D. Mohamed E. Mueller J. Pedersen S. Vahdati M. Wembe-Foba-Kue F.F. Αγγελίνας Π. Αγγελοπούλου Α. Ακριτίδης Κ. Αλεξάνδρου Α. Αλεξίου Ι. Αμπατζίδης Γ. Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε. Αναστασίου Α. Αντωνόπουλος Β. Αραβαντινός Ε. Αρβανίτης Κ. Αργυροκαστρίτης Ι. Αργυροπούλου Κ. Αρχοντούλης Σ. Ασημακόπουλος Α. Βαβουλίδου Ε. Βαλιάντζας Ι. Βάλμης Σ. Βαρλάγκας Η. Βασιλάρου Α. Βαφειάδης Δ. Βελιώτης Ι. Βουγιούκας Σ. Γέμτος Θ. Γερωνικολού Λ. Γεωργακάκης Δ. Γεωργακόπουλος Γ. Γεωργίου Π. Γεωργούσης Χ. Γιαλαμάς Θ. Γιαννόπουλος Σ. Γιαννοπούλου Ι. Γιαννούλας Β. Γκαγκάκη Α. Γκούμας Κ. Γράβαλος Ι. Δαναλάτος Ν. Δεδούσης Α. Δέρκας Ν. Δημητριάδης Α. Δημοπούλου Κ. Διαμαντοπούλου Μ. Δουλγέρης Χ. Δραγοΐδου Κ. Δρόσος Β. Ελμαλόγλου Σ.	Ζαβάκος Γ. Ζαλίδης Γ. Ζήσης Θ. Ζουμπανιώτης Α. Θεοχάρης Μ. Ιωσηφίδης Α. Καβαλάρης Χ. Καλαβρουζιώτης Ι. Καλαμπίδης Δ. Καλλιτσάρη Χ. Καλύβας Δ. Καλφούντζος Δ. Καραγιάννης Ε. Καραγιάννης Κ. Καραμούτης Χ. Καραντούνιας Γ. Καραρίζος Π. Κάργας Γ. Κατέρης Δ. Κατσούλας Ν. Καυγά Α. Κερκίδης Π. Κίττας Κ. Κλάδης Γ. Κόκκορα Μ. Κόκκορας Ι. Κόλλια Β. Κουκλίδης Χ. Κούρτης Α. Κουτσοφίτης Ζ. Κουφάκη Α. Κρικοριάν Α. Κυριακαράκος Γ. Κυριακίδης Ν. Κυρίτσης Σ. Κωτσόπουλος Θ. Κωτσόπουλος Σ. Λαμνάτου Χ. Λαμπρινός Γ. Λάμπρου Δ. Λόντρα Π. Λύχνος Γ. Μαθιουλάκης Ε. Μαλάμος Ν. Μαλέτσικα Π. Μανώλης Κ. Μανωλοπούλου Ε. Μαρίτσα Ι. Μαρτζόπουλος Γ. Μητρόπουλος Δ. Μισοπολινός Ν. Μπαλτάς Ε. Μπαμπατζιμόπουλος Χ. Μπαμπίλης Δ. Μπαντή Μ.	Μπαρτζάνας Θ. Μπελεσιώτης Β. Μπουροδήμος Γ. Μπόχτης Δ. Μπριασούλης Δ. Μυγδάκος Ε. Νάνος Γ. Νάτσης Α. Νικήτα- Μαρτζοπούλου Χ. Νικολαΐδης Χ. Ντιούδης Π. Ξανθόπουλος Γ. Ξένος – Κοκολέτσης Π. Οικονόμου Ν. Σούλης Κ. Πανώρας Α. Παπαγιαννοπούλου Α. Παπαδάκης Γ. Παπαθανασίου Ι. Παπαϊωάννου Χ. Παπαμιχαήλ Δ. Παρισόπουλος Γ. Παστρωμάς Γ. Πατεράκη Π. Ράππος Ε. Ράπτης Ι. Ρήγκου Μ. Ροζάκης Σ. Σάββας Δ. Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ. Σακκάς Χ. Σαπουνάς Α. Σεραφείμ Γ. Σερσελούδης Χ. Σιώμος Α. Σουλιώτης Μ. Σταυρινός Ε. Συγριμής Ν. Συκιώτης Ι. Ταμβακίδης Σ. Τερζίδης Γ. Τζιμόπουλος Χ. Τριαντακωνσταντής Δ. Τρυπαναγνωστόπουλος Ι. Τσάκαλος Α. Τσατσαρέλης Κ. Τσιτσιπής Ι. Φασουλή Β. Φιλίντας Α. Φουντάς Σ. Χαλούλης Ι. Χατζής Ε. Χατζησπύρογλου Ι. Χριστοπούλου Ν.
--	--	--

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΦΥΓΡΑΝΣΗ	
Θ. Μπαρτζάνας, Κ. Κίττας.....	1
ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ FRESNEL	
Μ. Σουλιώτης, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος, Α. Καυγά.....	10
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΧΤΥΩΝ ΕΝΤΟΜΟΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ	
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας.....	19
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΥΚΑΜΠΤΩΝ ΧΑΜΗΛΩΝ ΤΟΥΝΕΛ ΜΕ ΒΙΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΑ ΦΥΛΛΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	
Δημήτρης Μπριασούλης.....	28
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	
Νικόλαος Κατσούλας, Κωνσταντίνος Κίττας.....	38
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ: ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΥΡΒΗΣ.	
Α. Σαπουνάς, Θ. Μπαρτζάνας, Χ. Νικήτα – Μαρτζοπούλου, Κ. Κίττας.....	48
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΣΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΟΛΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	
Ν. Οικονόμου, Γρ. Λαμπρινός.....	57
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΡΠΩΝ ΤΟΜΑΤΑΣ	
Π. Μαλέτσικα, Χ. Παπαϊωάννου, Α. Σιώμος, Κ. Κίττας.....	65

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

I. Γράβαλος, I. Ράπτης, Δ. Κατέρης, I. Βελιώτης, Γ. Σεραφείμ.....	71
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ	
Θ.Α. Γιαλαμάς, I.Γ. Γράβαλος, Α.Θ. Φιλίντας, Ζ.Ι.Κουτσοφίτης.....	80
ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟ-ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	
Σ. Φουντάς, S. Pedersen, S. Blackmore, Θ. Γέμτος.....	89
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ Ν. ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	
Γ. Παστρωμάς, I. Καλαβρουζιώτης, Α.Νάτσης.....	98
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Χ. Καβαλάρης, Ε. Μυγδάκος, Θ.Α. Γέμτος.....	107
ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
I. Παπαθανασίου, Χρ. Καραμούτης, Θ.Α. Γέμτος.....	116
ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΝΤΕ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	
Α. Αγγελοπούλου, Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Ε. Βαβουλίδου, Θ. Γέμτος.....	125
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΑΠΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΘΡΑΥΣΤΩΝ	
Γεώργιος Α. Καραντούνιας, Γεώργιος Δ. Κυριακαράκος.....	134
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΣΠΟΡΟΚΛΙΝΗΣ	
Χ. Καβαλάρης, Α. Αλεξάνδρου, Θ.Α. Γέμτος.....	142
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ	
Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Δ. Παπαμιχαήλ, Θ.Α. Γέμτος.....	151
Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΣΤΟ ΔΕΙΚΤΗ Β ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Κρικοριάν Α., Νάτσης Α, Αργυροκαστρίτης I, Βάλμης Σ.....	159
ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	
Α.Π. Δεδούσης, D. Kurstjens, J. Mueller.....	167
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	

ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΛΩΡΙΔΕΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ	
Θ.Α. Γέμτος, Χρ. Καβαλάρης, Χρ. Καραμούτης.....	176
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ι. Ράπτης, Δ. Κατέρης.....	185

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΟΙΡΟΣΤΑΣΙΩΝ	
Ταμβακίδης Στέλιος, Κουκλίδης Χαράλαμπος, Μαρτζόπουλος Γεράσιμος.....	194
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ CO ₂	
Βαφειάδης Δ., Κωτσόπουλος Θ., Νικήτα- Μαρτζοπούλου Χ.....	203
ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΠΟΣΤΑΚΤΗΡΩΝ	
Χρυσοβαλάντου Λαμνάτου, Γεώργιος Παπαδάκης, Στυλιανός Ροζάκης.....	211
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΤΟΥ Η ₂ ΩΣ ΜΕΣΟ ΕΠΟΧΙΑΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
Γ. Κυριακαράκος, Γ. Παπαδάκης.....	220
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΝΟΣ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ	
Essam Sh. Mohamed, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης, Β. Μπελεσιώτης.....	231
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΑΓΕΛΑΔΩΝ	
Κωτσόπουλος Θ., Βαφειάδης Δ., Μαρτζόπουλος Γ.....	240
ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΥΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΣΩ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	
Γ. Κυριακαράκος, Γ. Παπαδάκης.....	248
ΝΕΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	
Λουκία Γερονικολού, Σπύρος Κυρίτσης.....	258
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΛΑΔΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ	
Λ. Γερονικολού, Ν. Δαναλάτος, Σ. Αρχοντούλης, Γ. Παπαδάκης.....	268
ΑΠΟΣΤΑΞΗ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΗ	
Γ. Λύχνος, Γ. Λαμπρινός, Μ. Μ. Vahdati.....	279
Ο ΝΟΜΟΣ 3175/2003 ΩΣ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	

A. Στοϊμενίδης, Γ. Μαρτζόπουλος.....	289
--------------------------------------	-----

ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗ- ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΑΣΦΑΛΕΙΑ

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ-ΝΕΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΜΙΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	
A. Παπαγιαννοπούλου, Χ. Σακκάς, Γ. Κλάδης, Γ. Παρισόπουλος.....	296
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ 6 ΤΟΥ ΟΕCD ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΔΑΣΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΡΗΣΗΣ	
A. Ζουμπανιώτης, Α. Νάτσης, Γ. Παπαδάκης, Χ. Σερσελούδης.....	305
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι.Α. Χαλούλης, Ζ.Ι. Κουτσοφίτης, Α.Θ. Φιλίντας, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Α.Η. Τσάκαλος, Κ.Η. Μανώλης.....	318
ΨΕΚΑΣΤΙΚΑ: ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ	327
Νικολαΐδης Χ.Π., Θ.Α. Γέμτος, Ι.Α. Τσιτσιπής.....	
ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΧΩΡΕΣ – ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ & ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	
Χ. Σακκάς, Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος.....	336
ΤΟ ΓΕΩΡΓΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ Η ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ	
Γ. Γεωργακόπουλος.....	346
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙΝΟΥΡΓΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	
Γ. Μπουροδήμος, Α. Παπαγιαννοπούλου, Π. Αγγελίνας, Χ. Σακκάς, Γ. Παρισόπουλος.....	350

ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΤΗΣ ΔΑΔΙΑΣ ΕΒΡΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Γ.Π.Σ.	
Δ. Π. Τριαντακωνσταντής, Β. Ι. Κόλλια, Δ. Π. Καλύβας.....	359
ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΣΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΕΙΩΝ ΑΥΓΟΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
Κ. Αργυροπούλου, Νικολ. Χριστοπούλου, F.F. Wembe-Foba-Kue, Δ. Γεωργακάκης.....	369
Η ΕΚΠΛΥΣΗ ΤΩΝ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ Π. ΣΤΡΥΜΩΝΑ- ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	
Ε. Σταυρινός.....	380
Ο ΤΑΡΑΤΣΟΚΗΠΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟΝ ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	
Δ. Ι. Μπαμπίλης, Π. Λόντρα.....	388
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ G.P.S. ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	
Καραγιάννης Ευάγγελος, Καραρίζος Πλούταρχος, Δρόσος Βασίλειος, Γιαννούλας Βασίλειος.....	394
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ	
Ε. Ράππος, Α. Αγγελοπούλου, Ι. Παπαθανασίου, Θ.Α. Γέμτος, Γ. Νάνος.....	403
ΑΚΡΙΒΗΣ ΚΑΙ ΑΔΙΑΛΕΙΠΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ KALMAN	
Αμπατζίδης Γ., Βουγιούκας Σ., Blackmore B.S.....	412
ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	
Καραρίζος Πλούταρχος Καραγιάννης Ευάγγελος, Δρόσος Βασίλειος, Γιαννούλας Βασίλειος.....	421
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ ΜΕΣΑ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ - ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΔΡΟΜΩΝ	
Βασίλειος Κ. Δρόσος, Βασίλειος Ι. Γιαννούλας, Ευάγγελος Α. Καραγιάννης, Πλούταρχος Β. Καραρίζος.....	429
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	
Βουγιούκας, Σ., Blackmore, Σ., Griepentrog, H., Φουντάς, Σ.....	438
ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ	
Ευάγγελος Μπαλτάς.....	447
HORTIMED-DSS ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	
Α. Αναστασίου, Δ. Σάββας, Κ.Αρβανίτης, Ν. Συγριμής.....	457
ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	

Δ. Λάμπρου, Α. Αναστασίου, Η. Βαρλάγκας, Κ. Αρβανίτης, Ν. Συγριμής.....	467
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΛΛΑΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΕ ΕΝΑ ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΟ Γ.Π.Σ.	
Δ. Π. Τριαντακωνσταντής, Β. Ι. Κόλλια, Δ. Π. Καλύβας.....	476

ΕΝΟΤΗΤΑ 6:

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ - ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΕΙΣΟΔΟ ΞΗΡΑΝΤΗΡΑ	
Δ. Μπόχτης, Σ. Βουγιούκας, Κ. Ακριτίδης.....	489
ΕΛΑΧΙΣΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΚΛΥΟΜΕΝΟ CO ₂ , ΜΗΛΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	
Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός.....	499
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ ΣΕ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΑΚΧΑΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA.	
Δ. Μητρόπουλος, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός.....	508
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΟΜΜΕΝΟΥ ΕΤΟΙΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	
Ι. Μαρίτσα, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός.....	516
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΜΗΛΩΝ DELICIOUS PILAFA ΚΑΙ GRANNY SMITH ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥΣ.	
Δ. Μητρόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Ε. Αραβαντινός.....	526
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΣΥΚΩΝ ΣΕ ΜΟΝΗ ΣΤΡΩΣΗ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	
Γ. Ξανθόπουλος, Ν. Οικονόμου, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός.....	535
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΜΩΛΩΠΙΣΜΟ ΤΡΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΜΗΛΩΝ	545
Χ. Παπαϊωάννου, Μ. Κόκκορα, Π. Ντιούδης, Ι. Κόκκορας.....	
ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟΥ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΣΕ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗ ΜΕ ΨΥΞΗ ΠΙΠΕΡΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ	
Α. Κουφάκη, Ε. Μανωλοπούλου.....	552
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΜΑΝΤΑΡΙΝΙΟΥ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ “ENCORE”	
Γ. Λύχκος, Γ. Λαμπρινός, Ε. Μανωλοπούλου, Ι. Συκιώτης.....	561
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ	

ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΥΚΩΝ	
N. Οικονόμου, Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός.....	571
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	
Ε. Χατζής, Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Α. Κούρτης.....	580
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΞΗΡΑΝΣΗΣ ΜΑΝΙΤΑΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΥ ΑΤΜΟΥ	
Αυγερινός Ν. Δημητριάδης.....	588
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΛΕΜΟΝΙΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ “ΜΑΓΛΗΝΟ”	
Α.-Μ. Βασιλάρου, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός.....	598
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΟΛΥΔΥΝΑΜΟΥ ΨΥΓΕΙΟΥ	
Ε. Χατζής, Π. Ξένος – Κοκολέτσης, Γρ. Λαμπρινός.....	606
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΡΕΠΤΟΥ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ	
Μ. Ρήγκου, Δ. Μητρόπουλος, Π. Πατεράκη, Γ. Λαμπρινός.....	614

ΕΝΟΤΗΤΑ 7^η ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΙΚΡΟΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΚΛΙΝΗ ΕΔΑΦΗ	
Ι.Δ.Βαλιάντζας, Α.Ασημακόπουλος, Ν.Δέρκας, Κ.Σούλης.....	624
ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	
Μ. Θεοχάρης, Χ. Τζιμόπουλος, Σ. Γιαννόπουλος, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη.....	640
ΑΡΔΕΥΣΗ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΤΑΓΟΝΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΝΕΡΟΥ	
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Δημοπούλου	650
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.	
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Δημοπούλου	658
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΤΟΜΩΝ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΚΛΥΣΗ ΕΔΑΦΩΝ	
Κάργας Γ., Αργυροκαστρίτης Ι., Π. Κερκίδης.....	667
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΛΙΒΑΔΙΟΥ Ν. ΛΑΡΙΣΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ	
Δ. Καλφούντζος, Γ. Ζαβάκος, Ι. Καλαβρουζιώτης, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος , Κ. Γκούμας, Κ. Δραγοΐδου.....	677
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΒΑΘΟΥΣ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΥΠΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΠΗΓΗ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΑΠΝΟΗ	
Νικόλαος Μαλάμος, Σταμάτης Ελμαλόγλου.....	687
ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΣΥΛΛΟΓΙΚΩΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ-ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΗΛΕΙΑΣ	
Αικ. Γκαγκάκη, Ν.Δέρκας, Γ.Καραντούνιας.....	700
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	
Χ. Καλλιτσάρη, Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος, Α.Πανώρας, Δ.Καλαμπίδης.....	711
ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΕΛΑΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΛΩΡΙΔΕΣ	
Ιωάννης Ι. Χατζησπύρογλου, Ευαγγελία Αναστασιάδου-Παρθενίου.....	721
ΡΗΤΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΖΥΓΩΝ ΒΑΘΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ ΣΕ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ	
Γεώργιος Α. Τερζίδης, Μαρία Δ. Μπαντή.....	731
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΟΛΒΗΣ	
Ι. Γιαννοπούλου, Δ. Παπαμιχαήλ, Β. Αντωνόπουλος.....	740
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΟΛΥΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΗΣ Β. ΕΛΛΑΔΑΣ	

Μαρία Ι. Διαμαντοπούλου, Βασίλειος Ζ. Αντωνόπουλος.....	750
ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	
Κυριακίδης Ι.Ν., Γ. Ζαλίδης, Β. Ζ. Αντωνόπουλος, Ν. Μισοπολινός.....	760
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΙΑΙΩΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΘΕΙΣΑΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗΣ ΔΙΧΜΗΣ ΜΙΑΣ ΡΑΓΔΑΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ	
Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ, Δ. Ν. Καραμούζης.....	773
ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΣΥΜΒΑΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΑΛΥΣΙΔΩΝ MARKOV	
Π. Ε. Γεωργίου, Δ. Μ. Παπαμιχαήλ.....	782
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΕΚΡΟΗΣ ΤΟΥ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥΣ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ	
Χ. Δουλγέρης, Θ. Ζήσης.....	792
ΕΝΔΟΔΑΣΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΑ ΕΔΑΦΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ	
Καραγιάννης Κωνσταντίνος.....	801
ΤΟ ΥΣΤΕΡΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ PARLANGE . ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ	
Κάργας Γ., Φασουλή Β., Κερκίδης Π., Ι. Αργυροκαστρίτης.....	810

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

**Ι. ΓΡΑΒΑΛΟΣ, Ι. ΡΑΠΤΗΣ, Δ. ΚΑΤΕΡΗΣ,
Ι. ΒΕΛΙΩΤΗΣ, Γ. ΣΕΡΑΦΕΙΜ**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 411 10, Λάρισα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η απώλεια υδραυλικής ισχύος είναι από τις σημαντικότερες βλάβες του υδραυλικού συστήματος, που οφείλεται στη φθορά των επιμέρους εξαρτημάτων της αντλίας. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης τεχνικών παραμέτρων όπως είναι η πραγματική παροχή της αντλίας, η πίεση και η θερμοκρασία του λαδιού. Η συσκευή αυτή αποτελείται από έναν υδραυλικό κινητήρα, μία ταχομετρική γεννήτρια και μία σειρά άλλων συμπληρωματικών εξαρτημάτων, που επιτρέπουν την απευθείας σύνδεσή της με το εξωτερικό υδραυλικό κύκλωμα του ελκυστήρα. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη μέθοδο αξιολόγησης της τεχνικής κατάστασης της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

A DIAGNOSIS DEVICE FOR APPRECIATING THE TECHNICAL CONDITION OF THE HYDRAULIC PUMP OF AGRICULTURAL TRACTORS

**I. GRAVALOS, I. RAPTIS, D. KATERIS
I. VELIOTIS, G. SERAFIM**

Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.

ABSTRACT

The hydraulic power loss is one of the significant failures of the hydraulic system, caused by the wear of pump components. For this reason a measuring device of the technical parameters such as pump delivery, oil pressure and temperature, has been developed. This device is composed by a hydraulic motor, a tachogenerator and other complementary components and is connected to the external hydraulic circuit of the tractor. It is a non-contact, simple, quick and reliable method for appreciating the technical condition of the hydraulic pump of agricultural tractors.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι βλάβες του υδραυλικού συστήματος είναι από τις πλέον συνηθισμένες βλάβες των γεωργικών ελκυστήρων. Βλάβη του υδραυλικού συστήματος είναι κάθε συμβάν που έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του. Σύμφωνα με τους Μαυρίδη [1] και Kerper et al. [2], η ανεύρεση των βλαβών θα πρέπει να βασίζεται σε μία λογική ανάλυση, που να οδηγεί σε χρήσιμα και γρήγορα συμπεράσματα.

Οι κατασκευαστές γεωργικών ελκυστήρων, για να βοηθήσουν στην ανεύρεση των βλαβών, συμπεριλαμβάνουν διαγνωστικούς πίνακες στα εγχειρίδια επισκευών τους [3], [4]. Η κωδικοποίηση των βλαβών γίνεται συνήθως με τον ακόλουθο τρόπο:

➤ Ακίνητοποίηση της ανάρτησης τριών σημείων. Πιθανά αίτια, η ύπαρξη ξένων σωματιδίων στη βαλβίδα κατευθύνσεως ή εμπλοκή του συστήματος αυτόματης ρύθμισης.

➤ Το υδραυλικό κύκλωμα δε διασφαλίζει την απαιτούμενη ταχύτητα στους βραχίονες ανύψωσης. Πιθανά αίτια, η φθορά της αντλίας ή κακή στεγανότητα του κυκλώματος.

➤ Η ανυψωτική ικανότητα είναι μικρότερη της προβλεπόμενης. Πιθανά αίτια, η μειωμένη απόδοση της αντλίας ή εσφαλμένη ρύθμιση της βαλβίδας ανακουφίσεως.

Ένα δεύτερο βοήθημα για τον εντοπισμό των βλαβών αποτελούν οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι [5], [6], [7]. Στο ολοκληρωμένο διάγραμμα ροής της ακολουθούμενης διαγνωστικής διαδικασίας για το υδραυλικό κύκλωμα των γεωργικών ελκυστήρων περιλαμβάνονται: τα βήματα (1, 2), με τα οποία ελέγχεται η κατάσταση του υδραυλικού ρευστού, τα βήματα (3 ÷ 7), με τα οποία γίνεται έλεγχος και αποκαθίστανται τα φθαρμένα μηχανικά στοιχεία, τα βήματα (8 ÷ 14), με τα οποία πραγματοποιείται έλεγχος του υδραυλικού κυκλώματος και το βήμα (15), με το οποίο γίνεται ο τελικός έλεγχος της λειτουργίας του συστήματος ανάρτησης τριών σημείων. Πρόκειται για την κωδικοποίηση λογικών ενεργειών που απαιτούνται στην ανεύρεση των βλαβών [8], [9].

Τα τελευταία χρόνια, για την ανεύρεση των βλαβών, χρησιμοποιήθηκαν έμπειρα συστήματα (expert systems) [10], [11]. Τα έμπειρα συστήματα αποτελούν ένα πολύτιμο εργαλείο γρήγορων και αποτελεσματικών αποφάσεων για την επίλυση τεχνικών προβλημάτων, που μειώνουν σημαντικά το κόστος των επισκευών. Η δημιουργία βάσης γνώσης είναι μία σύνθετη διαδικασία, που βασίζεται στη συλλογή γνώσεων από ειδικούς και την κωδικοποίησή τους ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το έμπειρο σύστημα. Ένα έμπειρο σύστημα ανεύρεσης βλαβών του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων παρουσιάζεται από τους Gaultney et al. [12], του οποίου η βάση γνώσης υλοποιήθηκε σύμφωνα με τα τεχνικά εγχειρίδια του κατασκευαστή, ως μία ακολουθία από 56 διαγνωστικά βήματα.

Τα ανωτέρω βοηθήματα απευθύνονται κυρίως σε εξειδικευμένους μηχανικούς. Για το λόγο αυτό στην πράξη η συνηθέστερη μέθοδος που συναντά κάποιος είναι η αντικατάσταση των ύποπτων στοιχείων του υδραυλικού συστήματος και η εκτέλεση δοκιμών έως ότου εντοπιστεί η πραγματική αιτία του προβλήματος [13], [1].

Στην παρούσα εργασία, για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων που να αφορούν την τεχνική κατάσταση του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων, προτείνεται η μέτρηση βασικών παραμέτρων του, όπως είναι: η παροχή της αντλίας Q [$\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$], η πίεση του υδραυλικού ρευστού p [MPa], η θερμοκρασία του υδραυλικού ρευστού T [$^{\circ}\text{C}$] και η ανυψωτική ικανότητα F_z [N]. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής της αντλίας, της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη διαγνωστική μέθοδο αξιολόγησης της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, η οποία σε συνδυασμό με ένα δυναμόμετρο μέτρησης της ανυψωτικής δύναμης

θα μπορούσε να δώσει μία συνολική εικόνα της κατάστασης του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

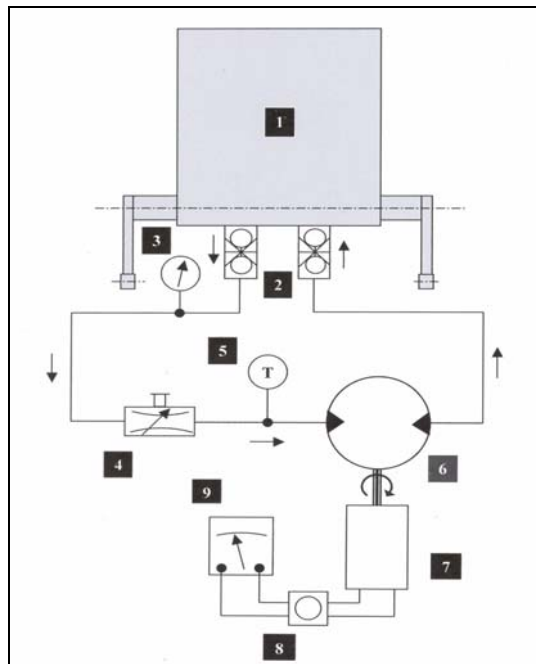
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η απώλεια υδραυλικής ισχύος είναι από τις σημαντικότερες βλάβες του υδραυλικού συστήματος, που οφείλεται στη φθορά των επιμέρους εξαρτημάτων της αντλίας. Με την προϋπόθεση ότι η βαλβίδα κατευθύνσεως του υδραυλικού κυκλώματος είναι εντελώς ανοιχτή, ο όγκος του λαδιού στη μονάδα του χρόνου θα πρέπει να ισούται με τη θεωρητική παροχή και επομένως είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας, από τη σχέση:

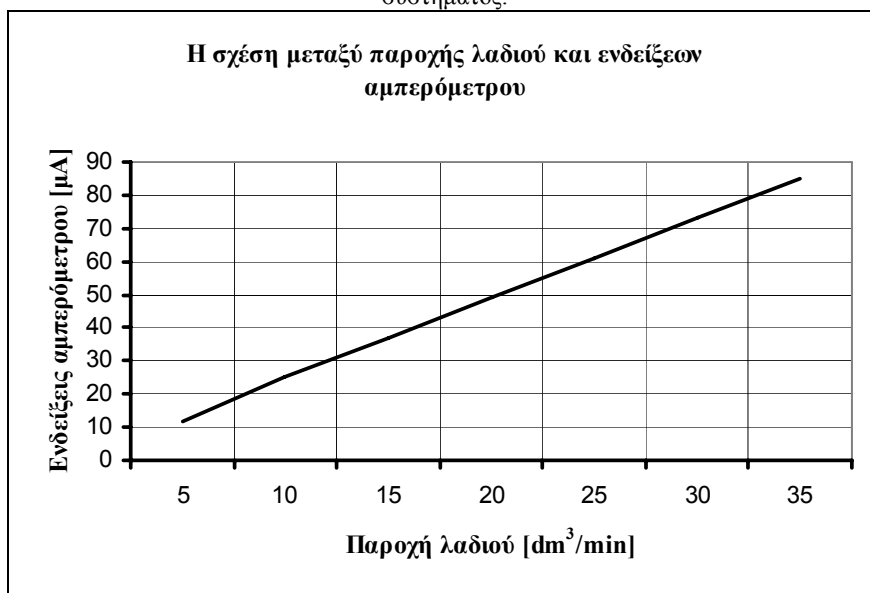
$$P_c = p \cdot (Q_t - Q) \quad \{1\}$$

Όπου: P_c – είναι η απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας [W]. Η τιμή P_c είναι ένα διαγνωστικό σήμα διά του οποίου μπορούμε να αξιολογήσουμε την τεχνική κατάσταση της αντλίας. p – είναι η πίεση του υδραυλικού ρευστού [Pa]. Q_t – είναι η θεωρητική παροχή της αντλίας [$m^3 \cdot s^{-1}$]. Q – είναι η πραγματική παροχή της αντλίας [$m^3 \cdot s^{-1}$].

Συνήθως για τη μέτρηση της παροχής χρησιμοποιούνται διάφορα ροόμετρα, που παρεμβάλλονται στη γραμμή ροής την οποία θέλουμε να μετρήσουμε. Όμως, πρόκειται για μία επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής της αντλίας, της πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού, η οποία παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Η συσκευή αυτή συνδέεται απευθείας στο εξωτερικό κύκλωμα του υδραυλικού συστήματος (1) του γεωργικού ελκυστήρα με τη βοήθεια ταχυσυνδέσμων (2). Πριν την είσοδο του ρευστού μέσου στον υδραυλικό κινητήρα, παρεμβάλλεται μία μεταβλητή στένωση (4), η οποία χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της πίεσης του ρευστού μέσου. Ο υδραυλικός κινητήρας (6) της Riva Calzoni αποτελεί το κυριότερο στοιχείο της συσκευής και συνδέεται διαμέσου ενός μηχανικού συνδέσμου με μία ταχομετρική γεννήτρια (7) της Atlas Elektromotory. Τα δύο αυτά στοιχεία συγκροτούν ουσιαστικά ένα μετατροπέα της υδραυλικής ισχύος σε ηλεκτρικό σήμα. Για την καταγραφή του σήματος χρησιμοποιήθηκε ένα αμπερόμετρο (9) και για να αυξηθεί η περιοχή μέτρησης του βασικού οργάνου συνδέθηκε παράλληλα μία αντίσταση διακλάδωσης (8). Επειδή η υδραυλική ισχύς της αντλίας δεν εξαρτάται μόνο από τη φθορά των εξαρτημάτων της, αλλά σε ένα βαθμό από τη θερμοκρασία και το ιξώδες του ρευστού μέσου, συνδέθηκε στο κύκλωμα ένα θερμόμετρο (5). Η έξοδος της συσκευής δεν δίνει απευθείας την παροχή του λαδιού σε [$dm^3 \cdot min^{-1}$] αλλά σε [μA] και για το λόγο αυτό έγινε βαθμονόμησή της με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού δοχείου. Η σχέση ανάμεσα στα [μA] και την παροχή λαδιού δίνεται με τη χαρακτηριστική καμπύλη του σχήματος 2. Κατά τη διαδικασία μέτρησης παροχής της αντλίας, η πίεση του λαδιού στο υδραυλικό κύκλωμα θα πρέπει να είναι σταθερή περίπου στα 12 MPa και η θερμοκρασία να κυμαίνεται από 40 έως 60 °C. Η μέτρηση θα πρέπει να αρχίζει από τις χαμηλές στροφές του κινητήρα ($600 min^{-1}$) και να επεκτείνεται σταδιακά έως τις ονομαστικές ($2350 min^{-1}$).



Σχήμα 1. Διαγνωστική συσκευή αξιολόγησης της κατάστασης του υδραυλικού συστήματος.



Σχήμα 2. Το διάγραμμα της σχέσεως μεταξύ παροχής λαδιού και ενδείξεων αμπερόμετρου.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα υδραυλικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στα αυτοκινούμενα γεωργικά μηχανήματα είναι παρόμοια με τα συστήματα των βιομηχανικών εφαρμογών, όμως δεν πρέπει να αγνοούμε ορισμένες ιδιαιτερότητές τους, που είναι κατασκευαστικής μορφής. Οι ιδιαιτερότητες αυτές επιβάλλονται από τις ειδικές συνθήκες εργασίας των γεωργικών μηχανημάτων. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται στα γεωργικά μηχανήματα, λόγω των συνθηκών λειτουργίας, απαιτούν αντοχή σε αυξομειώσεις της πίεσεως, αντοχή στα κρουστικά κύματα και αντοχή στη ρύπανση. Οι στροφές λειτουργίας των αντλιών στα γεωργικά μηχανήματα ποικίλουν από $500 \div 600 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ έως $2500 \div 3000 \text{ [min}^{-1}\text{]}$, ενώ οι πιέσεις συχνά φθάνουν τα $18 \div 20 \text{ MPa}$. Πρόκειται για υδραυλικές αντλίες οδοντωτού τύπου, που η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μεταφορά του ρευστού μέσου μεταξύ δύο οδοντωτών τροχών. Ο ένας από τους δύο οδοντωτούς τροχούς συνδέεται με τον κινητήριο άξονα. Οι χώροι καταθλίψεως που δημιουργούνται μεταξύ των δοντιών περικλείονται από το σώμα της αντλίας. Η αντλία οδοντωτού τύπου είναι αντλία κυρίως μικρών και μεσαίων παροχών. Η ικανότητά της να παρουσιάζει ανοχή σε ρευστό μέσο που δεν είναι απόλυτα καθαρό και σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος την καθιστούν ιδανική για τα γεωργικά μηχανήματα.

Για την πειραματική επαλήθευση της διαγνωστικής συσκευής χρησιμοποιήθηκαν 20 γεωργικοί ελκυστήρες του οίκου Same Deutz-Fahr Group. Ο καθένας από τους ελκυστήρες αυτούς είχε διαφορετικές ώρες λειτουργίας, κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργασίας. Πρόκειται για ελκυστήρες Lamborghini 674-70 και 774-80 της σειράς Grand Prix με τελική ισχύ 51.4 και 58.8 kW αντιστοίχως. Και οι δύο τύποι ελκυστήρων διαθέτουν υδραυλικό σύστημα με αντλία οδοντωτού τύπου του οίκου Bosch, με μέγιστη παροχή λαδιού $33 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, ανυψωτική ικανότητα 2944 και 3080 kg αντιστοίχως και ανάρτηση τριών σημείων κατηγορίας II. Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης διαγνωστικού ελέγχου σε ένα υδραυλικό σύστημα θα πρέπει να έχουμε υπόψιν μας τις τεχνικές παραμέτρους του κατασκευαστή. Οι τιμές των παραμέτρων του συγκεκριμένου υδραυλικού κυκλώματος δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Τεχνικοί παράμετροι υδραυλικού κυκλώματος.

Τεχνικοί παράμετροι υδραυλικής αντλίας					Βαλβίδες ανακούφισης	
Στροφές Κινητήρ. $[\text{min}^{-1}]$	Στροφές Αντλίας $[\text{min}^{-1}]$	Παροχή Λαδιού $[\text{dm}^3/\text{min}]$	Πίεση Λαδιού $[\text{MPa}]$	Θερμοκρ. Λαδιού $[\text{°C}]$	Υδραυλ. Αντλίας $[\text{MPa}]$	Υδραυλ. Κινητήρ. $[\text{MPa}]$
600	550	6	12	40	17.5	18
2350	1920	33	12	40	17.5	18

Στη συνέχεια, στον πίνακα 2 δίνονται τα αποτελέσματα των δοκιμών της διαγνωστικής συσκευής. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, γίνεται φανερό ότι η παροχή της αντλίας, ανάλογα με το μέγεθος της φθοράς που παρουσιάζει, κυμαίνεται στις χαμηλές στροφές του κινητήρα από 3.8 έως 6 $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ενώ στις ονομαστικές στροφές από 24.7 έως 33 $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. Επίσης, η θερμοκρασία του λαδιού αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι απώλειες της αντλίας σε ισχύ. Μεγαλύτερες φθορές στη αντλία του υδραυλικού συστήματος παρουσιάζονται κυρίως στους γεωργικούς ελκυστήρες, που εκτελούν εργασίες μηχανικής κατεργασίας του εδάφους. Στην περίπτωση του γεωργικού ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (6), που χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο στη μεταφορά αγροτικών προϊόντων, η αντλία δεν παρουσιάζει απώλειες.

Τα στοιχεία του πίνακα 2, παρουσιάζουν την απόκλιση της παροχής από τις επιθυμητές τιμές, στις χαμηλές και ονομαστικές στροφές. Όμως, για να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, θα πρέπει με τη βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής, να κατασκευάσουμε το διάγραμμα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες παροχής της αντλίας. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ της θεωρητικής και πραγματικής παροχής της αντλίας, για το γεωργικό ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (19), κάτω από σταθερή πίεση 12 MPa του υδραυλικού κυκλώματος. Η τιμή της διαφοράς ΔQ εάν τοποθετηθεί στην ανωτέρω σχέση {1}, δίνει την απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας στις ονομαστικές στροφές του κινητήρα. Είναι λοιπόν φανερό ότι η υδραυλική αντλία του συγκεκριμένου ελκυστήρα παρουσιάζει σημαντική απώλεια ισχύος και για το λόγο αυτό θα πρέπει σύντομα να αντικατασταθεί.

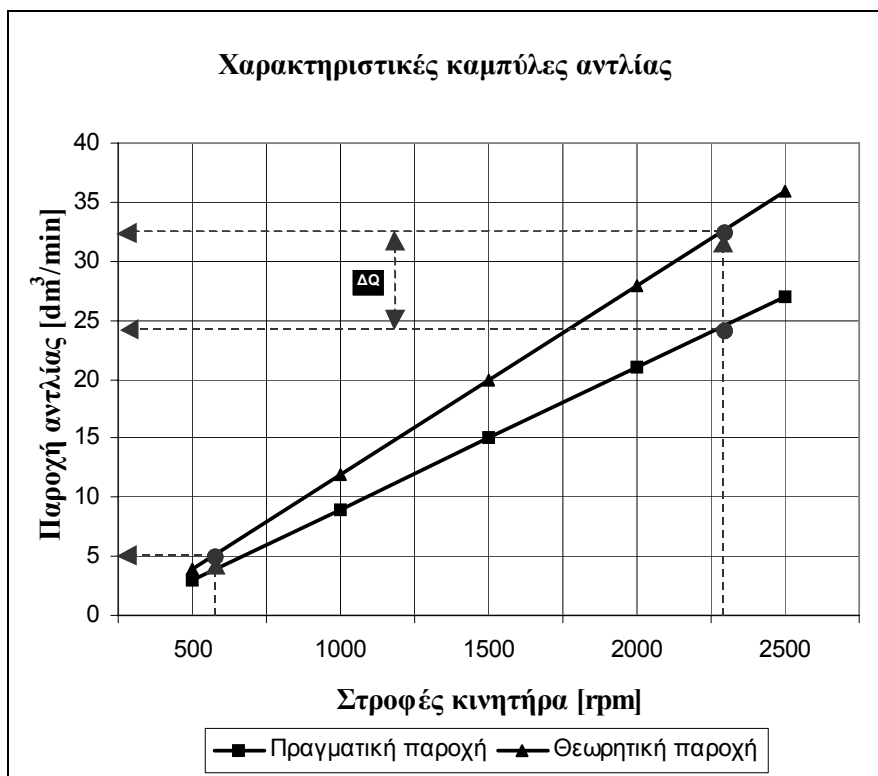
Ο αντικειμενικός σκοπός μας είναι η δημιουργία μίας διαγνωστικής συσκευής, η οποία να είναι όσο το δυνατόν πιο φιλική προς το χρήστη. Γι' αυτό λοιπόν αποφασίστηκε η αντικατάσταση του αρχικού υδραυλικού κινητήρα της Riva Calzoni με έναν άλλο κινητήρα της εταιρείας EATON, ο οποίος προσφέρει τη δυνατότητα της απευθείας προσαρμογής στο σώμα του ενός αισθητήρα ανίχνευσης της ταχύτητας περιστροφής (speed sensor). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι απόλυτα συμβατός με το ηλεκτρικό σύστημα των αυτοκινούμενων οχημάτων και δίνει στην έξοδό του μία παλμοσειρά. Επομένως, είναι αρκετά εύκολο με τη βοήθεια ενός απεριθμητή να μετρηθεί ο αριθμός των παλμών (I) για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Εφόσον είναι γνωστός ο γεωμετρικός όγκος του υδραυλικού κινητήρα (V), δύναται να υπολογιστεί με ακρίβεια η πραγματική παροχή (Q) του, από την ακόλουθη σχέση:

$$Q = I \cdot V \quad \{2\}$$

Τέλος, με τη βοήθεια κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να διαβάζει απευθείας, από το στοιχείο απεικόνισης, την απώλεια υδραυλικής ισχύος της αντλίας. Η απώλεια υδραυλικής ισχύος αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό σήμα για την αξιολόγηση της τεχνικής κατάστασης της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα δοκιμών διαγνωστικής συσκευής.

Α/Α	Τύπος Ελκυστ.	Ωρες Λειτουργ. [mth]	Παροχή λαδιού [dm ³ /min]		Πίεση Λειτουργ. [MPa]	Θερμ. Λαδ. [°C]	Παρατηρ.
			Στροφές κιν. [min ⁻¹]				
			600	2350			
1	L 674-70	558	6	33	12	42	Καινούργ. ελκ.
2	L 674-70	1553	5.9	33	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
3	L 674-70	2155	5.7	32.5	12	43	Διάφ. εργασ.
4	L 674-70	2640	5.0	28	12	46	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
5	L 674-70	2948	5.7	32	12	43	Διάφ. εργασ.
6	L 674-70	3124	5.9	33	12	42	Μεταφ. αγρ. προϊόντων
7	L 674-70	3825	5.2	28.5	12	45	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
8	L 674-70	4220	5.5	31	12	43	Διάφ. εργασ.
9	L 674-70	4757	5.1	28	12	45	Εργασ. κατεργ. εδάφ.
10	L 674-70	5329	5.5	31.5	12	43	Διάφ. εργασ.
11	L 774-80	1123	5.9	32.5	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
12	L 774-80	1689	5.8	32	12	42	Σχετικ. Καινούργ. ελκ.
13	L 774-80	2235	5.6	31.5	12	43	Διάφ. εργασ.
14	L 774-80	2586	5.7	32	12	42	Διάφ. εργασ.
15	L 774-80	3421	5.5	31	12	44	Διάφ. εργασ.
16	L 774-80	3647	5.1	28	12	46	Διάφ. εργασ.
17	L 774-80	4562	5.3	29	12	45	Διάφ. εργασ.
18	L 774-80	4758	5.3	29.5	12	45	Διάφ. εργασ.
19	L 774-80	5315	3.8	24.7	12	50	Εργασ. κατεργ. Εδάφ.
20	L 774-80	7945	5.8	32	12	42	Η αντλία είχε αντικατ.



Σχήμα 3. Σύγκριση των χαρακτηριστικών μεταξύ θεωρητικής και πραγματικής παροχής της αντλίας, του γεωργικού ελκυστήρα με αύξοντα αριθμό (19).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Οι αντλίες είναι το σπουδαιότερο στοιχείο ενός υδραυλικού συστήματος, το πιο ευαίσθητο και το πιο ακριβό. Μία υδραυλική αντλία καταθλίβει θεωρητικώς το μέγιστο ποσό ρευστού, όταν η βαλβίδα κατευθύνσεως είναι εντελώς ανοιχτή. Όμως, στην πραγματικότητα, η παροχή της αντλίας περιορίζεται λόγω φθοράς των επιμέρους στοιχείων της.
2. Η κωδικοποίηση των ενεργειών, που απαιτούνται για την ανεύρεση των διαφόρων βλαβών σε ένα υδραυλικό σύστημα, στην πράξη είναι αρκετά δύσκολη. Οι κατασκευάστριες εταιρείες προτείνουν τη χρήση διαγνωστικών πινάκων και αλγορίθμων. Τα τελευταία χρόνια, για την επίλυση πολύπλοκων τεχνικών προβλημάτων, χρησιμοποιούνται έμπειρα συστήματα, ως ένα εργαλείο γρήγορων και αποτελεσματικών αποφάσεων.
3. Επειδή τα ανωτέρω βοηθήματα απευθύνονται κυρίως σε εξειδικευμένους μηχανικούς, για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων, που να αφορούν την τεχνική κατάσταση της αντλίας του υδραυλικού συστήματος των γεωργικών ελκυστήρων, προτείνεται μία συσκευή μέτρησης της πραγματικής παροχής, της

πίεσης και της θερμοκρασίας του υδραυλικού ρευστού. Πρόκειται για μία μη επεμβατική, απλή, γρήγορη και αξιόπιστη διαγνωστική μέθοδο.

4. Για την πειραματική επαλήθευση αυτής της διαγνωστικής συσκευής χρησιμοποιήθηκαν 20 γεωργικοί ελκυστήρες. Ο καθένας από τους ελκυστήρες αυτούς είχε διαφορετικές ώρες λειτουργίας, κάτω από διαφορετικές συνθήκες εργασίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δοκιμών, γίνεται φανερό ότι η παροχή της αντλίας, ανάλογα με το μέγεθος της φθοράς που παρουσιάζει, κυμαίνεται στις χαμηλές στροφές του κινητήρα από 3.8 έως 6 $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ενώ στις ονομαστικές στροφές από 24.7 έως 33 $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.
5. Για να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα της τεχνικής κατάστασης της αντλίας, θα πρέπει με τη βοήθεια της διαγνωστικής συσκευής, να κατασκευάσουμε το διάγραμμα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες παροχής της αντλίας. Η τιμή της διαφοράς (ΔQ) μεταξύ θεωρητικής και πραγματικής παροχής, επιτρέπει τον προσδιορισμό της απώλειας υδραυλικής ισχύος της αντλίας στις εκάστοτε στροφές του κινητήρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μαυρίδης, Δ., Α., 1987. *Εγχειρίδιο υδραυλικών συστημάτων. Επισκόπηση μίας νέας τεχνολογίας*. Βιομηχανική Τεχνολογία Α.Ε., Αθήνα.
2. Kepner, R., A., Bainer, R., Barger, E., L., 2000. *Principles of Farm Machinery*. CBS Publishers and Distributors. New Delhi.
3. Vickers Systems, 1976. *Trouble Shooting Algorithm*. Havant.
4. Trattori Lamborghini S.p.A., 1992. *Hydraulic Lift System*. Technical Service Literature.
5. Keller, G., 1978. *Hydraulic system analysis*. Cleveland.
6. Janousek, I., Kozak, J., Taraba, O., a kol., 1988. *Technicka Diagnostika*. Nakladatelstvi Technicke Literatury, Praha.
7. Sachenbacher, M., Struss, P., 1997. Fault Isolation in the Hydraulic Circuit of an ABS: A Real-World Reference Problem for Diagnosis. *8th International Workshop on Principles of Diagnosis (DX-97)*. France.
8. Harms, H., H., 1980. Energiesparung durch Systemwahl in der Mobilhydraulik. *VDI-Zeitschrift*, 122/30.
9. Αυγερινός, Γ., 1996. *Υδραυλικό σύστημα και αυτοματισμοί υψηλής πίεσης*. Εκδόσεις Φούντας. Αθήνα.
10. Dressler, O., 1996. On-line Diagnosis and Monitoring of Dynamic Systems based on Qualitative Models and Dependency-based Diagnosis Engines. *In Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-96)*. Budapest.
11. Angeli, C., 1999. *An on-line expert system for fault diagnosis in hydraulic systems*. Expert Systems, Vol. 16, Issue 2, p: 115-123.
12. Gaultney, L., D., Harlow, S., D., Ooms, W., 1989. An expert system for troubleshooting tractor hydraulic systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 3, p: 177-187.
13. Havlicek, J., a kol., 1983. *Provozni spolehlivost stroju*. Statni zemedelske nakladatelstvi, Praha.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

**Θ.Α. Γιαλαμάς¹, Ι.Γ. Γράβαλος¹, Αγ.Θ. Φιλίντας¹, Ζ.Ι.Κουτσοφίτης¹,
Α.Ι.Ιωσηφίδης², Δ.Α. Κατέρης¹, Κ.Α. Τσατσαρέλης²**

¹Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων. Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας. Ανώτατο
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας. Τ.Κ.41110 Λάρισα.

²Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Τμήμα Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης. 54124 Θεσσαλονίκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πειραματική αυτή εργασία γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της στρεπτικής καταπόνησης (πίεσης) του εδάφους, με τη βοήθεια διατμητικού κιβωτίου, με σκοπό την πρόβλεψη των αναπτυσσόμενων διατμητικών δυνάμεων, αλλά και της ολίσθησης που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της έλξης γεωργικών μηχανημάτων, από τους γεωργικούς ελκυστήρες. Ο προσδιορισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους (K) πραγματοποιείται με την εκτέλεση δοκιμών σε εδαφολεκάνη, όπου τοποθετείται έδαφος στο οποίο έχει γίνει προηγουμένως προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας, της μηχανικής σύστασης και του φαινομένου ειδικού βάρους.

Λέξεις κλειδιά: Συντελεστής παραμόρφωσης εδάφους, ολίσθηση.

DETERMINATION OF COEFFICIENT DEFORMATION OF SOIL BY EXPERIMENTAL VEHICLE

**Th.A. Gialamas¹, I.G. Gravalos¹, Ag.Th. Filintas¹, Z.I. Koutsofitis¹,
A.I. Iosifidis², D.L. Kateris¹, K.A. Tsatsarelis²**

¹ Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department
of Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture, Technological
Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece.

² Laboratory for Agricultural Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124
Thessaloniki.

ABSTRACT

In this experimental study the method of torsional stress (pressure) of the soil is applied with the contribution of shearing box, aiming at the prediction of the developing shearing forces and the slipping that is observed during the traction of agricultural machinery, by the tractors. Determination of the distortion coefficient (K) of a specific type of soil is actualized with the implementation of tests in a soil bin where the mechanical constitution, the bulk density and the moisture of the soil is previously specified.

Keywords: Soil deformation Coefficient, slipping.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να προσδιοριστεί ο συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους, το μέγεθος της ελκτικής δύναμης που αναπτύσσει ένας ερπυστριοφόρος γεωργικός ελκυστήρας, η τριβή κύλισης, η ολίσθηση καθώς και να γίνει πρόβλεψη των αναπτυσσόμενων διατμητικών δυνάμεων κατά την εκτέλεση της εργασίας του με παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δοκιμών με πειραματικό όχημα σε εδαφολεκάνη με καθορισμένο έδαφος [4, 6] και με εφαρμογή της μεθόδου της στρεπτικής καταπόνησης (πίεσης) του εδάφους, με τη βοήθεια διατμητικού κιβωτίου [1, 2, 3]. Στο έδαφος γίνεται ανάλυση για τον προσδιορισμό της μηχανικής του σύστασης, του φαινομένου ειδικού βάρους και της περιεχόμενης υγρασίας του [3, 8]. Η πρόβλεψη του μεγέθους της ελκτικής δύναμης σ' ένα ερπυστριοφόρο γεωργικό ελκυστήρα ο οποίος κινείται σε καθορισμένο έδαφος, μπορεί να πραγματοποιηθεί με την μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου [5, 7, 8] και να περιγραφεί από απλές μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες στηρίζονται στις ιδιότητες του εδάφους, με προσδιορισμό της μέγιστης διατμητικής τάσης που εφαρμόστηκε από την σχέση (1), του Coulomb.

$$\tau_m = c_a + \sigma \cdot \tan \varphi \quad (1)$$

όπου: τ_m = μέγιστη διατμητική τάση σε (N/m²), c_a = συντελεστής συνάφειας, σ = αναπτυσσόμενη τάση στο έδαφος από το βάρος του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα, $\tan \varphi$ = συντελεστής τριβής μεταξύ του πέδιλου της ερπύστριας και του εδάφους. Για τον προσδιορισμό της διατμητικής τάσης, χρησιμοποιείται η εξίσωση (2), η οποία είναι εκθετικής μορφής και παρουσιάζει μεγάλη προσέγγιση στα χαρακτηριστικά της δύναμης προς την παραμόρφωση του εδάφους.

$$\tau = \tau_m (1 - e^{-j/K}) \quad (2)$$

όπου : τ_m = μέγιστη διατμητική τάση σε (N/m²), $j = \Delta l / l$ = ανηγμένη μετατόπιση, Δl = μετατόπιση της ερπύστριας λόγω πρόσθετης δύναμης στην έλξη, l = μήκος κίνησης της ερπύστριας και K = συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

Ο προσδιορισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους με τη βοήθεια πειραματικού οχήματος ερπυστριοφόρου γεωργικού ελκυστήρα (γ.ε.), πραγματοποιείται σε μία εδαφολεκάνη η οποία έχει τις εξής διαστάσεις: πλάτος 1,10 m, μήκος 5,00 m, και ύψος 0,30 m. Στην εδαφολεκάνη τοποθετείται εδαφικό υπόστρωμα (έδαφος) στο οποίο πραγματοποιείται ανάλυση για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης του φαινομένου ειδικού βάρους και της περιεχόμενης υγρασίας. Το έδαφος θρυμματίζεται κατάλληλα, τοποθετείται στην εδαφολεκάνη μέχρι ύψος 0,15 m, ισοπεδώνεται και συμπιέζεται με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων πριν από κάθε δοκιμή, ώστε να διατηρηθεί η κατάσταση του σταθερή σ' όλες τις διαδοχικές δοκιμές. Πάνω στο έδαφος τοποθετείται το ομοίωμα ενός πειραματικού ερπυστριοφόρου ελκυστήρα ο οποίος έχει διαστάσεις πλάτος 0,40 m, μήκος 1,05 m, ύψος 0,42 m και κινείται με τη βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα. Το βάρος του είναι 95,0 kg, το ενεργό μήκος των ερπυστριών του είναι 0,54 m και το πλάτος της ερπύστριας είναι 0,10 m. Στο πρόσθιο τμήμα του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα, υπάρχει ειδική μεταλλική βάση για την τοποθέτηση πρόσθετου φορτίου βάρους 8,0 kg. Το φορτίο αυτό έχει την δυνατότητα μετατόπισης



Σχήμα 1. Πειραματικός ερπυστριοφόρος ελκυστήρας κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

σε οριζόντια απόσταση από 0 μέχρι 0,35 m, με σκοπό να μεταβάλλεται η κατανομή της δύναμης πίεσης στον πρόσθιο άξονα της ερπυστρίας κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Ο ερπυστριοφόρος ελκυστήρας φορτίζεται κατά τις δοκιμές, μέσω συστήματος συρματόσχοινου και τροχαλιών, με βάρη από 10 έως 60 Kg. Τα βάρη θεωρούνται ως αντιστάσεις στην κίνηση του, δηλαδή προσομοιάζουν την αντίσταση που εξασκεί το έδαφος στην κίνηση παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων. Στο πίσω μέρος του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα υπάρχει

ειδικός καταγραφικός μηχανισμός. Η καταγραφή βοηθά στον προσδιορισμό της ολίσθησης. Η πρώτη διαδρομή των δοκιμών πραγματοποιείται χωρίς φόρτιση και καταγράφεται το διανυόμενο μήκος. Στις επόμενες διαδρομές τοποθετούνται διαδοχικά βάρη τόσο στο πρόσθιο όσο και στο οπίσθιο μέρος, επιτυγχάνοντας έτσι διαφορετική φόρτιση του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα και καταγράφονται τα διανυόμενα μήκη. Για τον υπολογισμό της σταθεράς K η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η μέθοδος της στρεπτικής πίεσης [1]. Τα όργανα που απαιτούνται είναι: α) ροπόμετρο, β) γωνιόμετρο και γ) το διατμητικό κιβώτιο. Το ροπόμετρο αποτελείται από μια ράβδο κατακόρυφη κυκλικής διατομής η οποία στο ένα άκρο συνδέεται με μια επίπεδη επιφάνεια για την τοποθέτηση των βαρών και μία οριζόντια ράβδο κυκλικής διατομής συνδεδεμένη κάθετα στην κατακόρυφη ράβδο στο επάνω μέρος της. Η οριζόντια ράβδος έχει στο άκρο της προσαρμοσμένο ένα ειδικό δυναμόμετρο και το μήκος της είναι $l = 0,5$ m. Το ροπόμετρο τοποθετείται σε ειδική υποδοχή στο κέντρο του διατμητικού κιβωτίου που είναι τοποθετημένο μέσα στο έδαφος. Η εξωτερική ακτίνα, του διατμητικού κιβωτίου είναι $r_e = 0,077$ m και η εσωτερική ακτίνα του είναι $r_i = 0,062$ m. Το γωνιόμετρο είναι ένας δακτύλιος που προσαρμόζεται περιφερειακά στο διατμητικό κιβώτιο και ανάλογα με τα βάρη που τοποθετούνται στην κατακόρυφη ράβδο καταγράφεται η γωνία στρέψης και η γωνία διάτμησης του εδάφους για την αντίστοιχη δύναμη που φαίνεται στο δυναμόμετρο.

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.

Ο υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K, εξαρτάται από την επιφάνεια επαφής των ερπυστριών και από το έδαφος.

3.1. Υπολογισμός της δύναμης στρέψης συναρτήσει της γωνίας διάτμησης και του κάθετου φορτίου στο διατμητικό κιβώτιο.

Γίνεται εφαρμογή της μεθόδου του διατμητικού κιβωτίου στο έδαφος της εδαφολεκάνης με επαναληπτικές δοκιμές. Τα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων των δοκιμών παρατίθενται στους πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1. Μέτρηση της αναπτυσσόμενης δύναμης στρέψης συναρτήσει της γωνίας διάτμησης και του κάθετου φορτίου στο διατμητικό κιβώτιο.

a/a	Βάρος συσκευής (Kg)	Γωνία A (Θ°)	Δύναμη A (N)	Γωνία B (Θ°)	Δύναμη B (N)
1	22,65	5°	23,544	10°	25,506
2	31,65	5°	24,525	10°	28,449
3	42,65	5°	34,335	10°	39,240
4	53,65	5°	39,240	10°	42,183
5	62,65	5°	43,164	10°	49,050
6	67,65	5°	45,125	10°	47,088

Πίνακας 2. Μέτρηση της γωνίας και της δύναμης διάτμησης στο διατμητικό κιβώτιο.

a/a	Γωνία Γ (Θ°)	Δύναμη Γ (N)	Γωνία Διάτμησης (Θ°)	Δύναμη Διάτμησης (N)	Μέσος Όρος Γωνίας Διάτμησης	Μέσος Όρος Δύναμης Διάτμησης (N)
1	15°	27,468	17°	29,430	18,0°	28,449
			19°	27,468		
2	15°	33,354	20°	34,335	20,0°	34,335
			20°	34,335		
3	15°	43,164	18°	44,145	20,0°	45,616
			22°	47,088		
4	15°	44,145	19°	44,145	20,5°	46,597
			22°	49,050		
5	15°	51,012	22°	53,955	23,5°	56,597
			25°	58,860		
6	15°	52,974	25°	58,860	24,0°	58,860
			23°	58,860		

Στην συνέχεια υπολογίζεται η ροπή (M_D) για κάθε περίπτωση, η ανηγμένη ροπή στρέψης B η οποία δίνεται από την σχέση: $B = M_{Di}/M_{Dmax}$, όπου M_{Di} είναι οι επιμέρους ροπές δοκιμής και M_{Dmax} είναι η μέγιστη ροπή διάτμησης και ο παράγοντας J_θ με την βοήθεια του οποίου μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους K. Όλοι οι προηγούμενοι παράμετροι υπολογίζονται για κάθε ένα από τα φορτία που τοποθετήθηκαν στην έλξη (πίνακας 1). Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στους πίνακες 3, 4 και 5.

Πίνακας 3. Υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K.

A/A	Για $\Theta=5^\circ$ (A)				Για $\Theta=10^\circ$ (B)			
	M_D (Nm)	B	J_θ	K	M_D (Nm)	B	J_θ	K
1	11,772	0,8276	2,50	0,124	12,753	0,8965	3,35	0,185
2	12,262	0,7143	1,75	0,177	14,224	0,8285	2,50	0,248
3	17,177	0,7531	2,00	0,155	19,620	0,8602	2,90	0,213
4	19,620	0,8421	2,65	0,116	21,091	0,9052	3,50	0,177
5	21,582	0,7652	2,05	0,151	24,525	0,8695	2,95	0,210
6	22,563	0,7666	2,05	0,151	23,544	0,8000	2,30	0,269

Πίνακας 4. Υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K, συναρτήσει της μέγιστης γωνίας διάτμησης.

α/α	Για $\Theta=15^\circ$ (Γ)				Για $\Theta=\Gamma$ γωνία Διάτμησης (m)				M.O ki
	M_D (Nm)	B	J_θ	K	M_{Dm} (Nm)	B	J_θ	K	
1	13,734	0,9655	5,35	0,173	14,224	1	10	0,110	0,148
2	16,677	0,9714	5,75	0,161	17,167	1	10	0,124	0,177
3	21,582	0,9424	4,40	0,211	22,808	1	10	0,124	0,175
4	22,725	0,9473	4,45	0,204	23,298	1	10	0,127	0,167
5	25,506	0,9043	3,50	0,265	28,203	1	10	0,146	0,193
6	26,397	0,9000	3,45	0,269	29,430	1	10	0,149	0,209

Πίνακας 5. Αποτελέσματα δοκιμής αντοχής του εδάφους σε διάτμηση με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου

Κάθετα Φορτία (N)	$\Theta=5^\circ$		$\Theta=10^\circ$		$\Theta=15^\circ$		Γωνία διάτμησης	
	T (N/m ²)	J_θ	T (N/m ²)	J_θ	T (N/m ²)	J_θ	T (N/m ²)	$J_{\theta m}$
222,2	2.359,58	2,50	25.562,1	3,35	27.528,4	5,35	28.510,5	10
310,4	24.577,90	1,45	28.510,5	2,50	33.427,3	5,75	34.409,5	10
418,4	34.430,50	2,00	39.326,3	2,90	43.258,9	4,40	45.716,3	10
526,3	39.326,30	2,65	42.275,8	3,50	45.550,0	4,45	46.698,5	10
614,6	43.258,90	2,05	49.157,9	2,95	51.124,2	3,50	56.530,0	10
663,6	45.225,20	2,05	47.191,6	2,30	52.910,1	3,45	58.989,0	10
(N)	Μερικές Δυνάμεις στροφής (N)						Δυνάμεις Διάτμησης	Γωνίες Διατμ.
222,2	23,544		25,506		27,468		28,449	18,0°
310,4	24,525		28,449		33,354		34,335	20,0°
418,4	34,335		39,240		43,164		45,616	20,0°
526,3	39,240		42,183		44,145		46,597	20,5°
614,6	43,164		49,050		51,012		56,407	23,5°
663,6	45,126		47,088		52,974		58,860	24,0°

3.2. Υπολογισμός των δυνάμεων και μετατοπίσεων.

Μετά την προετοιμασία του εδάφους τίθεται σε κίνηση ο ερπυστριοφόρος ελκυστήρας ώστε να κινηθεί στον στίβο της εδαφολεκάνης τρεις έως τέσσερις φορές. Με την διαδικασία αυτή έχουν σχηματιστεί ίχνη στην επιφάνεια του εδάφους που περιέχεται στην εδαφολεκάνη με την μικρότερη οριζόντια παραμόρφωσή του. Αυτό συμβαίνει διότι δεν εφαρμόστηκε φορτίο στην οριζόντια έλξη. Στην συνέχεια καθορίζεται η θέση του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα στην καταγραφική ταινία με ένα σημείο ως σημείο εκκίνησης. Η κίνηση πραγματοποιείται προς τα εμπρός τοποθετώντας φορτίο στην έλξη, το οποίο αυξάνεται κάθε φορά που επαναλαμβάνεται η δοκιμή. Το χρησιμοποιούμενο φορτίο στην έλξη τοποθετείται σε άγκιστρο που βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό δικτυωτό πλαίσιο. Μετά από συγκεκριμένο χρόνο κίνησης $t = 10$ s, ο ερπυστριοφόρος ελκυστήρας ακινητοποιείται και γίνεται η επόμενη δοκιμή. Καθορίζεται η νέα οριζόντια θέση του, με χάραξη ενός σημείου επάνω στην καταγραφική ταινία και γίνεται μέτρηση της απόστασης από το σημείο εκκίνησης, για κάθε επανάληψη της διαδικασίας της δοκιμής. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ερπυστριών και του εδάφους είναι διατμητικές και υπολογίζονται από την σχέση 3:

$$\tau = F/A$$

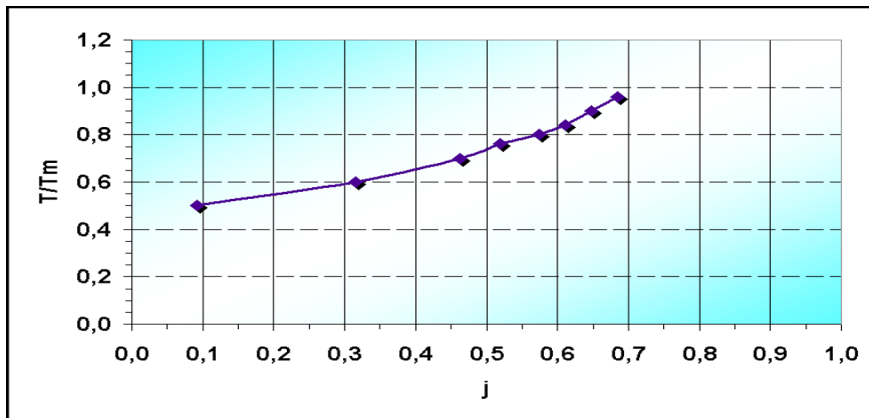
(3)

όπου: τ η διατμητική τάση σε N/m^2 , F η δύναμη έλξεως (N) και A η ενεργός επιφάνεια των ερπυστριών (m) η οποία υπολογίζεται από την σχέση $A=2bL$, όπου b το πλάτος της ερπύστριας ($b=0,10$ m) και L το ενεργό μήκος της ερπύστριας ($L=0,54$ m). Η ανηγμένη μετατόπιση j υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

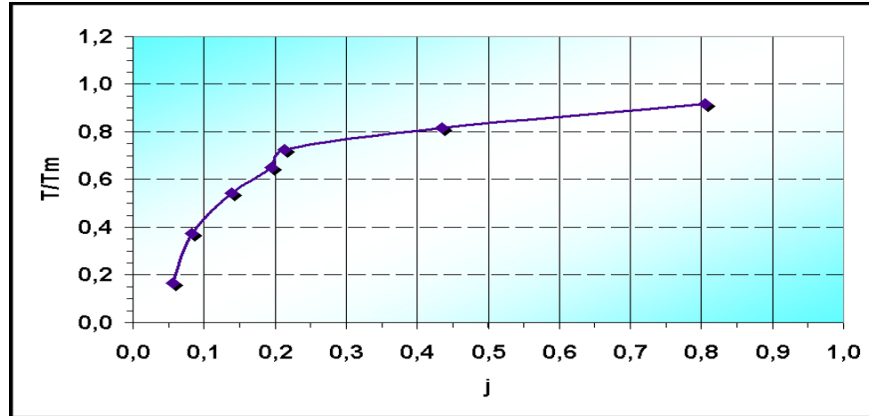
$$j = \Delta/l \quad (4)$$

όπου: Δ/l είναι η ολική μετατόπιση της ερπύστριας λόγω της πρόσθετης δύναμης στην έλξη και l είναι το διανυόμενο ενεργό μήκος της ερπύστριας.

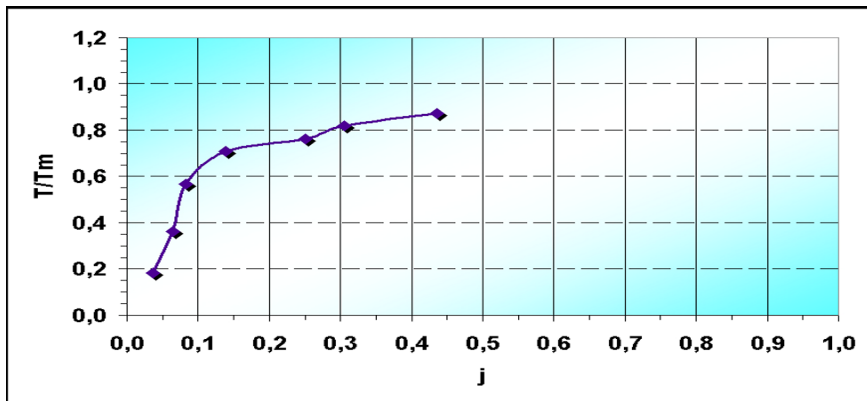
Στα σχήματα 2, 3, 4 και 5 φαίνεται η μεταβολή του λόγου της διατμητικής τάσης (T/T_m) ως προς την ανηγμένη επιμήκυνση j .



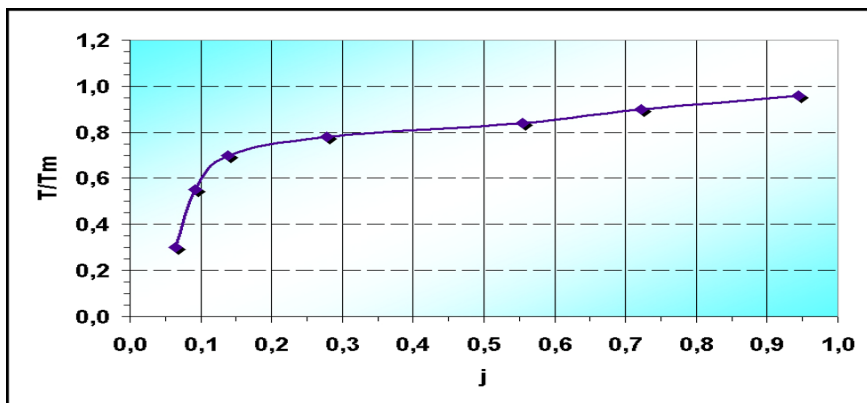
Σχήμα 2. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης χωρίς πρόσθετο κάθετο φορτίο εμπρός και φορτίο στην έλξη.



Σχήμα 3. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κάθετο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,11 m και φορτίο στην έλξη.



Σχήμα 4. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κάθετο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,22 m και φορτίο στην έλξη.



Σχήμα 5. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κάθετο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,33 m και φορτίο στην έλξη.

3.3. Μέτρηση ολίσθησης.

Προσδιορίζεται η ολίσθηση του ερπυστριοφόρου γεωργικού ελκυστήρα, χωρίς κάθετο φορτίο και με κάθετο φορτίο στο πρόσθιο μέρος του, σε τρεις διαφορετικές θέσεις. Συνολικά θα υπάρχουν τέσσερις περιπτώσεις δοκιμών για τον υπολογισμό της ολίσθησης. Για κάθε περίπτωση τοποθετούνται διαδοχικά φορτία στην οριζόντια έλξη του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα τα οποία αυξάνονται διαδοχικά [3,4,5]. Τα διαφορετικά φορτία που χρησιμοποιούνται στην έλξη για κάθε δοκιμή επηρεάζουν το μέγεθος της αντίδρασης R στο σημείο επαφής των ερπυστριών με το έδαφος. Προσαρμόζεται το αντίστοιχο βάρος στην έλξη και τίθεται σε κίνηση ο ερπυστριοφόρος ελκυστήρας στον στίβο της εδαφολεκάνης για την εκτέλεση των δοκιμών. Η πραγματική διανυόμενη απόσταση ανά στροφή του κινητήριου οδοντωτού τροχού μπορεί να προσδιοριστεί από το ίχνος που αφήνει η γραφίδα που στερεώνεται στον καταγραφικό μηχανισμό που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ερπυστριοφόρου ελκυστήρα και εφάπτεται στην

καταγραφική ταινία σε όλο το μήκος της. Ο μοχλός του καταγραφικού μηχανισμού, στον οποίο είναι στερεωμένη η γραφίδα πραγματοποιεί ταλάντωση μια φορά, κάθε μισή περιστροφή του κινητήριου οδοντωτού τροχού, έτσι ώστε η γραφίδα να γράφει μια συνεχή γραμμή με διαδοχικές καμπύλες. Η απόσταση των μέγιστων σημείων μεταξύ δύο διαδοχικών καμπυλών στο μήκος της αποτυπωμένης γραμμής εκφράζει την πραγματική απόσταση που διανύει το μισό της περιφέρειας του οδοντωτού τροχού [6,7,8]. Μετά την τρίτη περιστροφή του οδοντωτού τροχού λαμβάνονται έξι σημεία για την απόσταση που καταγράφει ο μηχανισμός και έπειτα προσδιορίζεται ο μέσος όρος αυτών για να έχουμε την τελική τιμή για κάθε δοκιμή που πραγματοποιείται. Εφόσον ληφθούν υπόψη όλα τα παραπάνω προσδιορίζεται η φαινόμενη ολίσθηση S από την παρακάτω σχέση:

$$S = (x_o - x/x_o) \quad (5)$$

Όπου: S η φαινόμενη ολίσθηση (%), x η μέση απόσταση με φορτίο στην έλξη (m) και x_o η μέση απόσταση χωρίς φορτίο στην έλξη (m).

Καθορίζονται τέσσερις περιπτώσεις δοκιμών, οι εξής: α) $W=0$ Kg, $Z=0$ m, β) $W=8$ Kg, $Z=0,11$ m, γ) $W=8$ Kg, $Z=0,22$ m και δ) $W=8$ Kg, $Z=0,33$ m όπου W το πρόσθετο κάθετο βάρος και Z η απόσταση του κέντρου βάρους από τον πρόσθιο άξονα της ερπυστριάς. Σε κάθε μια από τις τέσσερις περιπτώσεις εφαρμόστηκε και μια σειρά από διαδοχικά φορτία στην έλξη. Για κάθε περίπτωση ελήφθησαν οι αντίστοιχες τιμές. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στον πίνακα 6.

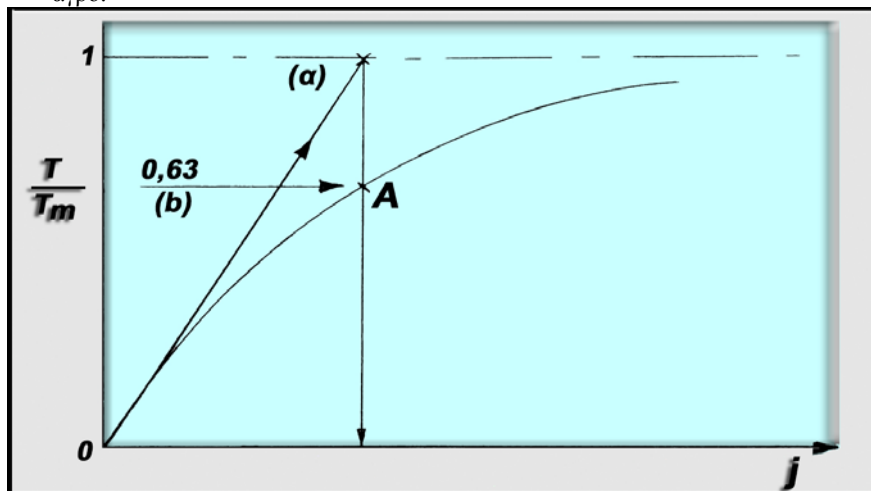
Πίνακας 6. Μεταβολή της ολίσθησης, συναρτήσει της απόστασης του πρόσθιου βάρους και του φορτίου στην έλξη.

	(Α) $W=0$ Kg, $Z=0$ m		(Β) $W=8$ Kg, $Z=0,11$ m		(Γ) $W=8$ Kg, $Z=0,22$ m		(Δ) $W=8$ Kg, $Z=0,33$ m	
F (N)	Απόστ. X_i (m)	S %	Απόστ. X_i (m)	S %	Απόστ. X_i (m)	S %	Απόστ. X_i (m)	S %
294,30	0,279	0,536	0,278	0,714	0,279	0,357	0,280	0,107
441,45	0,278	0,714	0,278	0,714	0,278	0,714	0,280	0,178
588,60	0,277	1,071	0,277	1,071	0,278	0,893	0,279	0,357
735,75	0,274	2,214	0,276	1,428	0,277	1,071	0,277	1,071
882,90	0,268	4,464	0,274	2,142	0,275	1,785	0,276	1,428

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

- Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης της πρόβλεψης του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K , με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου και τις καμπύλες των διαγραμμάτων που προέκυψαν από τις δοκιμές του πειραματικού ερπυστριοφόρου ελκυστήρα με τετμημένη τον λόγο της διατμητικής τάσης T/T_m και τεταγμένη τον λόγο της ανηγμένης μετατόπισης j .
- Από το διάγραμμα 3 παρατηρούμε μία απότομη μεταβολή της καμπύλης σε σχέση με τα υπόλοιπα διαγράμματα, σε σχέση με τις αρχικές τιμές μετατόπισης. Οι καμπύλες προσδιορίζονται από την εκθετική συνάρτηση $T = T_m (1 - e^{-j/k})$. Η εφαπτομένη της καμπύλης στην αρχή των αξόνων τέμνει την τεταγμένη T/T_m στην τιμή 1 και η προβολή του σημείου αυτού στην τετμημένη η τιμή της οποίας είναι $T/T_m = 0,63$, (σχήμα 6). Οι αντίστοιχες τιμές της τετμημένης j για την τεταγμένη 0,63 για τις τρεις καμπύλες στα διαγράμματα 3, 4 και 5, προσδιορίζουν τρεις διαφορετικούς συντελεστές παραμόρφωσης του εδάφους K . Από τις παραπάνω καμπύλες προκύπτουν: $j_3 = K_3 = 0,22$, $j_4 = K_4 = 0,15$, $j_5 = K_5 = 0,22$.

- Υπάρχει δυνατότητα καθορισμού του συντελεστή παραμόρφωσης K του εδάφους, με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου, για πραγματικές συνθήκες σε αγρό.



Σχήμα 6. Καμπύλες προσδιορισμού του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους (K).

- Από τον Πίνακα 3, διαπιστώνεται ότι: α) για γωνία διάτμησης $\Theta=5^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,151$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης από $M_D=21,582$ Nm μέχρι $M_D=22,563$ Nm. β) για γωνία διάτμησης $\Theta=10^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,210$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης $M_D=24,525$ Nm.
- Από τον Πίνακα 4, διαπιστώνεται ότι για γωνία διάτμησης $\Theta=15^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,211$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης $M_D=21,582$ Nm.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Γέμτος. Α.. Θ.. 1984. Μηχανική Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων. Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Λάρισα.
2. Τσατσαρέλης. Α.. Κ.. 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
3. Smith. M.. J.. 1981. Soil Mechanics. George Godwin. England.
4. Barger. E.. L.. Liljedahl. J.B.. Carleton. W.. M.. McKibben. E.. G.. 1963. Tractors and their power units. John Wiley & Sons. Inc.. USA.
5. Shrinivasa. U.. K.. William. C.. J.. Perumpral. J.. V.. Schafer. R.. L.. Gill. W.. R.. VandenBerg. G.. E.. 1994. Advances in soil dynamics. Pamela DeVore-Hansen. USA.
6. Bekker. M.. G.. 1960. Off-the-Road Locomotion. University of Michigan Press. USA.
7. Wills. B.. D.. 1963. Measurement of soil shear strength and deformation moduli and a comparison of the actual and theoretical performance of a family of rigid tracks. J. Agric.Engng.. Res. 8 (2).
8. Reece. A. R.. 1965. Principles of Soil/Vehicle Mechanics. Auto Div. I.Mech.E..

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟ- ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ

Σ. Φουντάς^{*}, S. Pedersen^{}, S. Blackmore^{**}, Θ. Γέμτος^{*}**

^{*} Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος,
Φυτόκο, 38 446 Ν. Ιωνία

^{**} Βασιλικό Κτηνιατρικό και Γεωργικό Πανεπιστήμιο, Κοπεγχάγη, Δανία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια τεχνικοοικονομική μελέτη εφαρμογής αυτοκινούμενων οχημάτων στη γεωργία. Τρεις διαφορετικές εφαρμογές εξετάστηκαν: ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων, παρακολούθηση ανάπτυξης καλλιεργειών και κοπή χόρτου. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι εφαρμογές αυτοκινούμενων οχημάτων είναι οικονομικότερες σε σύγκριση με τον παραδοσιακό τρόπο εκμηχάνισης. Το υψηλό κόστος RTK-GPS και το μικρό μέγεθος των προτεινόμενων μηχανημάτων, είναι οι παράγοντες αύξησης της τιμής.

TECHNICO-ECONOMIC ANALYSIS OF AUTONOMOUS VEHICLES IN AGRICULTURE

S. Fountas^{*}, S. Pedersen^{}, S. Blackmore^{**}, T.A. Gemtos^{*}**

^{*} Uni. of Thessaly, Dept. of Crop Sci. and R. Env., Fytoko str. N. Ionia, GR 38 446

^{**} The Royal Vet. and Agr. University, Dept. of Crop Sciences, Copenhagen, Denmark

ABSTRACT

This paper focuses on the economic feasibility of applying autonomous robotic vehicles compared to conventional systems in three different applications: robotic weeding, crop scouting and grass cutting. The results showed that in all three scenarios, the robotic applications are more economical feasible than the conventional systems. The high cost of RTK-GPS and the small capacity of the vehicles are the main parameters that increase the cost of the robotic systems.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωργία ακριβείας δίνει τη δυνατότητα διαφοροποίησης της διαχείρισης των αγροτεμαχίων από την παραδοσιακή μορφή καθολικής εφαρμογής των καλλιεργητικών εργασιών, στη διαχείριση επιμέρους τμημάτων του αγρού. Αυτή η δυνατότητα στη διαχείριση μπορεί να γίνει πιο εξειδικευμένη παρεμβαίνοντας σε επίπεδο μεμονωμένων φυτών, κάτι που ονομάστηκε ‘phytototechnology’ [1]. Η διαχείριση μεμονωμένων φυτών, ωστόσο, συνεπάγεται μία τεράστια συλλογή και επεξεργασία δεδομένων, ελαχιστοποιώντας την παρέμβαση του καλλιεργητή. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αυξανόμενη τάση στην κατασκευή αυτοκινούμενων οχημάτων, με σκοπό αυτή την διαχείριση μεμονωμένων φυτών, κυρίως σε καλλιέργειες μεγάλης αξίας. Ασφαλώς, η εισαγωγή αυτοκινούμενων οχημάτων στη γεωργία, απαιτεί μία διεξοδική μελέτη ως προς την οικονομικότητα αυτού του τρόπου εκμηχάνισης.

Οι Blackmore et al (2004) αναφέρουν τις προδιαγραφές για αυτοκινούμενα οχήματα στη γεωργία [2]. Αναφέρουν πως τα οχήματα αυτά θα πρέπει να έχουν μικρό μέγεθος, μικρό βάρος και αυτόνομη συμπεριφορά σε απρόβλεπτες καταστάσεις. Θα πρέπει επίσης να μπορούν να επικοινωνούν με τον υπολογιστή της γεωργικής εκμετάλλευσης, με τα διάφορα εξωτερικά τμήματα του οχήματος (παρελκόμενα ή ρομποτικούς βραχίονες) καθώς επίσης και με άλλα οχήματα που θα δουλεύουν ταυτόχρονα. Ο πιο σημαντικός παράγοντας όμως είναι αυτός της ασφάλειας και εντατική έρευνα πραγματοποιείται σ’ αυτόν τον τομέα. Οι Blackmore et al. (2005) ανέπτυξαν επίσης μία μεθοδολογία για την ανάλυση των γεωργικών καλλιεργητικών δραστηριοτήτων σε μορφή που εύκολα θα μπορεί να προγραμματιστεί από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή [3]. Η μεθοδολογία αυτή βασίστηκε σε ένα από τα πιο διαδεδομένα πρότυπα ρομποτικής, το λεγόμενο “hybrid system architecture” [4] το οποίο συνδυάζει στοχαστική ή τυχαία (reactive) και προκαθορισμένη (deterministic) συμπεριφοράς. Η προκαθορισμένη συμπεριφορά αποφασίζει την βασική κατεύθυνση του οχήματος με βάση τις απαιτήσεις για να πραγματοποιηθεί η εργασία. Η τυχαία συμπεριφορά, αντιδρά στιγμιαία και αυτόβουλα σε ερεθίσματα του περιβάλλοντος, π.χ. για την αποφυγή εμποδίων ή για την μη σωστή κατεργασία του εδάφους. Ο συνδυασμός των δύο αυτών συμπεριφορών εκτιμάται ότι θα προσδώσει ευφυή συμπεριφορά στα αυτοκινούμενα οχήματα που θα μπορούν να λειτουργούν με ικανοποιητική ασφάλεια πραγματοποιώντας ακριβείς εργασίες στον αγρό.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές για μόνο δύο οικονομικές μελέτες για αυτοκινούμενα οχήματα οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί από τα εργαστήρια γεωργικής μηχανολογίας στο KVL της Δανίας [5] και στο Wageningen της Ολλανδίας [6]. Ο πρώτος έδειξε πως στην περίπτωση των αυτοκινούμενων οχημάτων, το μέγεθος του οχήματος και των παρελκόμενων που χρειάζεται ένα αγρόκτημα μπορεί να μειωθεί στο μισό, η επένδυση της αγοράς των μηχανημάτων στο 60% και του ετήσιου κόστους στο 65%. Η προϋποθέσεις που έθεσε ήταν πως ο λόγος μεταξύ αυτοκινούμενων και παραδοσιακών μηχανημάτων είναι 1.2, 0.2 και 2 αντίστοιχα. Ο δεύτερος θεώρησε πως αν τα αυτοκινούμενα οχήματα εργάζονταν μέχρι και 23 ώρες ημερησίως θα μπορούσε να είναι δυνατή η οικονομικότητα της χρήσης τους με την προϋπόθεση της μείωσης των τιμών συστημάτων πλοήγησης (RTK-GPS) και αύξησης των εργατικών ημερομισθίων.

Αυτή η εργασία παρουσιάζει την οικονομικότητα μετατροπής τριών αυτόνομων συστημάτων εργασιών στον αγρό σε σύγκριση με τις αντίστοιχες συμβατικές μεθόδους. Αναλύθηκαν τρία σενάρια. Στα δύο σενάρια, που αναφέρονται, στην ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων (robotic weeding) σε καλλιέργειες υψηλής αξίας και κυρίως ζαχαρότευτλα και στην ανίχνευση ζιζανίων (crop scouting) σε σιτηρά, χρησιμοποιήθηκε ως βάση, η ερευνητική πλατφόρμα του Δανέζικου Ινστιτούτου Γεωργικής Μηχανικής (API) [7]. Το τρίτο σενάριο αναφέρεται στην κοπή χόρτου (grass cutting) σε γήπεδα γκολφ, όπου τα δεδομένα προέρχονται από την παρακολούθηση και ανάλυση των πραγματικών αναγκών στη χρήση μηχανημάτων σε ένα γήπεδο γκολφ στη Δανία. Σ' αυτήν την περίπτωση εξετάσαμε το κόστος μετατροπής των υπάρχοντων μηχανημάτων κοπής χόρτου σε αυτοκινούμενα.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα τρία αυτά σενάρια επιλέχθηκαν με γνώμονα α) τις δυνατότητες αυτοματοποίησης της εκμηχάνισης, β) την ύπαρξη δεδομένων προς ανάλυση, από προσωπικές παρακολουθήσεις των ήδη υπάρχοντων μεθόδων εκμηχάνισης και γ) από ερευνητικά δεδομένα.

Οι υπολογισμοί βασίστηκαν στον μερικό προϋπολογισμό (partial budgeting), όπου οι αλλαγές κεφαλαίου και κόστους (revenue and cost change) συγκρίνονται με τις συμβατικές μορφές εκμηχάνισης. Η αρχική επένδυση, το κόστος ημερομισθίων, η ταχύτητα και οι ώρες εργασίας των μηχανημάτων, η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος αυτοματισμού και πλοήγησης, ήταν τα στοιχεία που συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση. Σε όλα τα σενάρια, ο χρόνος απόσβεσης ορίστηκε στα 10 χρόνια και το ποσοστό επιτοκίου στο 5%. Επιπρόσθετα προστέθηκε ένας χρόνος προσαρμογής και εκπαίδευσης του προσωπικού στα αυτοκινούμενα οχήματα. Οι κύριες παραδοχές για τα τρία σενάρια είναι τα ακόλουθα:

2.1 Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό για γήπεδα γκολφ

Το υπό εξέταση γήπεδο γκολφ ήταν ένα γήπεδο γκολφ 65 εκταρίων, 40 km έξω από την πόλη της Κοπεγχάγης. Για τις ανάγκες κοπής και περιποίησης του χόρτου εργάζονται 6 άτομα όλο τον χρόνο. Τα γήπεδα γκολφ χωρίζονται σε διάφορες ζώνες ανάλογα με τις ανάγκες κοπής του χόρτου (greens, semi-greens, fairway, semi-rough και rough). Οι ζώνες greens και semi-greens, όπου βρίσκονται γύρω από τις οπές για τις μπάλες του γκολφ, απαιτούν την καθημερινή κοπή του χόρτου σε ύψος 4 και 7 mm από το έδαφος, αντίστοιχα. Στις περιοχές fairway και semi-graph που καλύπτουν 16 και 20 εκτάρια αντίστοιχα, η κοπή του χόρτου πραγματοποιείται από 3 και 1 φορές την εβδομάδα αντίστοιχα, σε ύψος 20 και 40 mm από το έδαφος αντίστοιχα. Τα μηχανήματα για τις δύο αυτές ζώνες (fairway και semi-graph) επιλέχθηκαν για την οικονομικότητα τους στο να μετατραπούν από παραδοσιακά μηχανήματα σε αυτοκινούμενα, λόγω της ομοιότητας των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για την κοπή του χόρτου και την λιγότερο ακριβέστερη ανάγκη κοπής του χόρτου. Ο συνολικός ετήσιος αριθμός ωρών που απαιτούνται για την κοπή του χόρτου σ' αυτές τις δύο ζώνες είναι 784 ώρες. Όλα τα δεδομένα προέρχονται από προσωπική ανάλυση και παρατηρήσεις του τρόπου κοπής του χόρτου στο συγκεκριμένο γήπεδο γκολφ.

Για την τροποποίηση των ήδη συμβατικών εμπορικών χορτοκοπτικών μηχανών απαιτείται ένα σύστημα ηλεκτρονικών, ένα σύστημα RTK-GPS για ακριβή πλοήγηση,

αισθητήρες laser scanner και ultrasonic range για την αποφυγή εμποδίων και ένα κομπιούτερ πάνω στο μηχάνημα. Μία τέτοια μετατροπή έχει ήδη πραγματοποιηθεί στο Πανεπιστήμιο του KVL της Δανίας όπου ένα παραδοσιακό χορτοκοπτικό μετατράπηκε σε αυτοκινούμενο, για την μηχανική καταπολέμηση ζιζανίων σε αγροκτήματα με χριστουγεννιάτικα δέντρα. Το δεδομένα από αυτήν την μετατροπή χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτό το σενάριο [8].

2.2 Ανίχνευση ζιζανίων σε καλλιέργειες σιτηρών

Σ' αυτήν την περίπτωση συγκρίναμε την ανίχνευση ζιζανίων σε καλλιέργειες σιτηρών με τη χρήση αυτοκινούμενου οχήματος και συμβατικών μεθόδων. Η αυτοκινούμενη ερευνητική πλατφόρμα API του Ερευνητικού Ινστιτούτου Γεωργικής Μηχανικής της Δανίας χρησιμοποιήθηκε, ως βάση των υπολογισμών. Το Ινστιτούτο έχει πραγματοποιήσει εκτεταμένες μελέτες για την ανίχνευση ζιζανίων και τα αποτελέσματα από αυτές τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση μας.

Η πλατφόρμα API (Σχήμα 1), κατασκευάστηκε αρχικά το 2002 και σήμερα βρίσκεται στην τρίτη γενιά. Είναι ένα σύστημα με τέσσερις κινητήριους και κατευθυντήριους τροχούς four-wheel drive, four-wheel steering με δύο κινητήρες σε κάθε τροχό για μεγαλύτερη αντίσταση στην ολίσθηση και μεγαλύτερη κινητικότητα [9]. Η πλατφόρμα αυτή έχει 60 cm απόσταση από το έδαφος και πλάτος εργασίας 1 m. Είναι εφοδιασμένο με σύστημα RTK-GPS, με φορητό υπολογιστή και έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί με διάφορα παρελκόμενα, όπως ψεκαστικό και μηχάνημα κοπής χόρτου. Είναι εφοδιασμένο επίσης με κάμερα για την αναγνώριση των ζιζανίων και αισθητήρες για αποφυγή εμποδίων.



Σχήμα 1. Η ερευνητική αυτοκινούμενη πλατφόρμα API

2.3 Ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα

Σ' αυτό το σενάριο χρησιμοποιήθηκε η ίδια πλατφόρμα API, αλλά με το σύστημα ψεκασμού micro-spraying για την καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Αυτό το σενάριο είναι η συνέχιση του προηγούμενου σεναρίου, όπου έχουν ανιχνευθεί τα ζιζάνια στο έδαφος, χρησιμοποιήθηκε ψεκασμός για την καταπολέμησή τους. Το σύστημα micro spraying έχει κατασκευασθεί με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Davis και του Ινστιτούτου Γεωργικής Μηχανικής στη Δανία. Το σύστημα αυτό αποτελείται

από 8 μικρο-βαλβίδες με ανεξάρτητο μηχανισμό ενεργοποίησης του κάθε ακροφυσίου (driver circuit), όπου το κάθε ακροφύσιο έχει 5 ανοίγματα (micro tubes). Το πλάτος ψεκασμού του κάθε ακροφυσίου είναι από 1,27-10,16 cm για να καλύπτει το συνολικό πλάτος εργασίας [10]. Σ' αυτό το σενάριο υπολογίστηκε το κόστος για την καταπολέμηση των ζιζανίων μεταξύ των γραμμών με τις συμβατικές μεθόδους και με το σύστημα micro-spraying επί των γραμμών, όπου έχει εκτιμηθεί πως μπορεί να μειώσει το ποσό των ζιζανιοκτόνων στο 90%.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1 αναγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των τριών σεναρίων. Η συνολική έκταση για το αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό σε γήπεδα γκολφ είναι 36 εκτάρια για τις ζώνες fairway και semi-graph. Το σύστημα για αυτοκινούμενη ανίχνευση ζιζανίων σε σιτηρά θα καλύπτει την υποτιθέμενη έκταση των 80 εκταρίων και το σύστημα για την ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα θα καλύπτει 500 εκτάρια. Στην περίπτωση του χορτοκοπτικού θεωρούμαι πως το ίδιο χορτοκοπτικό που εφαρμόζεται στο γήπεδο γκολφ θα εφαρμοστεί και στην περίπτωση του αυτοκινούμενου οχήματος. Οι διαφορές μεταξύ αυτοκινούμενου και παραδοσιακής μορφής οχήματος επάγονται στην μη ύπαρξη χειριστή και στο κόστος μετατροπής και λειτουργίας του αυτοκινούμενου οχήματος.

Στην περίπτωση του αυτοκινούμενου οχήματος για την ανίχνευση ζιζανίων, η σύγκριση γίνεται με τις ανάγκες για την χειρωνακτική παρατήρηση των ζιζανίων. Η χειρωνακτική ανίχνευση έχει υπολογιστεί να απαιτεί 0,7 ανθρωποώρες το χρόνο, ανά εκτάριο [11]. Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις για την χειρωνακτική ανίχνευση ζιζανίων ανάγονται στον πρώτο χρόνο, ενώ τα επόμενα χρόνια απαιτείται μία δευτερεύουσα επαναλαμβανόμενη ανίχνευση. Οι περιοχές ζιζανίων καταγράφονται από το GPS και με τη βοήθεια συστήματος GIS δημιουργούνται χάρτες ζιζανίων για κάθε αγροτεμάχιο. Η συνολική υποτιθέμενη έκταση των 500 εκταρίων ορίστηκε για την κάλυψη της επένδυσης μιας και απαιτείται μόνο μία εφαρμογή το χρόνο, όπου η ταχύτητα της πλατφόρμας είναι 3,6 km/h με δυναμικότητά (capacity) στα 4,32 ha/h.

Στην περίπτωση του συστήματος για την ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων με το σύστημα micro-spraying, απαιτείται περισσότερος χρόνος για την εκτέλεση της εργασίας αυτής. Το σύστημα αυτό συγκρίνεται με το κόστος για την καταπολέμηση των ζιζανίων μεταξύ των γραμμών, με βάση τις υπάρχουσες παραδοσιακές μεθόδους, όπου τα δεδομένα πάρθηκαν από το Εθνικό Αγροτικό Κέντρο Αγροτικών Συμβούλων της Δανία, όπου υπάρχουν αναλυτικές καταστάσεις για το κόστος κάθε μορφής εκμηχάνισης όλων των καλλιεργειών [12]. Η πλατφόρμα API θα χρησιμοποιηθεί για αυτήν την περίπτωση. Τέσσερα συστήματα micro-spraying θα χρησιμοποιηθούν με κόστος 6.730 ευρώ το καθένα, έτσι ώστε να καλύπτουν τέσσερις γραμμές στην καλλιέργεια. Η ταχύτητα λειτουργίας έχει υπολογιστεί στα 1,8 km/h με δυνατότητα κάλυψης 0,4 εκτάρια την ώρα.

Πίνακας 1. Τεχνικές προδιαγραφές των τριών σεαρίων

	Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό σε γήπεδα γκολφ	Αυτοκινούμενη ανίχνευση ζιζανίων σε σιτηρά	Ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα
Πλατφόρμα	TORO 5200-D	Σύστημα API	Σύστημα API
Σύστημα GPS	RTK-GPS	RTK-GPS	RTK-GPS
Συνολική έκταση	36 ha	500 ha	80 ha
Ταχύτητα	10 km/h	1.8 km/h	3.6 km/h
Πλάτος εργασίας	2,4 m	12 m	2 m 4 γραμμές
Δυναμικότητα (capacity)	2.4 ha/h	4.32 ha/h	0.4 ha/h
Αριθμός παρεμβάσεων	96 παρεμβάσεις/ χρόνο	1 παρέμβαση/ χρόνο	3 παρεμβάσεις/ χρόνο
Χρόνος εξικοίωσης	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες	2 εβδομάδες
Ημερήσιος χρόνος εργασίας	8-16 h	16 h	16 h
Ετήσιος χρόνος εργασίας	784 h	116 h	667 h
Ετήσιος χρόνος εργασίας	*	7 μέρες	42 μέρες
Περίοδος εργασιών	Απρίλιο- Οκτώβριο	Απρίλιο-Ιούλιο	Απρίλιο-Ιούνιο

* Ίδιος με τον παραδοσιακό τρόπο

Το συνολικό κόστος επένδυσης των τριών αυτών συστημάτων αναφέρεται στον Πίνακα 2, όπου η επένδυση κυμαίνεται από 38.000 έως και 65.000 ευρώ. Το σύστημα εντοπισμού ακριβής θέσης RTK-GPS είναι αυτό που ανεβάζει αρκετά το κόστος των αυτοκινούμενων οχημάτων. Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται πως στα επόμενα χρόνια το κόστος αυτό θα μειωθεί δραστικά και ειδικά με την λειτουργία του Ευρωπαϊκού Δορυφορικού Συστήματος Galileo που θα λειτουργήσει μέσα στο 2008. Στον Πίνακα 3 δίνεται η ανάλυση των σταθερών και μεταβλητών δαπανών των συστημάτων αυτών. Οι δαπάνες αυτές ανά χρόνο κυμαίνονται από 7.999 ευρώ το χρόνο για την ανίχνευση ζιζανίων σε 20.834 ευρώ για την καταπολέμηση ζιζανίων.

Πίνακας 2. Επένδυση των αυτοκινούμενων συστημάτων

	Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό σε γήπεδα γκολφ	Αυτοκινούμενη ανίχνευση ζιζανίων σε σιτηρά	Ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα
	----- EURO -----		
Σύστημα API		15,141	15,141
RTK-GPS	20,188	20,188	20,188
Σύστημα micro-spraying, 4 γραμμών			26,918

Deleted: ,

Σύστημα ηλεκτρονικών	20,188		
Testing	2,692	2,692	2,692
Σύνολο	43,069	38,022	64,939

Πίνακας 3. Ανάλυση κόστους των αυτοκινούμενων συστημάτων

	Αυτοκινούμενο χορτοκοπτικό σε γήπεδα γκολφ	Αυτοκινούμενη ανίχνευση ζιζανίων σε σιτηρά	Ρομποτική καταπολέμηση ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα
	----- EURO/ χρόνο -----		
Κεφάλαιο επένδυσης	1,077	951	1,624
Απόσβεση	4,307	3,802	6,494
Συντήρηση	1,292	1,141	1,984
GPS-RTK signal, ετήσια συνδρομή	1,615	1,615	1,615
GPS-RTK signal κόστος, μεταβλητό	1,055	156	897
Δημιουργία χάρτη ζιζανίων			150
Κόστος ζιζανιοκτόνου			1,731
Κόστος ζιζανιοκτονίας στην γραμμή			5,599
Άλλα έξοδα, π.χ. καυσίμου, φόρτωσης, κλπ	844	135	776
Συνολικά έξοδα	10,190	7,799	20,834

Στην περίπτωση της καταπολέμησης ζιζανίων σε ζαχαρότευτλα έχει συμπεριληφθεί και το κόστος για την καταπολέμηση των ζιζανίων πάνω στις γραμμές με μηχανική καταπολέμηση ζιζανίων με συμβατικές μεθόδους, όπου το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 5.599 ευρώ το χρόνο. Για αυτήν την περίπτωση έχουν υπολογιστεί δύο εφαρμογές μηχανικής κατεργασίας πάνω στην γραμμή τον χρόνο.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται το ετήσιο κόστος των τριών συστημάτων χρησιμοποιώντας αυτοκινούμενα οχήματα ή ακολουθώντας τις συμβατικές μεθόδους. Σε όλες τις περιπτώσεις τα αυτοκινούμενα συστήματα είναι πιο αποδοτικά και κερδοφόρα από τις συμβατικές μεθόδους. Η μείωση του κόστους για την κοπή χόρτου, την ανίχνευση ζιζανίων και την καταπολέμηση των ζιζανίων ανέρχεται σε 52%, 20% και 12% αντίστοιχα.

Πίνακας 4. Διαφορά κόστους εργασίας μεταξύ αυτοκινούμενων και συμβατικών συστημάτων

	Αυτοκινούμενα	Συμβατικά
	----- EURO/ha -----	
	--	
Χορτοκοπτικό	283.0	586.3
Ανίχνευση ζιζανίων	15.6	19.4

Καταπολέμηση ζιζανίων	260.4	296.6
-----------------------	-------	-------

Στην περίπτωση της κοπής χόρτου στα γήπεδα γκολφ, τα ημερομίσθια των χειριστών έχουν υπολογιστεί με βάση τις μέσες τιμές χειριστών μηχανημάτων στη Δανία, που ανέρχεται κατά μέσον όρο στα 27 ευρώ την ώρα, συμπεριλαμβάνοντας φόρους και ασφάλιση. Ασφαλώς οι τιμές αυτές κυμαίνονται σημαντικά στις διαφορετικές χώρες της Ευρώπης, αν σκεφτεί κανείς πως η Δανία έχει από τα υψηλότερα ημερομίσθια στην Ευρώπη. Ο χρόνος απόσβεσης έχει ορισθεί στα 10 χρόνια, ωστόσο είναι δόκιμο να μειωθεί στα 5-8 χρόνια στις περιπτώσεις του χορτοκοπτικού και της ρομποτικής καταπολέμησης ζιζανίων που θα λειτουργούν αρκετές ώρες τον χρόνο. Αντιθέτως, στην περίπτωση της ανίχνευσης ζιζανίων, που είναι μία καινούργια σχετικά εργασία στα πλαίσια της εκμηχάνισης που συνδέεται με τις αρχές της γεωργίας ακριβείας, ο χρόνος απόσβεσης, μπορεί να είναι και μεγαλύτερος από 10 χρόνια, λόγω του μικρού αριθμού ωρών λειτουργίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε μία οικονομοτεχνική μελέτη τριών υποθετικών συστημάτων εκμηχάνισης. Τα συστήματα αυτά επιλέχθηκαν με γνώμονα τις υψηλές απαιτήσεις σε εργατικά ημερομίσθια, που θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με αυτοκινούμενα οχήματα χωρίς την ύπαρξη χειριστή. Μία προϋπόθεση είναι πως τα οχήματα αυτά θα είναι πολύ εύκολα στη χρήση και δεν θα απαιτούνται επιπρόσθετα έξοδα για την λειτουργία του υπολογιστή που φέρουν και τον προγραμματισμό τους. Αυτά τα σενάρια μπορούν να επεκταθούν και σε άλλες καλλιεργητικές φροντίδες, όπως κατεργασίες εδάφους και κοπή χόρτου σε ποδοσφαιρικά γήπεδα και πάρκα. Το αυτοκινούμενο όχημα για την κοπή χόρτου στα γήπεδα γκολφ είναι η πιο οικονομική εφαρμογή, λόγω των υψηλών απαιτήσεων σε εργατικά και την συχνή εφαρμογή αυτής της εργασίας. Η ψηφιακή ανίχνευση ζιζανίων μπορεί να μας δώσει μία καινούργια εφαρμογή για ψεκασμούς με μεταβλητές δόσεις στο χώρο. Στην περίπτωση δε, της ρομποτικής καταπολέμησης των ζιζανίων, πέρα από τις πιθανές μειώσεις στο κόστος εφαρμογής της μεθόδου αυτής, τα οφέλη από μείωση των ζιζανιοκτόνων μέχρι και 90% εμπεριέχουν περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Στην ανάλυση του κόστους φαίνεται πως η κύρια πηγή εξόδων στα αυτοκινούμενα συστήματα είναι το υψηλό κόστους αγοράς και χρήσης του συστήματος πλοήγησης RTK-GPS.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Shibusawa, S. 1996. PhytoTechnology - An introduction to the concept and topic of a new project. School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology.
2. Blackmore, S., Fountas, S., Tang, L., and Have, H., 2004. Systems requirements for small autonomous agricultural vehicles. Journal of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR). Manuscript PM 04 001. Vol. VI. July 2004.
3. Blackmore, S., Fountas, S., Vougioukas, S., Tang, L., Sørensen, C.G. and Jørgensen, R., 2005. Decomposition of agricultural tasks into robotic behaviours. Journal of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR). Accepted.

4. Arkin, C.R., 1998. Behavior-based robotics. MIT Press.
5. Have, H. 2004. Effects of automation on sizes and costs of tractor and machinery. European Conference of Agricultural Engineering. Leuven, Belgium, June 2004.
6. Goense, D. 2003. The economics of autonomous vehicles. –Proceeding of the VDI-MEG Conference on Agricultural Engineering in Hanover, 2003.
7. Bak, T. and Jakobsen, H. 2004. Agricultural Robotic Platform with Four Wheel Steering for Weed Detection. Biosystems Engineering 87(2) 125–136.
8. Have, H., J. Nielsen, S. Blackmore and F. Theilby. 2005. Development and test of an autonomous Christmas tree weeder. In Proc. of 5th European Conference of Precision Agriculture. Uppsala, Sweden, July 9-12, 2005.
9. Bisgaard, M., D., Vinther and K. Z. Østergaard. 2004. Modelling and Fault-Tolerant Control of an Autonomous Wheeled Robot. Group Report 04gr1030a. Institute of Control Engineering, Aalborg University, Denmark.
10. Lee, W.S., Slaughter, D.C. and Giles, D.K., 1999. Robotic weed control system for tomatoes. Precision Agriculture 1, 1999, pp. 95-113.
11. Pedersen S.M. 2003. Precision farming – Technology assessment of site-specific input application in cereals, Ph.D. dissertation, IPL, Danish Technical University
12. Dansk Landbrugsrådgivning 2004. Budgetkalkyler for 2004, (in English) Budget and Gross margin calculations for Danish cropping systems, Landbrugsforlaget.

Formatted: Bullets and Numbering

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ Ν. ΑΙΤΩΛ/ΝΙΑΣ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Γ. Παστρωμάς^{*}, Ι. Καλαβρουζιώτης^{}, Α.Νάτσης^{***}**

^{*} Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Διατμηματικό Π.Μ.Σ. Πιστοποίησης Αγροτικών Προϊόντων
Ποιότητας, Γ.Σεφέρη 2, Αγρίνιο, 30100.

^{**} Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Διαχείρισης

Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Γ.Σεφέρη 2, Αγρίνιο, 30100.

^{***} Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Α.Φ.Π. και Γ.Μ., Ιερά οδός 75, Αθήνα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε και αξιολογήθηκε η επίδραση της χρήσης των συστημάτων εδαφικής κατεργασίας από βιοκαλλιεργητές του Ν. Αιτωλ/νίας. Η ανάλυση όλων των παραμέτρων, που αποδεικνύουν τη διατήρηση των εδαφικών πόρων και που προσφέρουν τη δυνατότητα επιλογής και χρήσης ενός από τα συστήματα κατεργασίας σε τέσσερις γεωγραφικές περιοχές του Ν. Αιτωλ/νίας, αποτελεί αναμφισβήτητα ένα σημαντικό εργαλείο για την ορθή διαχείριση των εδαφικών πόρων στα πλαίσια της αειφορικής διαχείρισης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : Σύστημα αειφορίας, συμβατικό σύστημα κατεργασίας, μειωμένη κατεργασία, ακαλλιέργεια.

ASSESSMENT OF SOIL SYSTEMS IN PERFECTURE AITOLOAKARNANIAS IN FRAMEWORK OF SUSTAINABLE MANAGEMENT OF SOIL RESOURCES

G. Pastromas^{*}, I. Kalavrouziotis^{}, A. Natsis^{***}**

^{*} University of Ioannina, Postgraduate student, G.Seferi 2, Agrinion, Greece

^{**} University of Ioannina, Department of environmental and natural Resources
Management, G.Seferi, 2, Agrinion, Greece

^{***} Agronomic University of Athens, Dept. of Agricultural Engineering
75, Iera Odos street – 11855 Greece

ABSTRACT

There has been an assessment and evaluation of the impact soil use in biocultivation of Perfecture of Aitoloakarnanias. The analysis of all parameters show the sustainability of soil resources and the possibility in choosing and using one of the systems in four geographic areas of Perfecture of Aitoloakarnanias undoubtley is a significant factor in the proper management of soil resources in the framework of sustainable management.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για το μέλλον της γεωργίας και η επίδραση των υφιστάμενων γεωργικών πρακτικών, οδήγησαν στη δημιουργία μιας νέας έννοιας, της « αειφορικής γεωργίας ». Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζουμε τη γεωργία που αποσκοπεί στην μακροπρόθεσμη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, εξασφαλίζει τα βασικά τρόφιμα, είναι οικονομικά ζώσα και βελτιώνει την ποιότητα της ζωής των παραγωγών αλλά και των καταναλωτών [1]. Πρόκειται για μία φιλοσοφία και συλλογή πρακτικών προκειμένου να προστατευτούν οι φυσικοί πόροι (έδαφος, νερό, κλπ), χωρίς ταυτόχρονη μείωση της παραγωγικότητας.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της αειφορικής γεωργίας είναι η διαχείριση του εδάφους, αποσκοπώντας στην προστασία του από τη διάβρωση, στη βελτίωση της δομής και των άλλων φυσικών χαρακτηριστικών, στη μείωση των ενεργειακών εισροών, του κόστους και του χρόνου κατεργασίας του, στην προστασία της βιοποικιλότητας και τέλος στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος [2,3].

Τα κύρια συστήματα κατεργασίας του εδάφους είναι τα παρακάτω:

i. συμβατικό σύστημα κατεργασίας: πρόκειται για το παραδοσιακό σύστημα κατεργασίας το οποίο χωρίζεται σε βασική και δευτερεύουσα κατεργασία. Κατά τη βασική κατεργασία γίνεται όργωμα του χωραφιού και ενσωμάτωση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, ενώ κατά τη δευτερεύουσα κατεργασία πραγματοποιούνται οι αναγκαίες μηχανικές επεμβάσεις για την προετοιμασία της σποροκλίνης [4]. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο, όμως τα τελευταία χρόνια δέχεται έντονη κριτική που εντοπίζεται στη διάβρωση του εδάφους, στην καταστροφή της δομής του, στο παράχωμα των οργανικών υπολειμμάτων κλπ, με αποτέλεσμα να μη γίνεται αποδεκτό στην αειφορική διαχείριση του εδάφους.

ii. σύστημα μειωμένης κατεργασίας: με αυτόν τον όρο χαρακτηρίζεται η οποιαδήποτε απλοποίηση του συμβατικού συστήματος κατεργασίας [5]. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται άροτρο για αναστροφή του εδάφους, έτσι ώστε μεγάλο μέρος των υπολειμμάτων να παραμένουν στην εδαφική επιφάνεια. Γενικότερα, το συγκεκριμένο σύστημα συμβάλλει στην καλύτερη προστασία του εδάφους και του νερού σε συνθήκες μειωμένης υγρασίας, διατηρώντας την υγρασία και περιορίζοντας την απώλειά της. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βελτιώνονται οι αποδόσεις [4], όπως έδειξε πείραμα με αραβόσιτο [6]. Λόγω του οικονομικού οφέλους και της συντήρησης του εδάφους, η συγκεκριμένη μέθοδος έχει διαδοθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια.

iii. σύστημα ακαλλιέργειας: πρόκειται για τη διαδικασία απευθείας σποράς ή φύτευσης στο έδαφος, χωρίς να προηγηθεί βασική ή δευτερεύουσα κατεργασία [7]. Από τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού είναι η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, η προστασία της δομής του εδάφους και ο εμπλουτισμός του εδάφους σε οργανική ουσία [2]. Το συγκεκριμένο σύστημα κατεργασίας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στη βιολογική γεωργία, δηλαδή στην παραγωγή γεωργικών προϊόντων α) χωρίς συνθετικές ουσίες ώστε τα προϊόντα να είναι ακίνδυνα για τον άνθρωπο και τα ζώα και β) μέσω της σωστής χρήσης των μέσων παραγωγής ώστε να διατηρείται η γονιμότητα του εδάφους και να μην καταστρέφονται τα φυσικά οικοσυστήματα [8].

Η βιολογική γεωργία είναι ένα είδος αειφορικής γεωργίας. Η διατήρηση και η προστασία των εδαφικών πόρων μπορεί επίσης να επιτευχθεί και με τη βοήθεια ορισμένων μεθόδων που εφαρμόζονται στα πλαίσια της βιολογικής γεωργίας. Τέτοιες μέθοδοι είναι η εφαρμογή χλωράς λίπανσης, δηλαδή της ενσωμάτωσης στο έδαφος φυτικής μάζας που παράγεται στο διάστημα μεταξύ δύο καλλιεργειών [9], η εναλλαγή καλλιεργειών στον ίδιο αγρό, η εφαρμογή οργανικών λιπασμάτων και κοπριάς κ.α.

Η εργασία έχει ως σκοπό να μελετήσει και να αξιολογήσει τα συστήματα κατεργασίας, που περιγράφηκαν πιο πάνω, και τα οποία χρησιμοποιούνται από βιοκαλλιεργητές του Νομού Αιτωλοακαρνανίας. Στοχεύει επίσης στην καταγραφή των επιμέρους εργασιών που γίνονται από τους παραγωγούς, καθώς και στην περιγραφή των εναλλακτικών μεθόδων που εφαρμόζονται στα πλαίσια της βιολογικής γεωργίας, λόγω των περιορισμών που αυτή επιβάλλει.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο νομός Αιτωλοακαρνανίας καταλαμβάνει έκταση 5461 Km² μαζί με τα εσωτερικά ύδατα και 5193 Km² χωρίς τα εσωτερικά ύδατα. Τα τελευταία χρόνια, στο νομό έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα η βιολογική γεωργία. Σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το έτος 2003 είχαν ενταχθεί στο πρόγραμμα της βιολογικής γεωργίας 798 παραγωγοί, με διάφορες καλλιέργειες που καταλάμβαναν 41031,6 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης. Η έρευνα ξεκίνησε στις αρχές του έτους 2004 και ολοκληρώθηκε στα τέλη του ίδιου έτους. Επιλέχθηκαν τυχαία 100 παραγωγοί (ποσοστό 13 %), με διάφορες καλλιέργειες και από διάφορες εδαφικές περιοχές του νομού. Οι καλλιέργειες αυτές καταλάμβαναν έκταση 7637,5 στρεμμάτων και αντιπροσώπευαν το 19 % της συνολικής έκτασης που ήταν ενταγμένη στο συγκεκριμένο πρόγραμμα. Οι παραγωγοί που ελέγχθηκαν, βρίσκονταν σε διάφορα στάδια ένταξής τους στη βιολογική γεωργία (συμβατικό, μεταβατικό, βιολογικό). Η έκταση των 7637,5 στρεμμάτων χωρίστηκε σε τέσσερις γεωγραφικές εδαφικές ενότητες (πρώην επαρχίες του νομού).

Συγκεκριμένα, οι τέσσερις γεωγραφικές ενότητες και τα αντίστοιχα στρέμματα / περιφέρεια είναι :

1. Βάλτου : 1104,5 στρ.
2. Μεσολλογίου : 1430,5 στρ.
3. Ξηρομέρου : 4110 στρ.
4. Τριχωνίδας : 992,5 στρ.

Σημειώνεται ότι η διαφοροποίηση των στρεμμάτων στις τέσσερις γεωγραφικές ενότητες οφείλεται στο διαφορετικό αριθμό παραγωγών / ενότητα, που έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα καθώς και στην τυχαία επιλογή τους.

Η έρευνα εστιάστηκε στην μελέτη των πιο κάτω παραγόντων :

1. σύσταση του εδάφους : έγινε μακροσκοπική περιγραφή της σύστασης των εδαφών. Σε πολλές περιπτώσεις, η περιγραφή αυτή συνδυάστηκε και με στοιχεία από πρόσφατες ή και παλαιότερες αναλύσεις εδάφους. Τα εδάφη ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες (ελαφριά, μέση και βαριά σύσταση).
2. κλίση του εδάφους : έγινε κι εδώ μακροσκοπική περιγραφή της κλίσης των εδαφών και χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες (επίπεδα, με κλίση έως 10 % και διαμορφωμένα σε αναβαθμίδες).
3. κατεργασία του εδάφους : εξετάστηκε ο τρόπος κατεργασίας και τα γεωργικά μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν την τρέχουσα καλλιεργητική περίοδο. Τα στοιχεία συλλέχθηκαν με βάση τις δηλώσεις των παραγωγών καθώς και τον έλεγχο των ημερολογίων εργασιών που τηρούν στα πλαίσια του προγράμματος και ταξινομήθηκαν σε τρεις κύριες κατηγορίες (ακαλλιέργεια, σύστημα μειωμένης κατεργασίας και σύστημα συμβατικής κατεργασίας).
4. εφαρμογή χλωρής λίπανσης : εξετάστηκε η εφαρμογή ή μη χλωρής λίπανσης καθώς και ο τρόπος εφαρμογής στις περιπτώσεις όπου έγινε (χρήση ψυχανθών ή απλή ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζιζανίων).

5. λίπανση με κοπριά : έγινε καταγραφή των εκτάσεων που δεν είχαμε εφαρμογή λίπανσης με κοπριά και αυτών που λιπάνθηκαν. Στη δεύτερη περίπτωση έγινε διαχωρισμός σε δύο υποκατηγορίες (αχώνευτη και χωνεμένη κοπριά).

6. σύστημα αμεινισποράς : εξετάστηκαν οι εκτάσεις που καλλιεργούνταν με ετήσιες καλλιέργειες για την εφαρμογή ή μη συστήματος αμεινισποράς καθώς και το σύστημα που εφαρμόστηκε (μηδική – αραβόσιτος, χειμερινά σιτηρά – αγρανάπαυση).

7. καταπολέμηση ζιζανίων : έγινε καταγραφή και περιγραφή όλων των τρόπων ελέγχου των ζιζανίων (καμία καταπολέμηση, βόσκηση, φρεζάρισμα, επέμβαση με καταστροφέα, συνδυασμός φρέζας και καταστροφέα, σκάλισμα).

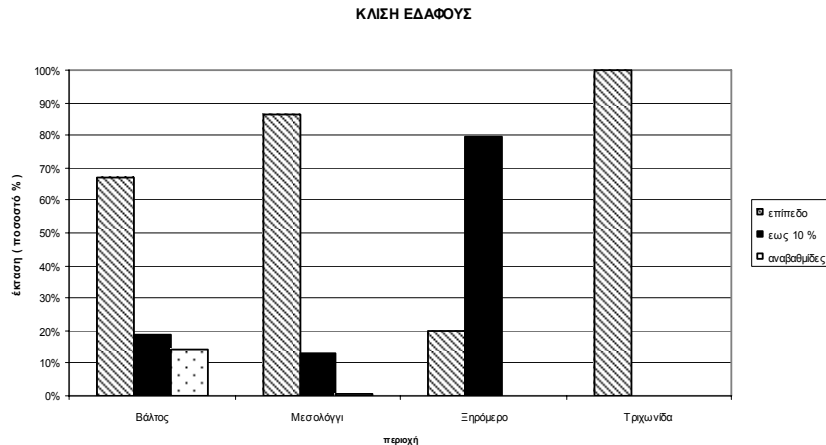
8. σύστημα άρδευσης : εξετάστηκε ο τρόπος εφαρμογής των αρδεύσεων (στάγδην άρδευση, κατάκλυση ή φυσική ροή και τεχνητή βροχή).

9. προέλευση του νερού άρδευσης : έγινε καταγραφή της προέλευσης του νερού (γεώτρηση ή δίκτυο Τ.Ο.Ε.Β.), στις αρδευόμενες εκτάσεις.

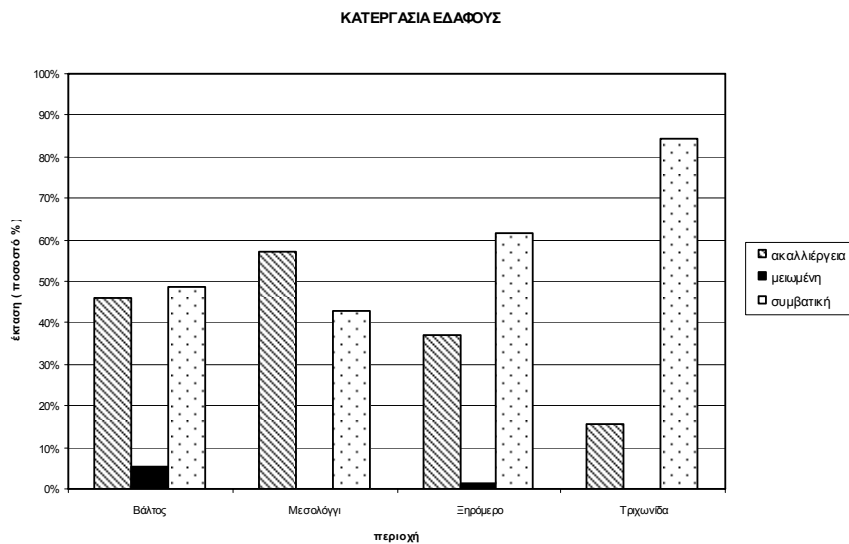
Τα αποτελέσματα της έρευνας ταξινομήθηκαν κατά γεωγραφική ενότητα, αλλά και κατά καλλιέργεια στην αντίστοιχη γεωγραφική ενότητα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

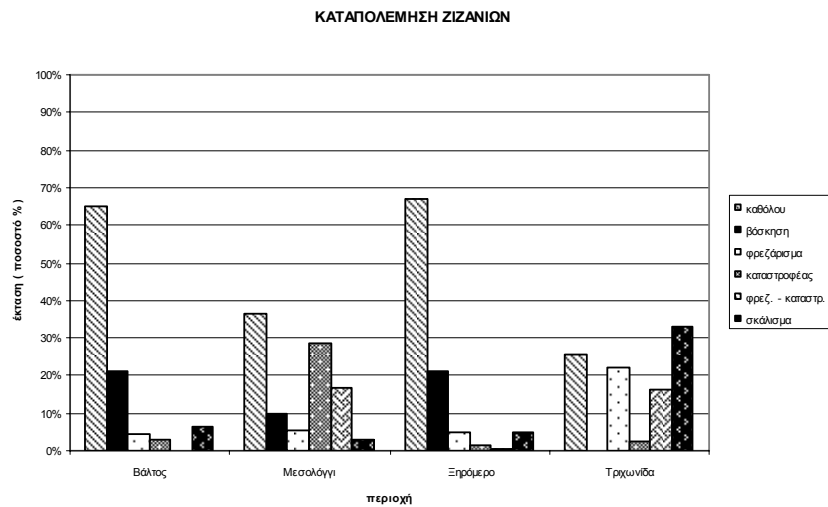
Η ανάλυση των στοιχείων μέσα από τα ερωτηματολόγια μας δίδει ποσοτικά χαρακτηριστικά αναφορικά με τις εδαφικές κλίσεις, το σύστημα καλλιέργειας, την εφαρμογή χλωράς λίπανσης, το σύστημα αμεινισποράς, η καταπολέμηση των ζιζανίων και το σύστημα άρδευσης στις τέσσερις αναλυθείσες γεωγραφικές εδαφικές ενότητες. Αξιολογώντας τα στοιχεία που καταγράφηκαν και που εμφανίζονται στα διαγράμματα των σχημάτων 1-6, καταλήγουμε σε ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα για το σύνολο των γεωγραφικών ενότητων που μελετήθηκαν.



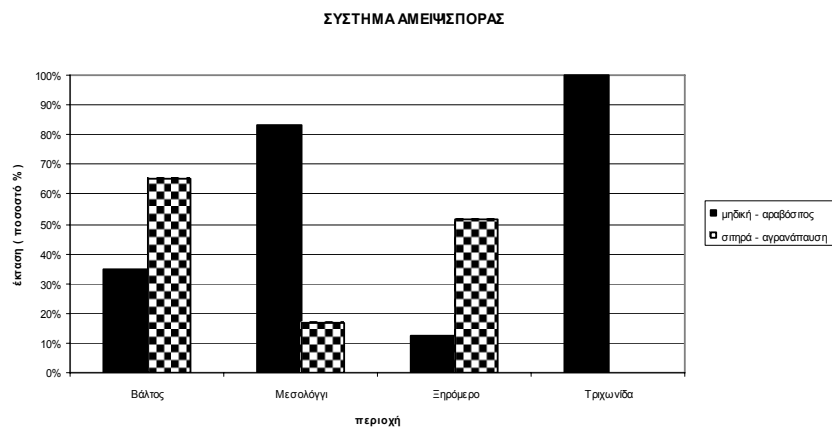
Σχήμα 1. κλίσεις καλλιεργούμενων εδαφών ανά γεωγραφική ενότητα



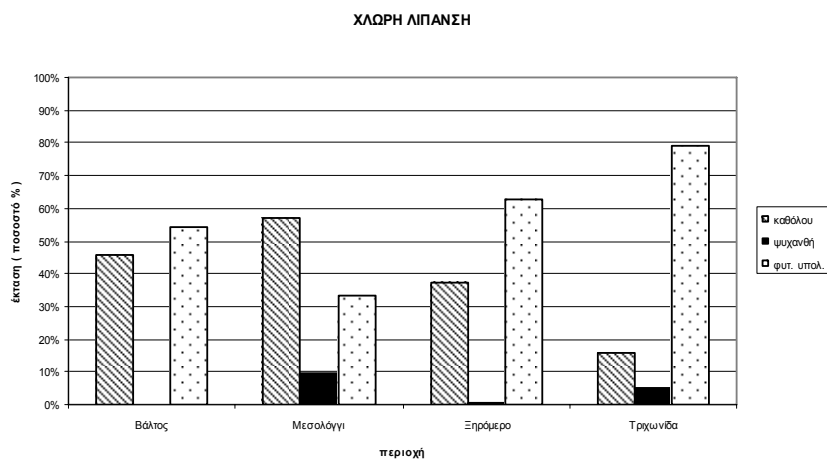
Σχήμα 2. κατεργασία καλλιεργούμενων εδαφών ανά γεωγραφική ενότητα



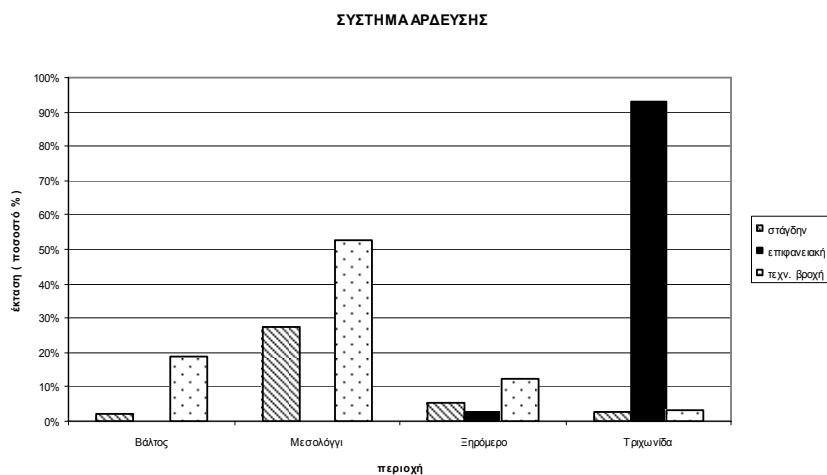
Σχήμα 3. καταπολέμηση ζιζανίων ανά γεωγραφική ενότητα



Σχήμα 4. εφαρμογή συστήματος αμειψισποράς ανά γεωγραφική ενότητα



Σχήμα 5. εφαρμογή χλωράς λίπανσης καλλιεργούμενων εδαφών ανά γεωγραφική ενότητα



Σχήμα 6. σύστημα άρδευσης καλλιεργούμενων εδαφών ανά γεωγραφική ενότητα

Διαπιστώθηκε πως στις περιοχές Βάλτου και Ξηρομέρου υπάρχουν κατά κύριο λόγο εδάφη βαριάς σύστασης και με αυτά του Ξηρομέρου να είναι σε μεγάλο ποσοστό επικλινή. Αυτές οι δύο περιοχές είναι και οι μοναδικές στις οποίες εφαρμόζεται έστω και ένα μικρό ποσοστό μειωμένης κατεργασίας, ενώ μαζί με την περιοχή Μεσολογγίου κατέχουν ένα πολύ ικανοποιητικό ποσοστό ακαλλιέργειας. Τα αποτελέσματα δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικά όσον αφορά την εφαρμογή χλωρής λίπανσης, αφού οι παραγωγοί σε Βάλτο και Ξηρόμερο δεν γνωρίζουν στην κυριολεξία τι είναι χλωρή λίπανση. Αντίθετα, στις άλλες δύο περιοχές γίνεται μια μικρή προσπάθεια. Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό που συναντούμε στις δύο πρώτες περιοχές είναι η ενσωμάτωση κοπριάς στο έδαφος, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την αυξημένη κτηνοτροφία που έχει αναπτυχθεί στις συγκεκριμένες περιφέρειες. Η αμεινισπορά εφαρμόζεται από όλους σχεδόν τους παραγωγούς, εκτός από ένα ποσοστό 36% στην περιοχή Ξηρομέρου, με όλες τις θετικές επιδράσεις που έχει μια τέτοια εφαρμογή. Σημαντικό όμως ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση των ζιζανίων, αφού ως γνωστό δεν επιτρέπεται η χρήση ζιζανιοκτόνων. Συγκεκριμένα, στις εδαφικές περιοχές Βάλτου και Ξηρομέρου δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν καθόλου γεωργικά μηχανήματα κατεργασίας εδάφους για τον έλεγχο των ζιζανίων, ενώ στην περιοχή Μεσολογγίου διακρίνεται μία σημαντική τάση για χρησιμοποίηση χορτοκοπτικών. Η έρευνα έδειξε ακόμη πως οι λιγότες εκτάσεις που αρδεύονται στις δύο πρώτες περιοχές, αρδεύονται με σύστημα τεχνητής βροχής. Το συγκεκριμένο σύστημα άρδευσης μειώνει τον κίνδυνο διάβρωσης των εδαφών καθώς και την πιθανότητα επιφανειακής απορροής. Ανάλογα είναι και τα συστήματα άρδευσης στην περιοχή Μεσολογγίου, όπου χρησιμοποιείται τόσο η τεχνητή βροχή όσο και η

στάγδην άρδευση. Κάτι τέτοιο όμως δε συμβαίνει και στην Τριχωνίδα, αφού σε ποσοστό μεγαλύτερο από 90% γίνεται επιφανειακή άρδευση, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιφανειακών απορροών και την έκπλυση των νιτρικών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εξετάζοντας πιο αναλυτικά την κάθε γεωγραφική ενότητα καθώς και την κάθε καλλιέργεια στη συγκεκριμένη εδαφική ενότητα, προκύπτουν επιμέρους συμπεράσματα. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως τα επικλινή εδάφη καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο με ελιές και στους ελαιώνες αυτούς μόνο στο 18% γίνεται κατεργασία του εδάφους για τον έλεγχο των ζιζανίων. Αυτό σημαίνει πως στο μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων αυτών υπάρχει συνέχεια φυτοκάλυψη, μειώνοντας έτσι τη διάβρωση του εδάφους κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων. Στη μείωση της διάβρωσης συμβάλλει και η ενσωμάτωση χωνεμένης κοπριάς στο 60% περίπου των ελαιώνων, αφού βελτιώνει τη δομή του εδάφους.

Στην γεωγραφική ενότητα Μεσολογίου παρατηρήθηκε πως οι επικλινείς εκτάσεις καλλιεργούνται με ελιές και πως στις δενδρώδεις καλλιέργειες (ελιές & εσπεριδοειδή) εφαρμόζεται ακαλλιέργεια σε ποσοστό μεγαλύτερο του 60%. Στην καλλιέργεια εσπεριδοειδών γίνεται επίσης χλωρή λίπανση με ψυχανθή και ενσωμάτωση κοπριάς. Η τελευταία πρακτική εφαρμόζεται σχεδόν σε όλες τις καλλιέργειες και σε όλες τις εκτάσεις. Όλα τα παραπάνω συνδυάζονται και με το σύστημα άρδευσης που χρησιμοποιείται και συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της δομής του εδάφους, στη μείωση της απορροής και της απώλειας θρεπτικών στοιχείων. Σε όλες τις καλλιέργειες που αρδεύονται, εφαρμόζεται το σύστημα της τεχνητής βροχής ή και της στάγδην άρδευσης στα εσπεριδοειδή και τις ελιές. Αξίζει να σημειωθεί πως δεν γίνεται καθόλου επιφανειακή άρδευση.

Παρόμοια με την γεωγραφική ενότητα Βάλτου είναι και τα συμπεράσματα στην αντίστοιχη του Ξηρομέρου. Έχουμε κι εδώ μεγάλο ποσοστό επικλινών εδαφών στα οποία εφαρμόζεται ακαλλιέργεια σε πολύ μεγάλο ποσοστό στη μηδική, τις ελιές και την αγρανάπαιση, ενώ καθόλου στα εσπεριδοειδή και τα χειμερινά σιτηρά. Η κτηνοτροφία στην εδαφική αυτή ενότητα έχει αναπτυχθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό και για το λόγο αυτό η προσθήκη κοπριάς σε όλες τις καλλιέργειες φτάνει σε μεγάλα ποσοστά. Στην καλλιέργεια αραβοσίτου και μηδικής η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή, κάτι που επιβάλλεται στα επικλινή εδάφη.

Τέλος, στην γεωγραφική ενότητα της Τριχωνίδας παρατηρήθηκε πως παρόλο που όλα τα εδάφη είναι επίπεδα, οι παραγωγοί έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα επιφανειακής απορροής και έκπλυσης των νιτρικών. Στις καλλιέργειες της περιοχής αυτής (αραβόσιτος, μηδική, εσπεριδοειδή, ελιές) εφαρμόζεται σύστημα συμβατικής κατεργασίας. Επιπλέον, η προσπάθεια για εφαρμογή χλωρής λίπανσης ή για ενσωμάτωση κοπριάς είναι πολύ μικρή. Το πιο ανησυχητικό όμως στοιχείο είναι αυτό του συστήματος άρδευσης που επιλέγεται από τους παραγωγούς της περιφέρειας αυτής. Αν και υπάρχουν πολλές ιδιόκτητες γεωτρήσεις, οι παραγωγοί χρησιμοποιούν το νερό από το δίκτυο του Τ. Ο. Ε. Β. και στη συντριπτική πλειοψηφία γίνεται επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση. Πολλά εδάφη στην εδαφική αυτή ενότητα είναι ελαφριάς ή μέσης σύστασης και δύσκολα συγκρατούν το νερό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τις υπερβολικές απώλειες νερού και θρεπτικών στοιχείων από βαθιά διήθηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wienhold, B., Hendrickson, J., & Karn, J..2001. Pasture management influences on soil properties in the northern Great Plains. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56(1). 27-31.
2. Τσατσαρέλης, Α. Κ..2001. Τα αειφορικά καλλιεργητικά συστήματα. Ευρωπαϊκή και Εθνική πολιτική. Γεωργική Τεχνολογία-Νέα Γεωργία, 1.14-24.
3. Καλαβρουζιώτης Ι.Κ. 2005. Αειφορική Διαχείριση Εδαφικών Πόρων, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Ιωαννίνων, σελ. 266.
4. Plaster E. 2003. *Soil Science & Management*. 4th edition.
5. Σιδηράς, Κ. Ν. 1994. Εδαφικό Περιβάλλον. Πανεπιστημιακές σημειώσεις–Εργαστήριο Γεωργίας Γ.Π.Α. 175-203, 242
6. Ginting, D., Moncrief, J., & Gupta, S..2003. Performance of a Variable Tillage System Based on Interactions with Landscape and Soil. *Precision Agriculture*, 4.19-34
7. Machado, P. & Silva, C..2001. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61. 119-130
8. Σακελλαριάδης, Σ. 2000. Οικοσυστήματα-Ειδικά θέματα αειφορικής γεωργίας, Α.Π.Θ., ΕΠΕΑΕΚ 3.1α
9. Σιδηράς, Κ. Ν. 1997. Οργανική λίπανση και αμεινισπορές. Δ.Η.Ω. Αθήνα.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Καβαλάρης Χ.¹, Μυγδάκος, Ε.² και Γέμτος Θ.¹

¹Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, Ν. Ιωνία Μαγνησίας Τ.Κ. 38446 e-mail: chkaval@agr.uth.gr

² Τμήμα Οργάνωσης και Διαχείρισης Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων – Αγρίνιο, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε ένα πείραμα με 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους υπολογίστηκε το κόστος παραγωγής του βαμβακιού. Οι μέθοδοι ήταν: 1) συμβατική κατεργασία 2) μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή 3) με περιστροφικό σκαπτικό 4) με δισκοσβάρνα και 5) ακαλλιέργεια. Μετρήθηκε η κατανάλωση ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους και εκτιμήθηκε το συνολικό κόστος παραγωγής με κάθε μεταχείριση. Διαπιστώθηκε μια μικρή μείωση (1,5-3%) του κόστους και μια πολύ μεγαλύτερη απώλεια εισοδήματος εξαιτίας μειωμένης παραγωγής στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Η μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή δύναται να δώσει υψηλότερο οικονομικό όφελος από την συμβατική κατεργασία αν ληφθεί υπόψη η διεθνής τιμή του βαμβακιού.

Λέξεις κλειδιά: Μειωμένη κατεργασία, ακαλλιέργεια, βαμβάκι, κόστος παραγωγής.

POTENTIAL COST SAVINGS IN THE COTTON CROP VIA REDUCED TILLAGE APPLICATION

C. Cavalaris¹, E. Mygdakos² and T.A. Gemtos¹

¹Laboratory of Farm Mechanization. University of Thessaly. Fytoko street, 38446 N. Ionia Magnisias. e-mail: chkaval@agr.uth.gr

²Department of Organization and Management of Farm Enterprises, Univ.of Ioannina.

ABSTRACT

Production costs of cotton growing were estimated for five tillage methods: Conventional tillage, reduced tillage with heavy cultivator, reduced tillage with rotary cultivator, reduced tillage with disk harrow and no-tillage. In each method the energy consumption during the tillage operations was measured and the corresponding costs were estimated. The results showed a limited potential for total cost savings with reduced tillage application (1,5-3%) and a much greater income loss due to reduced production. However, the method of heavy cultivator may prove more beneficial from conventional tillage, if the international cotton price is taken into account.

Key words: Conservation tillage, no tillage, cotton, production costs.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαμόρφωση των τιμών των αγροτικών προϊόντων και των αγροτικών εφοδίων στα πλαίσια της νέας Κ.Α.Π. οδηγεί στον περιορισμό των περιθωρίων κέρδους για τις ελληνικές αγροτικές επιχειρήσεις οι οποίες για να διατηρήσουν την ανταγωνιστικότητά τους θα πρέπει να καταφύγουν στην εξεύρεση τρόπων μείωσης του κόστους παραγωγής. Σημαντικά οφέλη στην περίπτωση αυτή μπορεί να δώσει η εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας του εδάφους [3]. Η αντικατάσταση του αρότρου με άλλα εργαλεία για μειωμένη κατεργασία του εδάφους (βαρύς καλλιεργητής, δισκοσβάρνα, περιστροφικός καλλιεργητής) μπορεί να δώσει μια μείωση του ετήσιου κόστους για την κατεργασία από 10-60% [7]. Το σύστημα της ακαλλιέργειας μειώνει κατά 100% το κόστος κατεργασίας, απαιτεί όμως την εφαρμογή καθολικής ζιζανιοκτονίας για τον έλεγχο των ζιζανίων. Στην περίπτωση αυτή το βραχυπρόθεσμο κόστος της ζιζανιοκτονίας μπορεί να υπερβαίνει το κόστος της κατεργασίας του εδάφους, μακροπρόθεσμα όμως λαμβανομένων υπόψη των στοιχείων του κόστους χρήσης, συντήρησης, απόσβεσης κλπ. του απαιτούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού το συνολικό όφελος είναι υπέρ της μειωμένης κατεργασίας ή της ακαλλιέργειας [9]. Μακροπρόθεσμα, το οικονομικό όφελος από την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας βελτιώνεται και μπορεί να υπερβεί αυτό της συμβατικής μεθόδου, εξαιτίας της σταδιακής αύξησης των αποδόσεων και του περιορισμού του κόστους χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων [2].

Σε μια σχετική μελέτη για το βαμβάκι στον Ν. Καρδίτσας διαπιστώθηκε ότι το σύστημα της ακαλλιέργειας έδωσε μεγαλύτερη παραγωγή, μικρότερο κόστος και μεγαλύτερο ακαθάριστο κέρδος σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. [5]. Σε μια τριετή έρευνα συστημάτων συμβατικής κατεργασίας, μειωμένης κατεργασίας και ακαλλιέργειας στα πλαίσια ενός ευρύτερου προγράμματος έρευνας του Οργανισμού Βάμβακος και του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, βρέθηκε ότι το σύστημα της ακαλλιέργειας έδωσε σχεδόν την ίδια απόδοση και την ίδια ακαθάριστη πρόσοδο με την συμβατική, ενώ το σύστημα της μειωμένης κατεργασίας είχε μικρότερο κόστος και μεγαλύτερο ακαθάριστο κέρδος [6].

Σε ένα πείραμα που εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο έγινε σύγκριση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, υπολογίστηκε η κατανάλωση ενέργειας για την κατεργασία και έγινε κατάρτιση ενεργειακών ισοζυγίων για τη συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων [4]. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι με την μείωση της εντατικότητας της κατεργασίας μπορεί να προκύψει μια μείωση των συνολικών εισροών ενέργειας της τάξης του 1,8 με 4,2% [4]. Προέκυψε ωστόσο και μια μείωση της απόδοσης του βαμβακιού από 4,7-33% [4].

Στην παρούσα εργασία με βάση τα στοιχεία της κατανάλωσης ενέργειας που μετατράπηκαν σε κόστος καυσίμου και την επιβάρυνση του εξοπλισμού υπολογίζεται το κόστος της κατεργασίας του εδάφους με τις διάφορες μεθόδους. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας στοιχεία της αγοράς για τις λοιπές εργασίες και υπολογίζοντας από τα δεδομένα της παραγωγής την ακαθάριστη πρόσοδο, γίνεται κατάρτιση οικονομικών ισοζυγίων και υπολογίζεται η καθαρή πρόσοδος για τις διάφορες μεθόδους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα ήταν τριετές και περιελάμβανε την αξιολόγηση των εξής πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους: 1) Συμβατική κατεργασία (Σ) με όργωμα σε βάθος 25-30 cm,

2) μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK) σε βάθος 20-25 cm 3) μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό (ΠΣ) με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 10-12 cm, 4) μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ) σε βάθος 6-8 cm και 5) ακαλλιέργεια (Α). Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας έγινε καταστροφή των ζιζανίων με *glyphosate* (800 g/στρ) και απ' ευθείας σπορά. Οι επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν κάθε έτος σε κάθε μεταχείριση φαίνονται στον Πίνακα 4. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες με υπο-ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις σε δύο πειραματικούς αγρούς. Στις κύριες ομάδες υπήρχαν τέσσερα συστήματα αμειψισποράς με καλλιέργειες βαμβακιού, καλαμποκιού και τεύτλων ενώ στις υπο-ομάδες τοποθετήθηκαν τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα οικονομικά αποτελέσματα για την καλλιέργεια του βαμβακιού.

Το βαμβάκι σπέρνονταν σε γραμμές πλάτους 1m με μια τετράσειρη πνευματική σπαρτική. Χρησιμοποιήθηκαν περί τα 2,5 kg σπόρου ανά στρέμμα. Για την λίπανση της καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν κατά μέσο όρο ετησίως 14 μονάδες αζώτο, 8,33 μονάδες φωσφόρου και 12 μονάδες καλίου. Για τον έλεγχο των ζιζανίων, την πρώτη και δεύτερη χρονιά εφαρμόστηκαν 0,2 kg/στρ προμετρίνη και 0,4 kg/στρ LASSO ενώ την τρίτη έγινε εφαρμογή 0,6 kg/στρ KONTAL και 0,4 kg/στρ KOTOPAN. Η άρδευση γινόταν από γεώτρηση με το σύστημα σταγόνας με τοποθέτηση των σταλακτηφόρων σωλήνων ανά δεύτερη γραμμή καλλιέργειας. Σε κάθε καλλιεργητική περίοδο εφαρμόστηκαν περί τα 60 m³/στρέμμα νερού συνολικά.

Κατά την κατεργασία του εδάφους, προσαρμόστηκε σε έναν γεωργικό ελκυστήρα 82 KW ένα σύστημα μέτρησης και καταγραφής της αναπτυσσόμενης ελκτικής δύναμης και της ροπής στον δυναμοδοτικό άξονα καθώς επίσης και της ταχύτητας κίνησης του ελκυστήρα και της γωνιακής ταχύτητας στον δυναμοδότη [4]. Από τα παραπάνω στοιχεία υπολογίστηκε η απαιτούμενη ισχύς και η καταναλισκόμενη ενέργεια για την κατεργασία του εδάφους με τα διάφορα μηχανήματα [4] (Πίνακας 1). Στη συνέχεια με την χρησιμοποίηση συντελεστών μετάδοσης της κίνησης [8] εκτιμήθηκε η ειδική κατανάλωση καυσίμου και υπολογίστηκε η ανά ώρα και η ανά στρέμμα κατανάλωση καυσίμου για την κατεργασία του εδάφους με τα μηχανήματα (Πίνακας 1) [4].

Ο υπολογισμός του κόστους χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων στηρίχθηκε στα στοιχεία της κατανάλωσης καυσίμου καθώς και σε στοιχεία της βιβλιογραφίας και της ελληνικής αγοράς. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν αντιπροσωπευτικές τιμές της αγοράς για το 2004. Οι υπολογισμοί στηρίχθηκαν στην παραδοχή ότι όλα τα μηχανήματα (εκτός των μηχανών συγκομιδής) χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο σε μια υποθετική αγροτική επιχείρηση 300 στρεμμάτων. Η επιχείρηση διαθέτει έναν γεωργικό ελκυστήρα 82 KW. Ο ελκυστήρας αυτός πέρα από τις ώρες που υπολογίζονται για τις διάφορες επεμβάσεις θεωρήθηκε ότι χρησιμοποιείται επιπλέον 100 ώρες ετησίως για να καλύψει λοιπές ανάγκες της γεωργικής επιχείρησης (Πίνακας 2). Τα μηχανήματα θεωρήθηκε ότι βρίσκονται στον 10^ο χρόνο λειτουργίας (περίπου στο μεσοδιάστημα της οικονομικής τους ζωής). Ο συνολικός χρόνος ετήσιας απασχόλησης του κάθε μηχανήματος στην γεωργική επιχείρηση υπολογίστηκε διαιρώντας την έκταση της αγροτικής επιχείρησης με τη μέση στρεμματική απόδοση του κάθε μηχανήματος, όπως αυτή μετρήθηκε κατά τις επεμβάσεις κατεργασίας (Πίνακας 2) και πολλαπλασιάζοντας με τον αριθμό των επεμβάσεων που πραγματοποιούνται ετησίως. Οι δαπάνες που υπολογιστήκαν ήταν: η απόσβεση των μηχανημάτων, ο τόκος του επενδεδυμένου και του κυκλοφορούντος κεφαλαίου, τα ασφάλιστρα, οι δαπάνες για τη στέγαση, το κόστος του καυσίμου και των λιπαντικών, η αμοιβή του χειριστή και οι δαπάνες συντήρησης και επισκευών.

Για τον υπολογισμό της απόσβεσης των μηχανημάτων επιλέχθηκε η μέθοδος της σταθερής ετήσιας απόσβεσης εκτιμώντας μια υπολειμματική αξία 10%. Η αρχική αξία και η διάρκεια οικονομικής ζωής των μηχανημάτων φαίνονται στον Πίνακα 2. Για τον υπολογισμό των τόκων του επενδεδυμένου και του κυκλοφορούντος κεφαλαίου χρησιμοποιήθηκε ένα μέσο ετήσιο επιτόκιο των καταθέσεων ίσο με 4%. Οι δαπάνες στέγασης υπολογίστηκαν με την παραδοχή ότι τα μηχανήματα στεγάζονται σε ένα υπόστεγο από σκυρόδεμα (Πίνακας 2).

Το κόστος του καυσίμου για κάθε εργασία υπολογίστηκε από τα στοιχεία της ωριαίας κατανάλωσης καυσίμου και του συνολικού χρόνου ετήσιας λειτουργίας των μηχανημάτων. (Πίνακες 1 & 2). Για το πετρέλαιο θεωρήθηκε μια μέση τιμή ίση με 0,50 €/λίτρο. Η κατανάλωση λιπαντικών εκτιμήθηκε από τη σχέση [1]:

$$OC_{(a)} = 0,00059P + 0,02169 \quad (1)$$

Όπου: $OC_{(a)}$ = η κατανάλωση λιπαντικών σε λίτρα ανά ώρα λειτουργίας του ελκυστήρα και P = η μέγιστη ισχύς του ελκυστήρα (82 kW) Το κόστος των λιπαντικών εκτιμήθηκε λαμβάνοντας υπόψη μια μέση τιμή ίση με 3 €/λίτρο.

Για την αμοιβή του χειριστή υπολογίστηκε ένα ωρομίσθιο ίσο με 5€. Ο χρόνος χειρισμού των μηχανημάτων προσαυξήθηκε κατά 7,5% για να συμπεριληφθεί και ο χρόνος που αφιερώνεται σε ρυθμίσεις, καθαρισμό και καθημερινή συντήρηση των μηχανημάτων. Το κόστος συντήρησης και επισκευών υπολογίστηκε από την σχέση [1].

$$C_{rm} = (RF_1)Q_o \left[\frac{h}{1000} \right]^{(RF_2)} \quad (2)$$

Όπου: C_{rm} = το σωρευμένο κόστος συντήρησης και επισκευών από το έτος αγοράς του μηχανήματος έως τον πρώτο μήνα του έτους n , Q_o = το κόστος αγοράς, h = οι συνολικές ώρες λειτουργίας, RF_1 , RF_2 = σταθεροί συντελεστές [1] (Πίνακας 2). Υπολογίστηκε το σωρευμένο κόστος επισκευών και συντήρησης στις αρχές του 10ου και του 11ου έτους λειτουργίας. Η διαφορά έδωσε τις ετήσιες δαπάνες επισκευών και συντήρησης για τον 10ο χρόνο της λειτουργίας.

Για τα γεωργικά εφόδια (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, σπόροι) χρησιμοποιήθηκαν τρέχουσες τιμές της αγοράς (τιμές 2004). Για την άρδευση θεωρήθηκε ένα κόστος νερού ίσο με 44 €/στρ σύμφωνα με στοιχεία τιμολόγησης του ΤΟΕΒ Στεφανοβικείου Μαγνησίας. Επιπλέον υπολογίστηκε το κόστος της απόσβεσης των αγωγών του αρδευτικού εξοπλισμού θεωρώντας μια μέγιστη διάρκεια ζωής 10 ετών. Το κόστος προσαυξήθηκε κατά 2% για έξοδα αναλώσιμων και υλικών συντήρησης. Επίσης θεωρώντας ένα συνολικό χρόνο 1,5 h/στρ για εγκατάσταση, απεγκατάσταση και εργασίες συντήρησης του δικτύου άρδευσης και ένα ωρομίσθιο των εργατών 3 € υπολογίστηκε το κόστος της εργασίας για την τοποθέτηση και τη λειτουργία του δικτύου άρδευσης.

Κάθε έτος πραγματοποιήθηκαν 1-2 σκαλίσματα με το χέρι. Η απόδοση των εργατών ήταν διαφορετική σε κάθε μεταχείριση κατεργασίας διότι ήταν διαφορετική και η ανάπτυξη των ζιζανίων. Η συμβατική κατεργασία είχε λιγότερα ζιζάνια και το σκάλισμα γινόταν ταχύτερα ενώ η ακαλλιέργεια είχε πολλά ζιζάνια και χρειαζόταν πολύ περισσότερο χρόνο. Ο χρόνος αυτός μετρήθηκε και ήταν 4 h/στρ για την μέθοδο Σ, 4,2 h/στρ για την ΒΚ, 5,4 h/στρ για την ΠΣ, 5,7 h/στρ για την Δ και 7,7 h/στρ για την Α. Λαμβάνοντας υπόψη ένα ωρομίσθιο των εργατών γης ίσο με 3€/h υπολογίστηκε σε κάθε μεταχείριση το κόστος του σκαλίσματος.

Το κόστος της συγκομιδής υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη ένα μίσθιο για την μηχανή συγκομιδής ίσο με 20 €/στρ. Για τα γεωργικά εφόδια και την εργασία εγκατάστασης του δικτύου άρδευσης υπολογίστηκε ο τόκος του κυκλοφορούντος κεφαλαίου για ένα εξάμηνο. Για τη συγκομιδή ο τόκος του κυκλοφορούντος κεφαλαίου υπολογίστηκε για έναν μήνα. Στα ετήσια έξοδα της παραγωγής δεν συμπεριλήφθηκε το ενοίκιο γης με την υπόθεση ότι η γεωργική επιχείρηση λειτουργεί σε ιδιόκτητη έκταση και η χρησιμοποίηση σε κάθε περίπτωση μιας ενιαίας τιμής τεκμαρτού ενοικίου δεν θα άλλαζε τα αποτελέσματα. Τέλος με βάση την απόδοση της καλλιέργειας και θεωρώντας μια τιμή για το σύσπορο ίση με 0,82 €/kg υπολογίστηκε για κάθε μέθοδο κατεργασίας η αξία της παραγωγής.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον Πίνακα 1 υπολογίζεται το κόστος του καυσίμου και των λιπαντικών για τις διάφορες επεμβάσεις κατεργασίας του εδάφους. Το όργανο ως η πλέον ενεργοβόρος μέθοδος έχει το υψηλότερο ετήσιο κόστος εφαρμογής. Ακολουθούν ο βαρύς καλλιεργητής και το περιστροφικό σκαπτικό που προσφέρουν περίπου 50% εξοικονόμηση σε καύσιμα. Σημαντικά μειωμένη είναι η κατανάλωση και το κόστος του καυσίμου με τα ελαφρύτερα μηχανήματα κατεργασίας (δισκοσβάρνα, ελαφρύς καλλιεργητής) εξαιτίας των σημαντικά μικρότερων απαιτήσεων σε ενέργεια.

Το ίδιο ισχύει και για τα μηχανήματα των υπόλοιπων καλλιεργητικών φροντίδων. Η υψηλή ειδική κατανάλωση καυσίμου που εκτιμήθηκε για τις ελαφρύτερες εργασίες οφείλεται στο γεγονός ότι για τις εργασίες αυτές χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος γεωργικός ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε και για τις βαρύτερες εργασίες της κατεργασίας του εδάφους. Κατά συνέπεια το ποσοστό αξιοποίησης της ισχύος στην περίπτωση αυτή ήταν μικρό οδηγώντας σε μια υψηλή ειδική κατανάλωση. Αν και η πρακτική αυτή αντιπροσωπεύει τις περισσότερες ελληνικές γεωργικές επιχειρήσεις που συνήθως διαθέτουν έναν γεωργικό ελκυστήρα μεγάλης ισχύος για την κάλυψη όλων των καλλιεργητικών αναγκών, η ενδεχόμενη χρήση ενός μικρότερου ελκυστήρα θα έδιδε καλύτερη αξιοποίηση της ισχύος και επομένως μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.

Πίνακας 1. Κόστος καυσίμου και λιπαντικών.

	Ειδική		Κατανάλωση				Κόστος		Κόστος
	Απορροφόμενη ενέργεια (kWh/στρ)	κατανάλωση καυσίμου (l/kWh)	καυσίμου (l/h) (l/στρ)		καυσίμου (€/h) (€/στρ)		καυσίμου (€/έτος)		λιπαντικών (€/έτος)
Άροτρο	6,45	0,36	17,2	5,46	8,6	2,7	819		20,0
Βαρύς καλλιεργητής	3,75	0,35	21,4	2,60	10,7	1,3	390		7,6
Περιστροφ. σκαπτικό	5,84	0,35	22,2	2,68	11,1	1,3	402		7,6
Δισκοσβάρνα	0,63	0,41	15,0	0,76	7,5	0,4	228		6,4
Ελαφρύς καλλιεργητής	0,98	0,37	16,6	0,99	8,3	0,5	222		5,6
Σπαρτική	0,17	0,62	9,18	0,49	4,59	0,25	74		3,4
Στελεχοκόπτης	0,98	0,63	8,2	0,80	4,1	0,4	119		6,2
Ψεκαστικό	0,09	0,63	8,0	0,09	4,0	0,0	28		1,5
Λιπασματοδιανομέας	0,17	0,6	9,4	0,15	4,7	0,1	33		1,5
Σκαλιστήρι	0,81	0,6	13,8	0,58	6,9	0,3	86		2,6

Πίνακας 2. Στοιχεία απόδοσης, χρήσης, κίνησης και στέγασης των γ. μηχανημάτων

	Μέση στρεμ. απόδοση (στρ/ha)	Αριθμός επεμβάσεων ετησίως	Ώρες λειτουργίας ετησίως μηχαν γ.ε.		Αρχική αξία (€)	Έπιφάνεια αποθή- κευσης (m ²)	Διάρκεια οικονομ ζωής* (h)	RF ₁ *	RF ₂ *
Γεωργικός ελκυστήρας (4 κιν τροχοί)					60.000	24	16.000	0,007	2,0
Άροτρο	3,2	1	95,2	267	2.000	6	2.000	0,29	1,8
Βαρύς καλλιεργητής	8,2	1	36,4	208	2.000	6	2.000	0,28	1,4
Περιστροφ. σκαπτικό	8,3	1	36,2	208	3.500	6	1.500	0,36	2,0
Δισκοσβάρνα	19,8	1-4	30,4	202	3.000	6	2.000	0,18	1,7
Ελαφρύς καλλιεργητής	16,8	1-2	26,8	199	1.800	6	2.000	0,27	1,4
Σπαρτική	18,7	1	16,0	217	5.000	6	1.500	0,32	2,1
Στελεχοκόπτης	10,2	1	29,3	217	1.800	2	1.500	0,46	1,7
Ψεκαστικό	84,5	1-3	7,1	217	1.800	2	1.500	0,41	1,3
Λιπασματοδιανομέας	63,0	1-2	7,1	217	1.400	2	1.500	0,63	1,3
Σκαλίστηρι	24,0	1	12,5	217	2.000	6	2.000	0,17	2,2

στοιχεία από ASAE Standards D497.4

Στον **Πίνακα 3** υπολογίζονται όλες οι σταθερές και μεταβλητές δαπάνες κατά την χρήση των γεωργικών μηχανημάτων. Στην πρώτη σειρά υπολογίζονται οι ετήσιες σταθερές δαπάνες του γ.ε. Στην 9^η στήλη του πίνακα γίνεται καταμερισμός αυτών των δαπανών ανά καλλιεργητική επέμβαση με βάση τη ποσοστιαία συμβολή της κάθε επέμβασης στον συνολικό ετήσιο χρόνο λειτουργίας του γ.ε. Η κατεργασία του εδάφους με άροτρο παρουσιάζει το υψηλότερο κόστος ανά στρέμμα. Η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και περιστροφικό σκαπτικό παρουσιάζει τις μισές περίπου δαπάνες. Σημαντικά μειωμένο είναι το κόστος όταν χρησιμοποιείται δισκοσβάρνα και ελαφρύς καλλιεργητής. Οι τιμές που προέκυψαν από τους υπολογισμούς συγκλίνουν με τις πραγματικές τιμές της αγοράς για την εκμίσθωση των ανωτέρω εργασιών.

Στον **Πίνακα 4**, παρουσιάζεται για κάθε έτος και για κάθε σύστημα κατεργασίας το συνολικό κόστος ανά στρέμμα για την προετοιμασία του εδάφους ανάλογα με τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν. Η πλέον πολυδάπανη μέθοδος αποδεικνύεται η Σ με κόστος παραγωγής 15-15,7 €/στρ. Οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας προσφέρουν μείωση των δαπανών 40%-60% και η μέθοδος Α μείωση 100%.

Στον **Πίνακα 5** συγκρίνονται οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας με βάση το σύνολο των δαπανών για τις διάφορες καλλιεργητικές επεμβάσεις και καταρτίζεται ένα οικονομικό ισοζύγιο για κάθε περίπτωση συμπεριλαμβάνοντας και την αξία της παραγωγής από τα στοιχεία της απόδοσης. Με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας προέκυψε μια μείωση του κόστους παραγωγής κατά 3,1% με την μέθοδο ΒΚ, 1,6-1,9% με τις μεθόδους ΠΣ και Δ και μια αύξηση του κόστους κατά 5,4% με την Α. Η τελευταία οφείλονταν στην υψηλή αξία του *glyphosate* καθώς και στο αυξημένο κόστος για τα σκαλίσματα. Από τα στοιχεία της παραγωγής (**Πίνακας 5**) διαπιστώνεται επίσης ότι στα τρία έτη του πειράματος προέκυψε μια μέση μείωση της απόδοσης κατά 4,7% στην μέθοδο ΒΚ κατά 22-23% στις μεθόδους ΠΣ και Δ και κατά 33% στην μέθοδο Α οδηγώντας σε μια ανάλογη μείωση της ακαθάριστης προσόδου. Από την καθαρή ετήσια πρόσοδο προκύπτει ότι το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με την συμβατική κατεργασία του εδάφους (**Πίνακας 5**). Με την μέθοδο ΒΚ προέκυψε μια μείωση του κέρδους κατά 7€/στρ ενώ με τις μεθόδους ΠΣ και Δ η απώλεια εισοδήματος προσεγγίζει τα 60€/στρ. Τέλος η μέθοδος Α δίνει το μεγαλύτερο παθητικό εξαιτίας του υψηλότερου κόστους παραγωγής και της σημαντικά μειωμένης απόδοσης.

Πίνακας 3. Αναλυτική κατάσταση του κόστους χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων σε μια αγροτική επιχείρηση 300 στρ.

	Σταθερές δαπάνες				Μεταβλητές δαπάνες					Σταθερές δαπάνες γεωργ ελκυστήρα (€/έτος)	Συνολικό κόστος καλλιερητικής επέμβασης			Τιμές αγοράς (€/στρ)
	1. Ετήσια απόσβεση (€/έτος)	2. Τόκος επεν-δεδυμένου κεφαλαίου (€/έτος)	3. Έξοδα στέγασης (€/έτος)	4. Ασ-φάλεια (€/έτος)	5. Έξοδα καυσίμων και λιπαντικών (€/έτος)	6. Αμοιβή χειριστή (€/έτος)	7. Κόστος επισκευών και συντήρησης (€/έτος)	8. Τόκος κυκλοφο-ρούντος κεφαλαίου (€/έτος)	(€/έτος)		(€/έτος)	(€/h)	(€/στρ)	
μηχ γ.ε.														
Γεωργικός ελκυστήρας	2700	1266	57,2	150						4173				
Αροτρο	90	42,2	14,3		839	512	101	116	29,1	1487	3230	33,9	10,8	11,2 - 14,7
Βαρύς καλλιεργητής	90	42,2	14,3		398	196	20	25	12,5	729	1526	41,9	5,1	5,9 - 7,3
Περιστροφ. σκαπτικό	158	73,9	14,3		409	195	35	25	12,7	726	1649	45,5	5,5	5,9 - 8,8
Δισκοσβάρνα	135	63,3	14,3		234	163	13	20	8,3	626	1277	42,0	2,1	1,5 - 2,1
Ελαφρύς καλλιεργητής	81	38,0	14,3		228	144	11	16	8,7	562	1103	41,2	2,5	1,5 - 2,1
Σπαρτική πνευμ. (βαμβ)	225	105,5	14,3		77	86	8	8	3,4	308	835	52,1	2,8	2,6 - 3,2
Στελεχοκόπτης	81	38,0	9,5		126	157	18	19	6,0	563	1018	34,7	3,4	2,3 - 2,9
Ψεκαστικό	81	38,0	9,5		30	38	3	3	1,8	137	341	48,1	0,6	0,6 - 0,9
Λιπασματοδιανομέας	63	29,5	9,5		35	38	4	3	1,8	137	321	45,0	0,7	0,6 - 0,9
Σκαλιστήρι	63	29,5	14,3		89	67	1	6	3,2	240	513	41,0	1,7	1,5 - 2,1

Πίνακας 4. Συνοπτικό κόστος των επεμβάσεων κατεργασίας που πραγματοποιήθηκαν κάθε χρονιά στις πέντε μεταχειρίσεις του πειράματος.

Συστήμ κατεργ:	1997					1998					1999				
	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
	(€/στρ)					(€/στρ)					(€/στρ)				
Αροτρο	10,8					10,8					10,8				
Βαρύς καλλιεργ		5,1					5,1					5,1			
Περιστρ σκαπτικό			5,5					5,5					5,5		
Δισκοσβάρνα (1η)	2,1	2,1	2,1	2,1		2,1	2,1		2,1					2,1	
Δισκοσβάρνα (2η)	2,1	2,1	2,1	2,1		2,1			2,1					2,1	
Δισκοσβάρνα (3η)				2,1											
Δισκοσβάρνα (4η)				2,1											
Ελαφρ καλ (1ος)											2,5	2,5	2,5	2,5	
Ελαφρ καλ (2ος)											2,5	2,5			
ΣΥΝΟΛΟ	15,0	9,3	9,8	8,5	0,0	15,0	7,2	5,5	4,3	0,0	15,7	10,0	7,9	6,7	0,0

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι με τις υπάρχουσες συνθήκες η υποκατάσταση του αρότρου από κάποιο άλλο μηχάνημα κατεργασίας είναι ασύμφορη. Η σχετικά περιορισμένη ελάττωση του κόστους παραγωγής με την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας του εδάφους οφείλεται στο γεγονός ότι η κατεργασία καταλαμβάνει μικρό ποσοστό στο συνολικό κόστος παραγωγής (8,1% στην συμβατική κατεργασία, 4,2-4,9%

στο περιστροφικό σκαπτικό και το βαρύ καλλιεργητή 3,5% στη δισκοσβάρνα και 0% στην ακαλλιέργεια) με συνέπεια να περιορίζονται σημαντικά τα περιθώρια εξοικονόμησης δαπανών αλλά και στο αυξημένο κόστος για το σκάλισμα. Επιπλέον, οι μεγάλες απώλειες εισοδήματος σχετίζονται με την υψηλή εμπορική αξία του προϊόντος εξαιτίας της επιδότησης της παραγωγής. Στον Πίνακα 5, οι αριθμοί στις παρενθέσεις υποδηλώνουν την καθαρή ετήσια πρόσοδο όταν ληφθεί ως βάση η διεθνής τιμή του προϊόντος που είναι 0,25 €/kg.. Σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο φαίνεται ότι η καλλιέργεια του βαμβάκιου θα καταστεί παθητική εξαιτίας των υψηλών εισροών κεφαλαίου για την παραγωγή. Σημαντικό είναι όμως το γεγονός ότι τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται υπέρ της μεθόδου ΒΚ.

Πίνακας 5. Κατάρτιση οικονομικού ισοζυγίου για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους με βάση τους μέσους όρους από τα τρία έτη του πειράματος.

	Σ	ΒΚ	ΠΣ	Δ	Α
Ετήσιες δαπάνες (€/στρ)					
1 κατεργασία	15,2	8,8	7,7	6,5	0,0
2 ζιζανιοκτονία	10,3	10,3	10,3	10,3	24,1
3 σκάλισμα	13,8	14,5	18,2	19,1	25,4
4 σπορά	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9
5 λίπανση	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
6 άρδευση	59,5	59,5	59,5	59,5	59,5
7 συγκομιδή	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
8 στελεχοκοπή	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
<i>σύνολο</i>	187,4	181,7	184,3	183,9	197,5
Απόδοση (kg/στρ)	329	313	251	254	219
Αξία παραγωγής (€/στρ)	269	257	206	208	180
Καθαρή ετήσια πρόσοδος (€/στρ)	82,0(-105,3)	75,0(-103,4)	21,5(-121,6)	24,4(-120,4)	-17,9(-142,8)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους προσέφερε μείωση του κόστους παραγωγής εκτός από την περίπτωση της ακαλλιέργειας όπου το κόστος ήταν υψηλότερο από την συμβατική κατεργασία εξαιτίας της χρήσης του *glyphosate* και του αυξημένου κόστους για το σκάλισμα.
- Στο σύνολο των δαπανών παραγωγής η κατεργασία του εδάφους καταλαμβάνει μικρό ποσοστό επιτρέποντας περιορισμένα περιθώρια μείωσης του κόστους.
- Με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας προκύπτει μια μείωση της ακαθάριστης προσόδου εξαιτίας της μείωσης της παραγωγής του βαμβάκιου.
- Με τις υπάρχουσες συνθήκες η πλέον προσοδοφόρος μέθοδος αποδεικνύεται η συμβατική καθότι εξασφαλίζει το υψηλότερο εισόδημα. Εάν όμως αφαιρεθεί η επιδότηση από την τιμή του προϊόντος τότε η μέθοδος ΒΚ εξασφαλίζει ελαφρώς μικρότερη απόδοση από την Σ με όμως σημαντικά μειωμένο κόστος παραγωγής.
- Στην παρούσα εργασία δεν εκτιμήθηκε η επίπτωση από τη διαφορετική χρήση ενός μικρότερου ελκυστήρα στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας που θα είχε μικρότερες σταθερές και μεταβλητές δαπάνες. Το θέμα αυτό χρίζει περαιτέρω διερεύνηση προκειμένου να υπάρχει πληρέστερη απάντηση στη

σύγκριση της συμβατικής καλλιέργειας με τα λοιπά συστήματα μειωμένης κατεργασίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ASAE (2002). Standard D497.4. Agricultural machinery management data. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
2. Harman, W.L., Michels, G.J. and Wiese, A.F. (1989). A conservation tillage system for profitable cotton production in Central Texas high plains. *Agron J.* 81. 615-18
3. Hernanz, J.L., Giron, V.S. and Cerisola, C. (1995). Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain, *Soil and Tillage Research*, 135 (4), 183-198
4. Καβαλάρης, Χ. (2004). Μελέτη εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους σε συστήματα αμεινισποράς ζαχαροτεύτλων, καλαμποκιού και βαμβακιού. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
5. Κωτούλας Β. (2005). Επιδράσεις των αποστάσεων σποράς σε παράγοντες της ανάπτυξης και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του βαμβακιού σε σύστημα συμβατικής κατεργασίας και ακατεργασίας του εδάφους. Μεταπτ. διατριβή. Γ.Π. Αθηνών
6. Mygdakos E., Avgoulas C., Patsialis K., Kotoulas E. (2000). Comparisson between conventional, reduced tillage and no-till systems on cotton growing in Grece : Economic results of three years experimentation. *Proceedings of the 4th European Symposium on European Farming and Rural Systems Research and Extension into the Next Millenium, Environmental, Agricultural and Socio-economic Issues, AFSRE, Volos 3-7 April*, 55-62.
7. Sijtsma, C.H., Campbell, A.J. McLaughlin, N.B. and Carter, M.R. (1998). Comparative tillage costs for crop rotations utilizing minimum tillage on a farm scale, *Soil and Tillage Research*, 49 (3) 223-31
8. Τσατσαρέλης, Α. Κ. (1995). Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης. Υπηρεσία δημοσιευμάτων (σ. 134).
9. Weise, A.F., Harman, W.L. and Regier, C. (1994). Economic evaluation of conservation tillage systems for dryland and irrigated cotton (*Gossypium hirsutum*) in the Southern Great Plains. *Weed Science*, 42. 316-21.

ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΥΠΕΔΑΦΟΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

I. Παπαθανασίου* Χρ. Καραμούτης* Θ.Α. Γέμτος*

*Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας Φ.Π. & Α.Π., Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Φυτόκο, 38446 Ν.Ιωνία Μαγνησίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζονται δοκιμές εφαρμογής, διαφορετικών αποστάσεων στα κύρια στελέχη ενός υπεδαφοκαλλιεργητή, καθώς και συνδυασμοί τους με αβαθή βοηθητικά στελέχη, με σκοπό την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και την ποιοτικότερη εργασία. Παρατηρήθηκε μείωση της ενέργειας με την αύξηση της απόστασης των κύριων στελεχών. Η προσθήκη βοηθητικών στελεχών οδηγεί σε περεταίρω μείωση στις μεγαλύτερες αποστάσεις των κύριων στελεχών ενώ δεν επηρεάζει στις μικρότερες. Η ποιότητα αναμόχλευσης που επιτεύχθηκε μετά την κατεργασία δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων σχεδιασμών.

Λέξεις κλειδιά: Υπεδαφοκαλλιεργητής, κατανάλωση ενέργειας, ποιότητα εργασίας

REDESIGN OF A SUBSOILER TO DECREASE ENERGY CONSUMPTION

I. Papathanassiou* Ch. Karamoutis* T.A. Gemtos*

*University of Thessaly, School of Agricultural Sciences, Department of Agriculture C.P. & A.E., Lab. of Farm Mechanization, Fytoko, 38446 N. Ionia Magnesia.

ABSTRACT

This work shows various tests of a subsoiler through the application of several spaces between the main tines and their combinations with shallower assistant tines. The aim was the decrease of energy consumption and improvement of work quality. Increase of main tines space led to decrease of energy consumption. Adding assistant tines decrease energy consumption only in the cases of wide spaces between main tines and there wasn't any influence in other cases. Work quality didn't influence in several conducted tests.

Key words: Subsoiler, energy consumption, tillage quality

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωργία στις ανεπτυγμένες χώρες προσανατολίζεται σε ένα συνδυασμό ικανοποιητικής απόδοσης των καλλιεργειών, με ταυτόχρονη μείωση των εισροών. Θα πρέπει να συμπεριστεί το κόστος παραγωγής μέσω της μείωσης των εισροών, κάνοντας τα γεωργικά προϊόντα περισσότερο ανταγωνιστικά στις διεθνείς αγορές. Παράλληλα επιδιώκεται προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας την επιβάρυνσή του. Μια σημαντική εισροή στα σημερινά βιομηχανικά γεωργικά συστήματα που ασκούνται στις ανεπτυγμένες χώρες είναι η ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα. Τα τελευταία προέρχονται από μη ανανεώσιμες πηγές που τα αποθέματά τους μειώνονται συνεχώς κάνοντας ανασφαλή τη μελλοντική τροφοδοσία. Επομένως γίνεται επιτακτική η προσπάθεια μείωσης της ενέργειας που καταναλώνεται με διάφορες μορφές στη γεωργία.

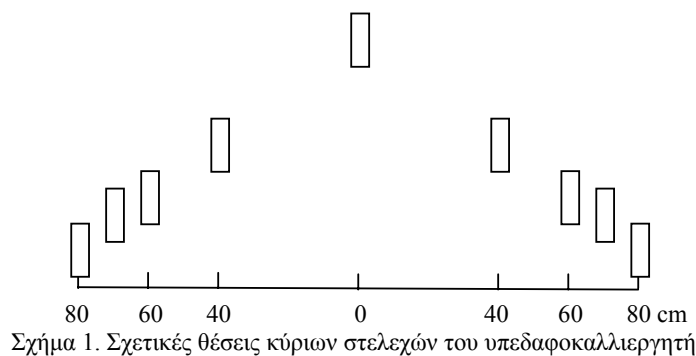
Σημαντικό ποσοστό της ενέργειας που απαιτείται από μια καλλιέργεια καταναλώνεται κατά το στάδιο της προετοιμασίας του εδάφους. Οι σημερινές πρακτικές συνίστανται σε πολλαπλά περάσματα μηχανημάτων στο χωράφι (πρωτογενής, δευτερογενής κατεργασία) που καταναλώνουν σημαντικά ποσά ενέργειας. Στο παρελθόν έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες ανάπτυξης εναλλακτικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους, λιγότερο απαιτητικών σε ενέργεια [1],[2], ενώ σήμερα εφαρμόζονται και αποτελούν πρακτικές κατεργασίας του εδάφους [3]. Οι μελλοντικές προσπάθειες θα πρέπει να οδηγήσουν σε βελτίωση των πρακτικών αυτών μέσω της χρησιμοποίησης αποδοτικότερων γεωργικών εργαλείων.

Η χρήση ενός βαρύ καλλιεργητή ή ενός υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να αντικαταστήσει τη χρήση του αρότρου για την πρωτογενή κατεργασία του εδάφους με σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή των φυτών [2]. Ένας σωστότερος σχεδιασμός του υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να οδηγήσει σε επιπλέον μείωση της κατανάλωσης ενέργειας αυξάνοντας το όφελος από τη χρήση του. Η προσθήκη αβαθών βοηθητικών στελεχών που προηγούνται στην κατάλληλη απόσταση των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 15% καθώς και σε ποιοτικότερη αναμόχλευση του εδάφους όπως αποδείχθηκε με προηγούμενες εργασίες [4],[5],[6],[7]. Η χρήση αβαθών εργαλείων μπροστά από τα κύρια έχει αποδειχθεί [7] ότι μειώνει την απαιτούμενη ενέργεια όταν βρίσκονται στη βέλτιστη απόσταση από τα κύρια στελέχη (50 cm) και έχουν το βέλτιστο βάθος εργασίας (15 cm) όταν το βάθος εργασίας των κύριων στελεχών είναι 40 cm. Επομένως στη συνέχεια θα πρέπει να διερευνηθεί κατά πόσο διαφορετικές σχετικές θέσεις αβαθών και κύριων στελεχών επηρεάζουν ή όχι την κατανάλωση ενέργειας. Δηλαδή αν η προσθήκη και δεύτερης σειράς αβαθών εργαλείων, ώστε να μειωθεί η απόσταση μεταξύ τους κατά πλάτος, μπροστά από την πρώτη σειρά, μειώνει περεταίρω ή όχι την κατανάλωση ενέργειας. Επίσης θα πρέπει να διερευνηθεί η απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών τόσο κατά πλάτος όσο και κατά μήκος αν επηρεάζει ή όχι την κατανάλωση ενέργειας καθώς και την αναμόχλευση που επιτυγχάνεται στο έδαφος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η βελτίωση ενός υπεδαφοκαλλιεργητή, μειώνοντας την καταναλισκόμενη ενέργεια και επιτυγχάνοντας καλύτερη ποιότητα αναμόχλευσης του εδάφους, μέσω διάφορων δοκιμών εναλλακτικών σχεδιασμών. Χρησιμοποιήθηκε ένας κοινός υπεδαφοκαλλιεργητής το πλαίσιο του οποίου έδινε τη

δυνατότητα τοποθέτησης των κύριων στελεχών σε διαφορετικές αποστάσεις μεταξύ τους, τόσο κατά πλάτος όσο και κατά μήκος, τοποθετώντας τα σε συγκεκριμένες θέσεις (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Σχετικές θέσεις κύριων στελεχών του υπεδαφοκαλλιεργητή

Η μεταβολή της απόστασης κατά πλάτος, είχε ως αποτέλεσμα και τη μεταβολή της απόστασης κατά μήκος μεταξύ των κύριων στελεχών. Για την προσθήκη των αβαθών βοηθητικών στελεχών χρησιμοποιήθηκε ειδικό πλαίσιο που προηγούνταν του υπεδαφοκαλλιεργητή. Το πλαίσιο ήταν με τέτοιο τρόπο κατασκευασμένο ώστε να δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής των βοηθητικών στελεχών σε διάφορες θέσεις (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Πλαίσιο τοποθέτησης των βοηθητικών στελεχών μπροστά από τα κύρια σε διάφορες θέσεις.

Η δοκιμή κάθε εναλλακτικού σχεδιασμού περιελάμβανε δυναμομέτρηση της εργασίας στο χωράφι καθώς και εκτίμηση της ποιότητας αναμόχλευσης που επιτυγχάνονταν στο έδαφος με μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση του εδάφους μετά την κατεργασία. Οι μετρήσεις έγιναν στο Αγρόκτημα του Π.Θ. σε ένα έδαφος με ιδιότητες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι δοκιμές τυχαιοποιήθηκαν σε ομάδες με τρεις επαναλήψεις.

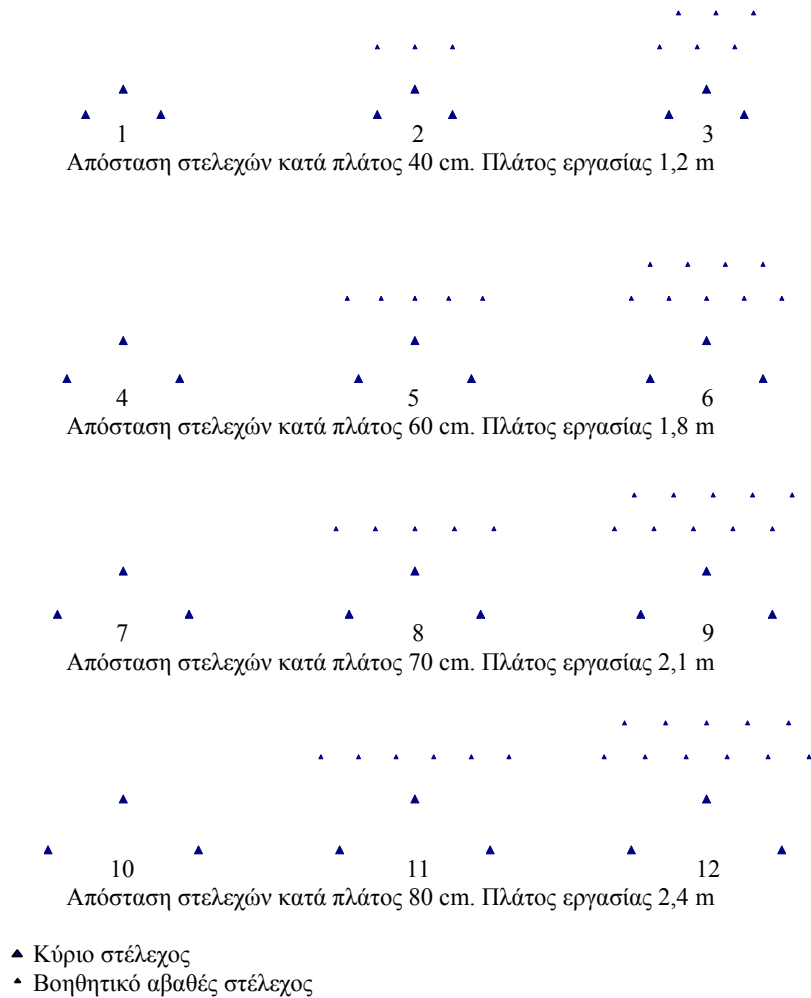
Πίνακας 1. Ιδιότητες εδάφους στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές.

Άμμος (%)	25
Πλύς (%)	36
Αργίλλος (%)	39
Συνοχή (c)	5.65 kPa
Γωνία εσωτερικής τριβής εδάφους	32°
Υγρασία (% κ.β.)	19

Για τις δυναμομετρήσεις χρησιμοποιήθηκε γεωργικός ελκυστήρας με αισθητήρια μέτρησης των παραμέτρων λειτουργίας του [8]. Οι παράμετροι που μετρούνταν ήταν η ελκτική δύναμη, η ταχύτητα του γεωργικού ελκυστήρα, το βάθος κατεργασίας και η κατανάλωση καυσίμου. Η εκτίμηση της χαλάρωσης που παρουσίαζε το έδαφος μετά την κατεργασία, πραγματοποιήθηκε με μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση κώνου, με χρήση ηλεκτρονικού διεισδυσίμετρου [9]. Με τη χρήση μιας πλάκας, που τοποθετούνταν στο κατεργασμένο έδαφος και έφερε οπές ανά 10 cm εξασφαλίστηκε η ίδια θέση και βάθος πραγματοποίησης των μετρήσεων. Με αυτό τον τρόπο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μεταξύ του μεσαίου και ενός ακραίου στελεχούς του υπεδαφοκαλλιεργητή.

Δοκιμάστηκαν τέσσερις διαφορετικές σχετικές θέσεις μεταξύ των κύριων στελεχών του υπεδαφοκαλλιεργητή με αποστάσεις κατά πλάτος (40, 60, 70, 80 cm). Ο αριθμός των κύριων στελεχών παρέμενε σταθερός σε όλες τις δοκιμές (3) όπως και το βάθος κατεργασίας (40 cm) που ελέγχονταν από τροχούς εδάφους. Το πλάτος κάθε κύριου στελεχούς ήταν 6 cm. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε προσθήκη μίας σειράς βοηθητικών στελεχών (τα οποία βρίσκονταν στην ίδια ευθεία μεταξύ τους) σε απόσταση κατά μήκος 50 cm από το μεσαίο κύριο στέλεχος. Η σειρά έφερε τον κατάλληλο αριθμό βοηθητικών στελεχών, ανάλογα με την σχετική θέση των κύριων στελεχών και επομένως ανάλογα με το πλάτος εργασίας τους (Σχήμα 3). Τέλος πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και με προσθήκη δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών (τα οποία επίσης βρίσκονταν επίσης στην ίδια ευθεία κατά μήκος) που τοποθετήθηκε 40 cm μπροστά από την πρώτη ώστε να πραγματοποιείται πιο πλήρης επιφανειακή κατεργασία του εδάφους αφού ελαττώθηκε η απόστασή τους κατά πλάτος για τις δύο σειρές (Σχήμα 3). Το βάθος κατεργασίας των βοηθητικών στελεχών που χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές όλων των σχεδιασμών ήταν 15 cm όπως προαναφέρθηκε ενώ το πλάτος τους ήταν 5 cm. Η ταχύτητα πραγματοποίησης της κατεργασίας παρέμενε σταθερή (0,95-1 m/s) σε όλες τις δοκιμές.

Οι πρώτες δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με τα κύρια στελέχη του υπεδαφοκαλλιεργητή σε απόσταση 40 cm. Αρχικά έγινε δοκιμή χωρίς αβαθή βοηθητικά στελέχη ενώ στη συνέχεια προστέθηκε μία και κατόπιν δύο σειρές αβαθών βοηθητικών στελεχών. Στη συνέχεια αυξάνονταν οι αποστάσεις μεταξύ των κύριων στελεχών διαδοχικά ως τα 80 cm και ακολουθούσαν οι ίδιες δοκιμές (χωρίς βοηθητικά στελέχη, με μία και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών). Το σύνολο των εναλλακτικών σχεδιασμών που δοκιμάστηκαν απεικονίζεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Εναλλακτικοί σχεδιασμοί που δοκιμάστηκαν (κάτοψη σχεδιασμών)

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά όπως προαναφέρθηκε πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές των σχεδιασμών με τα κύρια στελέχη του υπεδαφοκαλλιεργητή σε απόσταση 40 cm μεταξύ τους κατά πλάτος. Λόγω της ύπαρξης φυτικών υπολειμμάτων στον πειραματικό αγρό, παρατηρήθηκαν έντονες εμπλοκές τους (μπουκώματα) με τα στελέχη, σε όλους τους σχεδιασμούς (χωρίς, με μία σειρά και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών) με αποτέλεσμα να υπάρξει σημαντική αύξηση των δυνάμεων και της καταναλισκόμενης ενέργειας. Επομένως οι συγκεκριμένες μετρήσεις δεν χρησιμοποιήθηκαν στις επόμενες στατιστικές

αναλύσεις και συμπεράσματα. Στη συνέχεια αυξάνοντας διαδοχικά την απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών κατά πλάτος δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα σε κανένα σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα των ελκτικών δυνάμεων που απαιτήθηκαν καθώς και της ενεργειακής κατανάλωσης αυτών των δοκιμών εναλλακτικών σχεδιασμών του υπεδαφοκαλλιεργητή παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Ελκτική Δύναμη και Ενεργειακή Κατανάλωση για κάθε σχεδιασμό

Σχεδιασμός	Απόσταση Κύριων Στελεχών (cm)	Σειρές Βοηθητικών Στελεχών	Πλάτος Εργασίας	Συνολική Ελκτική Δύναμη (N)	Καταναλισκόμενη Ενέργεια (kJ/στρέμμα)
4	60	-	1,8	16231	9017
5	60	1	1,8	16064	8924
6	60	2	1,8	16165	8980
7	70	-	2,1	15122	7201
8	70	1	2,1	12828	6108
9	70	2	2,1	14491	6900
10	80	-	2,4	18177	7573
11	80	1	2,4	17489	7287
12	80	2	2,4	17933	7472

Lsd: 1562

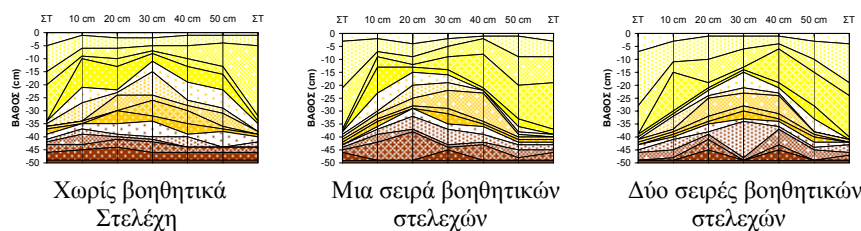
Lsd: 753

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δείχνουν, ότι απαιτήθηκαν οι υψηλότερες ελκτικές δυνάμεις στους σχεδιασμούς, με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 80 cm κατά πλάτος. Στις περιπτώσεις αυτές απαιτήθηκαν κατά 10% περίπου, υψηλότερες ελκτικές δυνάμεις (στατιστικώς σημαντικές διαφορές) σε σχέση με τους σχεδιασμούς με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 60 cm κατά πλάτος. Αντίθετα απαιτήθηκαν κατά 12% περίπου μικρότερες ελκτικές δυνάμεις (στατιστικώς σημαντικές διαφορές) στους σχεδιασμούς με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 70 cm κατά πλάτος, σε σχέση με τους σχεδιασμούς με απόσταση 60 cm. Δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά ο σχεδιασμός με απόσταση κύριων στελεχών κατά πλάτος 70 cm χωρίς βοηθητικά στελέχη, ο οποίος απαιτήσε ελκτικές δυνάμεις κοντά σε αυτές που απαιτήθηκαν από τους σχεδιασμούς με απόσταση κύριων στελεχών μεταξύ τους 60 cm. Η ενεργειακή κατανάλωση δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά, μεταξύ των σχεδιασμών με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 70 και 80 cm κατά πλάτος πλην της περίπτωσης του σχεδιασμού με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 70 cm σε συνδυασμό με μία σειρά αβαθών βοηθητικών στελεχών που απαιτήσε στατιστικώς σημαντικά χαμηλότερη ενέργεια. Αντίθετα στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη ενέργεια καταναλώθηκε στους σχεδιασμούς με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 60 cm κατά πλάτος σε σχέση με τους υπόλοιπους σχεδιασμούς. Επομένως φαίνεται πως η αύξηση της απόστασης μεταξύ των κύριων στελεχών του υπεδαφοκαλλιεργητή, από τα 60 στα 70 cm κατά πλάτος μειώνει τις ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται και σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό την ενεργειακή κατανάλωση. Αντίθετα περεταίρω αύξηση στα 80 cm αυξάνει σημαντικά τις ελκτικές δυνάμεις με αποτέλεσμα παρόμοια ενεργειακή κατανάλωση με τους σχεδιασμούς με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 70 cm. Φαίνεται λοιπόν πως η χρήση απόστασης 70 cm μεταξύ των κύριων στελεχών του υπεδαφοκαλλιεργητή οδηγεί σε ελαχιστοποίηση των αναπτυσσόμενων ελκτικών δυνάμεων και

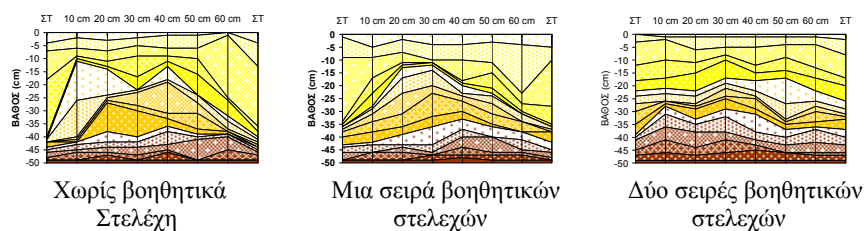
καταναλισκόμενης ενέργειας λόγω κατάλληλου βαθμού αλληλεπίδρασης μεταξύ των στελεχών (ελαχιστοποιημένες αλλά όχι μηδενικές).

Η προσθήκη μιας σειράς βοηθητικών στελεχών οδήγησε σε μείωση των ελκτικών δυνάμεων και της καταναλισκόμενης ενέργειας σε όλες τις αποστάσεις κύριων στελεχών που δοκιμάστηκαν. Στη περίπτωση του σχεδιασμού με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 60 cm, παρατηρήθηκε μείωση κατά 1% (στατιστικώς μη σημαντική διαφορά), στο σχεδιασμό με απόσταση κύριων στελεχών 70 cm, κατά 15% (στατιστικώς σημαντική διαφορά) και στο σχεδιασμό με απόσταση κύριων στελεχών 80 cm, κατά 4% (στατιστικώς μη σημαντική διαφορά). Η προσθήκη και δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών αύξησε τις ελκτικές δυνάμεις και την κατανάλωση ενέργειας που απαιτήθηκε, στα επίπεδα αυτών που απαιτήθηκαν στους σχεδιασμούς χωρίς βοηθητικά στελέχη (στατιστικώς μη σημαντικές διαφορές). Φαίνεται λοιπόν πως η προσθήκη μιας σειράς βοηθητικών στελεχών βοηθά στην μείωση των αναπτυσσόμενων ελκτικών δυνάμεων καθώς και των ενεργειακών απαιτήσεων ενός υπεδαφοκαλλιεργητή σε όλες τις αποστάσεις μεταξύ των κύριων στελεχών που δοκιμάστηκαν λόγω βελτίωσης του βαθμού αλληλεπίδρασης μεταξύ των κύριων στελεχών (αύξηση κρίσιμου βάθους, αλλαγή μορφής διάτμησης του εδάφους). Ιδιαίτερα στον σχεδιασμό με απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών 70 cm η μείωση ήταν ιδιαίτερα σημαντική λόγω της βελτιστοποίησης του βαθμού αλληλεπίδρασης των κύριων στελεχών.

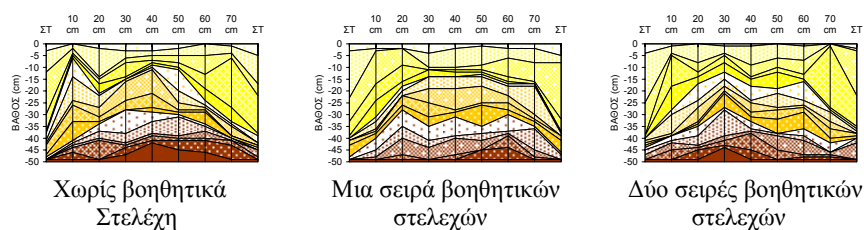
Οι μετρήσεις της ποιότητας αναμόχλευσης δεν έδειξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών σχεδιασμών του υπεδαφοκαλλιεργητή. Στους σχεδιασμούς με αποστάσεις μεταξύ των κύριων στελεχών 70 και 80 cm σε συνδυασμό με μια σειρά βοηθητικών στελεχών επιτεύχθηκε ελαφρώς καλύτερη αναμόχλευση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους αντίθετα με τον σχεδιασμό με απόσταση 60 cm. Επίσης με όλους τους σχεδιασμούς που χρησιμοποιήθηκε δεύτερη σειρά βοηθητικών στελεχών επιτεύχθηκε ελαφρώς δυσμενέστερη αναμόχλευση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους. (Σχήματα 2.1 – 2.3). Στα σχήματα απεικονίζεται η αντίσταση στη διείσδυση (μέσος όρος των επαναλήψεων για κάθε σχεδιασμό) που παρουσίαζε το έδαφος μέχρι βάθους 50 cm, στο τμήμα μεταξύ δύο κύριων στελεχών και εμφανίζεται σε ζώνες χωρισμένες ανά 100 kPa. Βάση παρόμοιων σχημάτων για κάθε επανάληψη υπολογίστηκε το εμβαδό κάθε ζώνης για όλο το πλάτος κατεργασίας, για κάθε σχεδιασμό και πραγματοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση.



Σχήμα 2.1. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία για το σχεδιασμό υπεδαφοκαλλιεργητή με απόσταση στελεχών 60 cm χωρίς, με μία σειρά και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών.



Σχήμα 2.2. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία για το σχεδιασμό υπεδαφοκαλλιεργητή με απόσταση στελεχών 70 cm χωρίς, με μία σειρά και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών.



Σχήμα 2.3. Προφίλ εδάφους μετά την κατεργασία για το σχεδιασμό υπεδαφοκαλλιεργητή με απόσταση στελεχών 80 cm χωρίς, με μία σειρά και δύο σειρές βοηθητικών στελεχών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η αύξηση της απόστασης μεταξύ των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή μειώνει σε σημαντικό βαθμό τις ενεργειακές απαιτήσεις για την κατεργασία του εδάφους ενώ δεν επηρεάζει την ποιότητα αναμόχλευσής του.
2. Η απόσταση μεταξύ των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 70 cm (1,75 επί το βάθος εργασίας). Πάνω από αυτό το όριο παρατηρείται αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων.
3. Δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται μικρή απόσταση (40 cm) μεταξύ των κύριων στελεχών ενός υπεδαφοκαλλιεργητή λόγω έντονης αλληλεπίδρασής τους και ιδιαίτερα σε εδάφη που υπάρχει βλάστηση (Εμφάνιση μπουκωμάτων).
4. Η προσθήκη μιας σειράς βοηθητικών στελεχών σε ένα υπεδαφοκαλλιεργητή μπορεί να μειώσει την ενέργεια που απαιτείται για την κατεργασία του εδάφους από 1 % μέχρι και 15 %.
5. Η προσθήκη δεύτερης σειράς βοηθητικών στελεχών δεν έχει κανένα αποτέλεσμα στις ενεργειακές απαιτήσεις ενός υπεδαφοκαλλιεργητή (βρίσκονται στα ίδια επίπεδα είτε χρησιμοποιούνται, είτε όχι βοηθητικά στελέχη) και θα πρέπει να αποφεύγεται γιατί προκαλεί έντονη αλληλεπίδραση μεταξύ των στελεχών.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gemtos T.A, Galanopoulou ST. and Kavalaris Chr. 1998. Wheat establishment after cotton with minimal tillage. *European Journal of Agronomy* 8 137-147.
2. Hernanz J.L., Giron V.S. and Cerisola C. 1995. Long-term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research* 35 183 – 198.
3. ASAE Standards 2002. Tillage systems. American Society of Agricultural Engineers 115.
4. Spoor G. and Godwin R.J 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. *Journal of Agricultural Engineering Research* 23 1-16.
5. Godwin R.J, Spoor G. and Soomro M.S.1984. The Effect of Tine Arrangement on Soil Forces and Disturbance. *Journal of Agricultural Engineering Research* 30 47-56.
6. Papathanassiou I., Kavalaris Chr., Karamoutis Chr. and Gemtos T.A. 2000 "Redesign of a heavy cultivator to optimize field work". 2nd National Conference of Agricultural Engineering, Volos, 28-30 September, Proceedings 489-496. (In Greek).
7. Papathanassiou I., Karamoutis Chr., Kavalaris Chr. and Gemtos T.A. 2003. "Use of shallow tines to minimize the energy consumption of a subsoiler". 3rd National Conference of Agricultural Engineering, Thessaloniki, 29-31 May, Proceedings 95-102. (In Greek).
8. Papathanassiou I., Kavalaris Ch., Karamoutis Ch. and Gemtos T.A. 2002 "Design, Construction and Testing of an Instrumented Tractor to Measure Forces on Agricultural Implements and Energy Consumption during field work". 1st conference of Hellenic Association of ICT in Agriculture, Food and Environment Athens 6-7 June, Proceedings 144-153.
9. ASAE Standards 2002. Soil cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers 861-862.

ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΝΤΕ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ

**Α. Αγγελοπούλου*, Χ. Καβαλάρης*, Χ. Καραμούτης*,
Ε. Βαβουλίδου**, Θ.Α. Γέμτος***

*Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου,
38446 Ν. Ιωνία Μαγνησίας, e-mail: aggelop@agr.uth.gr, **ΕΘΙΑΓΕ, Εργαστήριο
Εδαφολογίας Αθηνών, Σ. Βενιζέλου1, 14123 Λυκόβρυση Αττικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή έγινε σύγκριση των εξής μεθόδων κατεργασίας: συμβατική, μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή, μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό, μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα και ακαλλιέργεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην ακαλλιέργεια και στη μειωμένη κατεργασία παρατηρήθηκε αύξηση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας και της αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση, μείωση της απόδοσης των τεύτλων και αύξηση της βιολογικής δραστηριότητας στο έδαφος σε σχέση με την συμβατική. Ο βαρύς καλλιεργητής είχε τα πλησιέστερα αποτελέσματα με την συμβατική από τις υπόλοιπες μεθόδους μειωμένης κατεργασίας.

LONGTERM EFFECTS OF FIVE TILLAGE METHODS IN SOIL AND SUGAR BEET CROP

A. Aggelopoulou*, C. Cavalaris*, C. Karamoutis,* E. Vavoulidou
and T. A. Gemtos**

Laboratory of Farm Mechanization, University of Thessaly, Fytoko Street, N. Ionia,
Magnesia, 38446 Greece, e-mail: aggelop@agr.uth.gr, **NAGREF, Soil Science
Institute of Athens, S. Venizelou 1, 14123 Licovrici, Attiki, Greece.

ABSTRACT

In the present study the following tillage methods were compared: conventional tillage, reduced tillage with heavy cultivator, reduced tillage with rotary cultivator, reduced tillage with disc harrow and no-tillage. The results showed that in no-tillage and reduced tillage methods soil bulk density and penetration resistance were increased, sugar beet yield decreased and the biological activity in soil increased compared to conventional tillage. The heavy cultivator presented the best results from the other reduced tillage methods compared to conventional tillage.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συμβατική κατεργασία του εδάφους ακολουθείται παραδοσιακά από αιώνες και περιλαμβάνει βαθιά πρωτογενή κατεργασία με αναστροφή του εδάφους με άροτρο και δευτερογενή κατεργασία με ελαφρύτερα μηχανήματα για προετοιμασία του εδάφους για την σπορά. Είναι πολύ διαδεδομένο σύστημα σε όλο τον κόσμο διότι επιτυγχάνει καλές αποδόσεις και ελέγχει αποτελεσματικά τα ζιζάνια. Όμως η συμβατική κατεργασία είναι ένα σύστημα εντατικής διαχείρισης του εδάφους που αυξάνει το κόστος παραγωγής. Επιπλέον η εφαρμογή της επί σειρά ετών έχει δημιουργήσει προβλήματα στο έδαφος όπως είναι η συμπίεση, η διάβρωση, η καταστροφή της οργανικής ουσίας και η δημιουργία σκληρού και αδιαπέραστου ορίζοντα [1].

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από την εφαρμογή της συμβατικής κατεργασίας, τις τελευταίες δεκαετίες αναπτύχθηκαν τα συστήματα που στοχεύουν στην αειφορική διαχείριση του εδάφους. Τα συστήματα αειφορίας περιλαμβάνουν διάφορα συστήματα κατεργασίας όπως είναι η μειωμένη κατεργασία, η ελάχιστη κατεργασία, η ακαλλιέργεια κ.α., που έχουν ως κοινό γνώρισμα την διατήρηση της επιφάνειας του εδάφους καλυμμένης με φυτικά υπολείμματα τουλάχιστον κατά 30% [2]. Τα συστήματα αυτά στοχεύουν στη προστασία του εδάφους από την διάβρωση και τη συμπίεση, στην διατήρηση της γονιμότητας του εδάφους, στην εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας και στην μείωση του κόστους παραγωγής μέσω του περιορισμού των επεμβάσεων κατεργασίας. Με την εφαρμογή των συστημάτων αυτών βελτιώνεται η δομή και η σταθερότητα των συσσωματωμάτων του εδάφους, αυξάνεται η οργανική ουσία του εδάφους, μειώνονται οι εκπομπές CO₂ και αυξάνεται η δραστηριότητα των οργανισμών που ζουν στο έδαφος [3].

Στην χώρα μας έχουν γίνει λίγες έρευνες σχετικά με την εφαρμογή των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας [4, 5, 6]. Για το λόγο αυτό, το έτος 1997, εγκαταστάθηκε ένα πείραμα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο, με σκοπό να μελετηθούν οι μακροχρόνιες επιπτώσεις διαφόρων συστημάτων κατεργασίας στο έδαφος και σε διάφορες καλλιέργειες που έχουν οικονομική σημασία για τη χώρα μας (βαμβάκι, καλαμπόκι, ζαχαρότευτλα, σιτηρά). Στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται μετρήσεις που λήφθηκαν στο 7^ο έτος του πειράματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων και διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις πέντε συστημάτων κατεργασίας στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, στην πανίδα του εδάφους, στο φύτρωμα και στην απόδοση των τεύτλων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα πείραμα που εγκαταστάθηκε το έτος 1997 στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Για την παρούσα εργασία ληφθήκαν μετρήσεις το έβδομο έτος διεξαγωγής του πειράματος σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων. Το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι ιλυοαργιλώδες. Οι καλλιέργειες κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος ήταν οι εξής: τα έτη 1997-97 αμειψισπορές βαμβακιού καλαμποκιού και τεύτλων, το 2000 σιτάρι, το 2001 έγινε αλλαγή της κατεύθυνσης κατεργασίας και καλλιεργήθηκαν τεύτλα, το 2002 έγινε επαναφορά της κατεύθυνσης κατεργασίας και καλλιεργήθηκε καλαμπόκι, το 2003 τεύτλα, το 2004 κριθάρι και το 2005 βαμβάκι.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν διαχωριζόμενες ομάδες (strip-plot design) με δύο παράγοντες και τέσσερις επαναλήψεις. Ο ένας παράγοντας ήταν οι πέντε μέθοδοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν το έτος 2003 (πρόσφατη κατεργασία). Ο άλλος

παράγοντας ήταν οι ίδιες πέντε μέθοδοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν το έτος 2001 (προηγούμενη κατεργασία) που έγινε η αλλαγή της κατεύθυνσης κατεργασίας.

Με την αλλαγή της κατεύθυνσης κατεργασίας έγινε δυνατή η σύγκριση των τεμαχίων με την ίδια κατεργασία επί πέντε συνεχή έτη με τεμάχια με την ίδια κατεργασία για τέσσερα έτη και το πέμπτο μία από τις μεταχειρίσεις που δοκιμάστηκαν. Το πείραμα είχε συνολικά $5 \times 5 \times 4 = 100$ πειραματικά τεμάχια. Τα τεμάχια είχαν διαστάσεις 6×9 m και περιλάμβαναν τις εξής μεθόδους κατεργασίας του εδάφους:

Συμβατική κατεργασία (Σ). Πρωτογενής κατεργασία με όργωμα σε βάθος 0,25-0,30 m. Η δευτερογενής κατεργασία έγινε με ένα πέρασμα με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα. Κατά την πρωτογενή κατεργασία δημιουργήθηκαν μεγάλοι βώλοι οι οποίοι στεγνώνοντας ήταν δύσκολο να τεμαχιστούν. Το περιστροφικό σκαπτικό προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθεί στην δευτερογενή κατεργασία μετά το όργωμα έναντι άλλων μηχανημάτων διότι ήταν δυνατό να επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα με τον μικρότερο αριθμό επεμβάσεων.

Μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK). Πρωτογενής κατεργασία με ένα πέρασμα βαρύ καλλιεργητή στα 0,20-0,25 m και δευτερογενής κατεργασία με δύο περάσματα με δισκοσβάρνα.

Μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα (HK). Κατεργασία του εδάφους με ένα πέρασμα με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 0,10-0,12 m

Μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ). Κατεργασία του εδάφους με δύο περάσματα με δισκοσβάρνα σε βάθος 0,07-0,08 m.

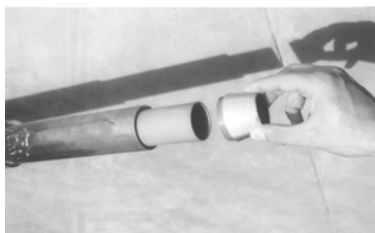
Ακαλλιέργεια (Α). Απευθείας σπορά σε ακατέργαστο έδαφος και καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης με glyphosate πριν το φύτευμα της καλλιέργειας.

Οι επεμβάσεις κατεργασίας πραγματοποιήθηκαν το διάστημα 20-28/3/03. Η βασική λίπανση πραγματοποιήθηκε στις 20/4/03 με 9-9-9 μονάδες N-P-K και η επιφανειακή στις 3/7/03 με 2,5 μονάδες N με υδρολίπανση. Η σπορά έγινε στις 20/5/03 με την ποικιλία Ariette και πληθυσμό 17700 σπόρους/στρέμμα. Για την καταστροφή των ζιζανίων πραγματοποιήθηκε στις 18/4/03 ψεκασμός με προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα. Στην μεταχείριση της ακαλλιέργειας έγινε επιπλέον εφαρμογή glyphosate. Στις 2/6 και στις 25/6/03 έγιναν ψεκασμοί με μικροδόσεις για τα ζιζάνια που βρίσκονταν σε νεαρό στάδιο. Επίσης έγιναν δύο σκαλίσματα με το χέρι στις 14/6 και στις 14/7/03. Για την άρδευση της καλλιέργειας εφαρμόστηκαν συνολικά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 420 m^3 νερό με στάγδην άρδευση. Για την προστασία της φυτείας από την κερκόσπορα και τα έντομα ακολουθήθηκε το πρόγραμμα ψεκασμών της Ε.Β.Ζ. Η συγκομιδή των τεύτλων έγινε στις 7/11/03 μηχανικά.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αφορούσαν την ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους, την αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση, τον πληθυσμό και την βιομάζα των γαιοσκωλήκων, το φύτευμα και την απόδοση των ζαχαροτεύτλων. Για την μέτρηση της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας λήφθηκαν εδαφικά δείγματα με ένα δειγματολήπτη που κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για το σκοπό αυτό. Ο δειγματολήπτης λαμβάνει κυλινδρικά δείγματα διαμέτρου 44 mm και ύψους 25 cm. Τα δείγματα κόβονται σε μικρότερα δείγματα της ίδιας διαμέτρου και ύψους 5 cm. Στην συνέχεια τα δείγματα αποξηράθηκαν στους 104°C για 48 ώρες ζυγίστηκε το ξηρό βάρος τους και υπολογίστηκε η ξηρή φαινομενική τους πυκνότητα διαιρώντας το ξηρό βάρος του δείγματος με τον όγκο του.

Περιγραφή του εδαφικού δειγματολήπτη. Το σύστημα του δειγματολήπτη αποτελείται από τα εξής μέρη :

Δειγματολήπτης. Αποτελείται από ένα σωλήνα διαμέτρου 60 cm, ο οποίος λαμβάνει το δείγμα. Στο σωλήνα αυτό είναι κοχλιωμένος ένας σωλήνας σε σχήμα κολουρου κώνου με μικρή διάμετρο 0,46 m που βοηθάει τον δειγματολήπτη να διεισδύει στο έδαφος. Στο εσωτερικό του σωλήνα που λαμβάνει το δείγμα τοποθετείται ένας πλαστικός σωλήνας από P.V.C. διαμέτρου 0,46 m στον οποίο τοποθετείται το δείγμα (σχήμα 1). Καθώς ο δειγματολήπτης εισέρχεται στο έδαφος ο κώνος κόβει ένα κυλινδρικό δείγμα εδάφους το οποίο τοποθετείται στον πλαστικό σωλήνα. Ο πλαστικός σωλήνας λιπαίνεται για να αποφευχθούν οι τριβές μεταξύ του εδαφικού δείγματος και των τοιχωμάτων του σωλήνα, οι οποίες είναι δυνατόν να συμπίσουν το δείγμα.



Σχήμα 1. Τμήμα του εδαφολήπτη όπου διακρίνεται ο εσωτερικός πλαστικός σωλήνας που τοποθετείται το δείγμα και ο κωνικός σωλήνας που βοηθά στη διεισδυση του δειγματολήπτη στο έδαφος

Πλαίσιο στήριξης. Περιλαμβάνει μία κοιλοδοκό μήκους 3 m που είναι παράλληλη προς το έδαφος πάνω στην οποία μπορεί να κινείται ο δειγματολήπτης δεξιά και αριστερά ώστε να παίρνει δείγματα σε διάφορα σημεία. Το σύστημα σταθεροποιείται με δέσιμο με αλυσίδες των κάτω βραχιόνων των τριών σημείων σύνδεσης του γ.ε. με την δοκό έλξης.

Υδραυλικό σύστημα για την κίνηση του δειγματολήπτη. Είναι διπλής ενέργειας έτσι ώστε να κινείται σε δύο κατευθύνσεις. Η μία κίνηση είναι η ώθηση του δειγματολήπτη προς στο έδαφος για να λάβει το δείγμα και η άλλη κίνηση είναι η επαναφορά του δειγματολήπτη έξω από έδαφος. Το υδραυλικό σύστημα συνδέεται με τις υδραυλικές αναμονές του γεωργικού ελκυστήρα από τον οποίο παίρνει υδραυλική ισχύ.

Χειριστήριο. Είναι τριών θέσεων. Η μία θέση είναι κάτω για να εισέλθει ο δειγματολήπτης στο έδαφος, η άλλη θέση είναι πάνω ώστε να εξέλθει από το έδαφος και μία ουδέτερη.

Διαδικασία μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται ως εξής: Καθαρίζεται η επιφάνεια του εδάφους. Τοποθετείται ο δειγματολήπτης σε κατακόρυφη θέση. Ξεβιδώνεται ο κώνος από τον δειγματολήπτη και τοποθετεί ο πλαστικός σωλήνας. Δίνεται εντολή με το χειριστήριο να εισέλθει ο δειγματολήπτης στο έδαφος. Καθώς ο δειγματολήπτης εισέρχεται στο έδαφος ο κώνος κόβει ένα κυλινδρικό δείγμα εδάφους το οποίο τοποθετείται στον εσωτερικό πλαστικό σωλήνα. Όταν ο δειγματολήπτης φτάσει στο επιθυμητό βάθος, διακόπτεται η κίνησή του και δίνεται εντολή για την έξοδό του από το έδαφος. Στη συνέχεια λαμβάνεται ο πλαστικός σωλήνας που περιέχει το δείγμα μέσα από τον δειγματολήπτη. Οι πλαστικοί σωλήνες που περιέχουν τα δείγματα τοποθετούνται σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρονται στο εργαστήριο, όπου εξάγονται τα δείγματα από τους σωλήνες και γίνονται οι μετρήσεις. Ο δειγματολήπτης λειτουργήσει ικανοποιητικά στο έδαφος και έφτανε στο επιθυμητό βάθος. Τα δείγματα

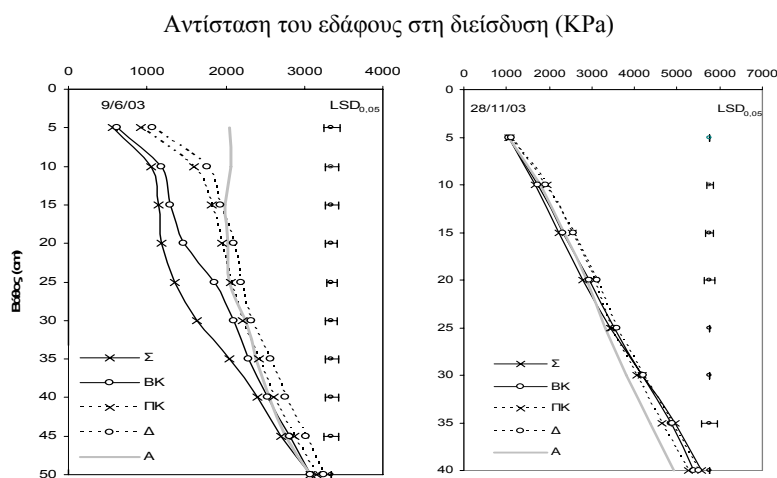
λήφθηκαν εύκολα και γρήγορα. Τα εδαφικά δείγματα δεν συμπίεστηκαν διότι οι πλαστικοί σωλήνες λιπάνθηκαν πριν να ληφθεί το δείγμα και αποφεύχθηκαν οι τριβές μεταξύ των τοιχωμάτων του σωλήνα και του δείγματος. Η εξαγωγή των δειγμάτων από τους πλαστικούς σωλήνες έγινε εύκολα διότι τα δείγματα είχαν λίγο μικρότερη διάμετρο από τους πλαστικούς σωλήνες και διότι σωλήνες είχαν λιπανθεί όπως προαναφέρθηκε.

Η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση μετρήθηκε με κωνικό διεισδυσιόμετρο, με διάμετρο βάσης 12,83 mm και γωνία κορυφής 30°. Ο κώνος πιεζόταν στο έδαφος με μια ταχύτητα περίπου 30mm/s [7]. Για την μέτρηση των γαιοσκωλήκων ορίστηκε ένα πλαίσιο 0,25m² σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, στο οποίο εφαρμόστηκε διάλυμα φορμαλδεΰδης με ποτιστήρι. Με τη δράση του διαλύματος οι γαιοσκώληκες ανέβηκαν στην επιφάνεια του εδάφους μετά από μερικά λεπτά, όπου συλλέχθηκαν, μετρήθηκε ο αριθμός τους ανά τεμάχιο και ζυγίστηκαν. Στην συνέχεια έγινε η αναγωγή του αριθμού και του βάρους των γαιοσκωλήκων ανά στρέμμα. Για την εκτίμηση του φυτρώματος ορίστηκε μία γραμμή παρατηρήσεων μήκους 4m σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Στην γραμμή αυτή καταγραφόταν σε τακτά διαστήματα δύο με τριών ημερών ο αριθμός των φυτών που φύτρωσαν. Για την εκτίμηση της απόδοσης των τεύτλων έγινε συγκομιδή με το χέρι μιας γραμμής μήκους 6m σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν ξεχωριστά οι ρίζες και οι κορυφές και έγινε αναγωγή της απόδοσης ανά στρέμμα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση

Η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετρήθηκε αμέσως μετά τις κατεργασίες του εδάφους στις 9/6/03 και μετά την συγκομιδή των τεύτλων στις 28/11/03 (σχήμα 2).



Σχήμα 2. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση μετά την κατεργασία του εδάφους (αριστερά) και μετά την συγκομιδή (δεξιά).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι αμέσως μετά την κατεργασία του εδάφους υπάρχουν μεγάλες διαφορές στη αντίσταση στη διείσδυση ανάμεσα στις μεθόδους κατεργασίας. Η συμβατική κατεργασία χαλαρώνει το έδαφος μέχρι τα 30 cm που είναι

το βάθος κατεργασίας. Ο βαρύς καλλιεργητής μέχρι τα 25 cm περίπου. Το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα χαλαρώνουν το έδαφος επιφανειακά μέχρι τα 10 cm. Η ακαλλιέργεια έχει το πιο συνεκτικό έδαφος διότι δεν γίνεται καμία κατεργασία. Από το βάθος των 30 cm και κάτω όλες οι μέθοδοι έχουν την ίδια περίπου αντίσταση στη διείσδυση εκτός από την συμβατική που έχει μικρότερες τιμές.

Στο τέλος όμως της καλλιεργητικής περιόδου μετά την συγκομιδή των τεύτλων οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας ελαττώνονται. Το έδαφος συμπιέζεται από την δράση των καιρικών συνθηκών, το πέρασμα των γεωργικών μηχανημάτων από τον αγρό και ιδιαίτερα της μηχανής συγκομιδής που έχει μεγάλο βάρος και πιθανόν από την αύξηση της ρίζας των τεύτλων. Μέχρι τα 30 cm όλες οι μεταχειρίσεις έχουν παρόμοιες τιμές ενώ κάτω από τα 30 cm η ακαλλιέργεια έχει ελαφρώς χαμηλότερες τιμές.

3.2. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους

Και στις δύο ημερομηνίες των μετρήσεων οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας παρουσίαζαν αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα στο έδαφος (Πίνακας 1). Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν στην ακαλλιέργεια και ακολουθούσαν οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και του περιστροφικού σκαπτικού, ενώ ο βαρύς καλλιεργητής πλησίαζε τις τιμές της συμβατικής κατεργασίας, προκαλώντας παραπλήσια χαλάρωση στο έδαφος με το άροτρο. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με το βάθος κατεργασίας του κάθε μηχανήματος. Το άροτρο κατεργάζεται το έδαφος στο βάθος των 25-30cm και ο βαρύς καλλιεργητής στα 20-25 cm με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα χαλαρό στρώμα εδάφους μέχρι το βάθος κατεργασίας. Το περιστροφικό σκαπτικό και η δισκοσβάρνα εργάζονται σε μικρότερα βάθη (10-12 cm το περιστροφικό σκαπτικό και 7-8 cm η δισκοσβάρνα) με αποτέλεσμα το έδαφος να είναι πιο συνεκτικό. Τέλος στην ακαλλιέργεια που δεν γίνεται καμία κατεργασία το έδαφος είναι ακόμη πιο συνεκτικό.

Πίνακας 1. Ξηρή φαινομενική πυκνότητα του εδάφους σε δύο ημερομηνίες και σε τρία βάθη δειγματοληψίας

Ξηρή φαινομενική πυκνότητα (Mg /m ³)						
Κατεργασία	25/7/03			23/10/03		
	0-5cm	5-10 cm	10-15cm	0-5cm	5-10cm	10-15cm
Συμβατική	1,20	1,29	1,33	1,33	1,41	1,40
Βαρύς καλλιεργητής	1,23	1,32	1,35	1,37	1,44	1,42
Περιστροφικό σκαπτικό	1,26	1,40	1,37	1,39	1,50	1,45
Δισκοσβάρνα	1,24	1,38	1,41	1,38	1,50	1,48
Ακαλλιέργεια	1,32	1,40	1,41	1,43	1,53	1,48
LSD_{0,05}	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05

Στην δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε τρεις περίπου μήνες μετά την πρώτη μέτρηση, παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών της ξηρής φαινομενικής πυκνότητας για όλες τις μεθόδους κατεργασίας και για όλα τα βάθη. Αυτό οφείλεται στη δράση των καιρικών συνθηκών, στη διέλευση των μηχανημάτων καλλιεργητικών εργασιών και πιθανόν στην αύξηση της ρίζας των τεύτλων. Μετά από επτά χρόνια διεξαγωγής του πειράματος παρατηρείται μια μικρή μείωση της ξηρής φαινομενική πυκνότητας του εδάφους στην μέθοδο της ακαλλιέργειας. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι ίσως έχει αρχίσει

να βελτιώνεται η δομή του εδάφους στην ακαλλιέργεια λόγω της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων και λόγω της αυξημένης δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων

3. 3. Πληθυσμός και βιομάζα γαιοσκωλήκων

Η κατεργασία του εδάφους επέδρασε αρνητικά στον πληθυσμό και τη βιομάζα των γαιοσκωλήκων που δραστηριοποιούνται στο έδαφος (Πίνακας 2). Η συμβατική κατεργασία είχε τους μικρότερους πληθυσμούς από τις υπόλοιπες μεθόδους κατεργασίας. Η κατεργασία του εδάφους επηρεάζει τους γαιοσκώληκες που βρίσκονται στο έδαφος άμεσα και έμμεσα. Η άμεση επίδραση οφείλεται στην μηχανική επίδραση των εργαλείων κατεργασίας και η έμμεση στις αλλαγές που προκαλούνται στο περιβάλλον του εδάφους (καταστροφή των στοών των γαιοσκωλήκων, ανακατανομή των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος και αλλαγές στη θερμοκρασία και τη υγρασία του εδάφους) [8]. Από τις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας το περιστροφικό σκαπτικό είχε τους μικρότερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων, πιθανόν λόγω της μεγάλης ανατάραξης που προκαλεί στο έδαφος το εργαλείο αυτό.

Η ακαλλιέργεια είχε τους μεγαλύτερους πληθυσμούς διότι επικρατούν πιο ευνοϊκές συνθήκες στο έδαφος για τους γαιοσκώληκες. Τα φυτικά υπολείμματα που παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους, παρέχουν τροφή στους γαιοσκώληκες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι αν είχαν ενσωματωθεί στο έδαφος. Επίσης δημιουργούν ένα προστατευτικό στρώμα που δεν αφήνει το έδαφος να ξεραθεί στο τέλος της άνοιξης και να πέσει απότομα η θερμοκρασία του στο τέλος του φθινοπώρου. Αυτό επιτρέπει στους γαιοσκώληκες να είναι δραστήριοι, να βρίσκουν τροφή και να αναπαράγονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την άνοιξη και το φθινόπωρο. Επίσης τα φυτικά υπολείμματα δίνουν στους γαιοσκώληκες περισσότερο χρόνο να εγκλιματιστούν στο καλοκαίρι ή στον χειμώνα και να κατεβούν σε μεγαλύτερα βάθη για να περάσουν την περίοδο που είναι αδρανής [9].

Επίσης μετρήθηκαν οι γαιοσκώληκες στους διαδρόμους μεταξύ των τεμαχίων οι οποίοι ήταν κατά 1,6 % περισσότεροι από την ακαλλιέργεια, λόγω ότι το έδαφος δέχεται ακόμη λιγότερες καλλιεργητικές εργασίες και από την ακαλλιέργεια, ενώ δεν δέχεται επίσης καθόλου αγροχημικά (ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα, εντομοκτόνα) που μπορεί να ζημιώσουν τους γαιοσκώληκες.

Πίνακας 2. Πληθυσμός και βιομάζα γαιοσκωλήκων

Κατεργασία	Πληθυσμός γαιοσκωλήκων /m ²	Βιομάζα γαιοσκωλήκων (g/m ²)
Συμβατική	26	4,1
Βαρύς καλλιεργητής	84	20,4
Περιστροφικό σκαπτικό.	53	12,9
Δισκοσβάρνα	76	19,4
Ακαλλιέργεια	107	31,7
LSD _{0.05}	48.7	ns

3. 4 Φύτρωμα

Με την ολοκλήρωση του φυτρώματος η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή είχε το πιο υψηλό ποσοστό φυτρώματος (55,2%), ακολουθούσε η συμβατική κατεργασία (49,3%), η δισκοσβάρνα (47,9%), το περιστροφικό σκαπτικό (45,1%) και τελευταία

ήταν η ακαλλιέργεια (44%), (Πίνακας 3). Το φύτευμα ήταν ικανοποιητικό για όλες τις μεθόδους κατεργασίας και δεν αποτέλεσε πρόβλημα για την περαιτέρω ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Πίνακας 3. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων.

Φύτευμα (φυτά/m)					
Κατεργασία	28/5/03	1/6/03	5/6/03	9/6/03	13/6/03
Συμβατική	3,10	5,53	7,05	8,35	8,73
Βαρύς καλλιεργητής	5,03	7,03	8,13	9,25	9,78
Περιστροφικό σκαπτικό	5,30	7,00	7,60	7,85	7,98
Δισκοσβάρνα	5,05	7,00	7,50	8,10	8,48
Ακαλλιέργεια	4,00	6,00	6,63	7,60	7,79
LSD_{0.05}	1,05	1,02	0,92	0,86	0,84

3. 5 Απόδοση

Η απόδοση των ζαχαροτεύτλων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας ήταν μειωμένη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία (Πίνακας 4). Στην κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή διαπιστώθηκε μια μικρή μείωση της απόδοσης της τάξης του 3,7%. Στις υπόλοιπες μεθόδους όμως η μείωση της απόδοσης ήταν σημαντική. Στην κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό η απόδοση ήταν μειωμένη κατά 25,7%, με δισκοσβάρνα 23,2%, και στην ακαλλιέργεια 27,1%. Οι αιτίες που προκάλεσαν μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους αυτές ήταν 1) η συνεκτικότητα του εδάφους το οποίο παρουσίαζε αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα και αντίσταση στη διείσδυση και 2) ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια.

Πίνακας 4. Απόδοση των τεύτλων σε βάρος ριζών και σε βάρος κορυφών.

Κατεργασία	Βάρος ριζών (t/στρ)	Βάρος κορυφών (t/στρ)
Συμβατική	7,86	2,42
Βαρύς καλλιεργητής	7,58	2,25
Περιστροφικό σκαπτικό	5,84	1,86
Δισκοσβάρνα	6,03	1,93
Ακαλλιέργεια	5,73	1,78
LSD_{0.05}	0,52	0,19

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έδαφος στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας παρουσίασε αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα και αυξημένη αντίσταση στη διείσδυση. Ωστόσο μετά από επτά χρόνια πειραματισμού παρατηρείται μια μικρή μείωση της ξηρής φαινομενική πυκνότητας στην ακαλλιέργεια. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι ίσως έχει αρχίσει να βελτιώνεται η δομή του εδάφους στην ακαλλιέργεια λόγω της αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων και των ριζών μέσα στο έδαφος και λόγω της αυξημένης δραστηριότητας των γαιοσκωλήκων.

Οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί των γαιοσκωλήκων παρατηρήθηκαν στην ακαλλιέργεια λόγω της μηδενικής ανατάραξης του εδάφους και λόγω της ύπαρξης άφθονων φυτικών υπολειμμάτων που προσέφεραν τροφή στους γαιοσκώληκες για μεγάλο χρονικό διάστημα και οι μικρότεροι στην συμβατική κατεργασία.

Το φύτρωμα ήταν ικανοποιητικό για όλες τις μεθόδους κατεργασίας και δεν αποτέλεσε πρόβλημα για την περαιτέρω ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Η απόδοση των ζαχαροτεύτλων στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας και στην ακαλλιέργεια ήταν μειωμένη σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Στο βαρύ καλλιεργητή η μείωση ήταν 3,7%, στο περιστροφικό σκαπτικό 25,7%, στην δισκοσβάρνα 23,2%, και στην ακαλλιέργεια 27,1%. Οι αιτίες που προκάλεσαν μείωση των αποδόσεων στις μεθόδους αυτές ήταν 1) η συνεκτικότητα του εδάφους και 2) ο ανταγωνισμός από τα ζιζάνια.

Από τις μεθόδους της μειωμένης κατεργασίας η κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή είχε την μεγαλύτερη απόδοση, είχε τους μεγαλύτερους πληθυσμούς γαιοσκωλήκων και πέτυχε ικανοποιητική χαλάρωση στο έδαφος προσεγγίζοντας τη χαλάρωση που προκαλεί το άροτρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τσατσαρέλης, Κ. (2000). Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
2. ASAE Standards (1993), EP 291.2. Terminology and definitions for soil tillage and soil tool relationships. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
3. Holland J.M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture Ecosystems and Environment 103, pp 1-25.
4. Καβαλάρης, Χ. (2004). Εφαρμογή μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους σε συστήματα αμψεισποράς ζαχαροτεύτλων, βαμβακιού και καλαμποκιού. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
5. Gemtos T.A., Galanopoulou, S. and Kavalakis, C. (1998). Wheat establishment after cotton with minimum tillage. European Journal of Agronomy, 8 (1998), pp 137-147.
6. Μπιάλης, Δ., Σιδηράς, Ν. και Ευθυμιάδης Π. (2000). Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Βόλος 2000, σελ 510-517.
7. ASAE Standards S313.2 (1998). Soil Cone Penetrometer. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
8. Chan, K.Y., 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity- implications for functioning in soils. Soil and Tillage Research. 57: 179-191.
9. Kladivko, E.J., 2001. Tillage systems and soil ecology. Soil and Tillage Research 61: 61-76.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΑΠΛΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΕΜΟΘΡΑΥΣΤΩΝ

Γεώργιος Α. Καραντουνίας¹, Γεώργιος Δ. Κυριακάρκος²

¹ Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, email: gkarant@aua.gr

² ¹ Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, email: gk@aua.gr

Περίληψη

Σκοπός αυτής της ερευνητικής εργασίας ήταν να αναπτυχθεί ένα υπολογιστικό μοντέλο το οποίο να έχει την ιδιότητα με λίγες εισόδους να υπολογίζει την προστατευτική επίδραση των ανεμοθραυστών. Έγινε άμεση σύγκριση με δεδομένα που πάρθηκαν σε αεροσήραγγα και αποτελεσμάτων του μοντέλου με σκοπό την αξιολόγηση του δεύτερου. Για την αριθμητική προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό πακέτο FLUENT. Τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης συμφωνούν μέχρι 60 m μετά τον ανεμοθραύστη (10 φορές το ύψος του) όσο αφορά την προστατευτική του επίδραση. Οι διαφορές στην ταχύτητα του αέρα σε συγκεκριμένα σημεία μεταβάλλονται από 0 % μέχρι 40%.

CREATION AND EVALUATION OF A SIMPLE MODEL TO PREDICT THE EFFECT OF WINDBREAKS BASED ON EXPERIMENTAL WIND TUNNEL RESULTS

George A. Karantounias¹, George D. Kyriakarakos²

¹ Department of Natural Resources Management and Agricultural Engineering, Laboratory of Agricultural Hydraulics, Agricultural University of Athens, Greece; email: gkarant@aua.gr

² Department of Natural Resources Management and Agricultural Engineering, Laboratory of Agricultural Engineering, Agricultural University of Athens, Greece; email: gk@aua.gr

ABSTRACT

Scope of this investigation was to create a simple standalone model using minimal inputs that is able to calculate adequately the protective effect of windbreaks. The direct comparison of measurements taken in the wind tunnel and the results of a numerical simulation of the model under the same wind conditions was made in order to evaluate the model. For the numerical study the commercial software package FLUENT was used. The results of the numerical study agree up to 60 m from the windbreak (10 times the height of the windbreak) as far as the protective effect of the windbreak is concerned. Most of the time the wind speed differences vary from 0 % to 40%.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ανεμοθραύστες έχουν χρησιμοποιηθεί σε όλο τον κόσμο, ανάμεσα σε άλλες χρήσεις, για να βελτιώσουμε την απόδοση των φυτειών. Η προστασία που μπορούν να προσφέρουν οι ανεμοθραύστες μπορεί να είναι άμεση μειώνοντας την ταχύτητα και το τυρβώδες του αέρα, προστατεύοντας κατά αυτόν τον τρόπο το φυτό από βλάβες των ιστών του. Η προστασία μπορεί να είναι και έμμεση επηρεάζοντας το μικροπεριβάλλον εδάφους-αέρα-φυτού^{1,2}(Cleugh, 1988; Karantounias 1978).

Γενικά μιλώντας το προστατευτικό αποτέλεσμα ενός ανεμοθραύστη είναι μια συνάρτηση του ύψους, του πλάτους, του σχήματος και της περατότητας του, όσο και της διεύθυνσης του ανέμου, του τυρβώδους και της ατμοσφαιρικής σταθερότητας. Η επίδραση καθενός από αυτούς τους παράγοντες είναι σημαντική, αλλά η αλληλεπίδρασή τους δεν έχει αναλυθεί σε βάθος^{1,3,4}.

Η περατότητα του ανεμοθραύστη καθορίζει το ποσοστό της ροής του ανέμου που περνάει ανάμεσα από τα δέντρα και της ροής που περνάει πάνω από τον ανεμοφράκτη. Κατά αυτόν τον τρόπο η περατότητα επηρεάζει την ελάχιστη ταχύτητα ανέμου που μπορεί να επιτευχθεί και το ρυθμό ανάκτησης αυτής της ταχύτητας⁵.

Σκοπός της έρευνάς μας είναι να δημιουργήσουμε ένα λογισμικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν υπολογιστής προβλέποντας την προστατευτική επίδραση ενός ανεμοθραύστη χρησιμοποιώντας ελάχιστες εισόδους και πιο συγκεκριμένα το προφίλ της ταχύτητας του ανέμου, το ύψος του ανεμοθραύστη και την περατότητά του. Ο ανεμοθραύστης μοντελοποιείται σαν τοίχος με ανοίγματα και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης συγκρίνονται άμεσα με τα δεδομένα που μετρήθηκαν στην ανεμοσήραγα. Ένα τέτοιο μοντέλο θα μπορούσε να κάνει το σχεδιασμό των ανεμοθραυστών ευκολότερο και πιο επιτυχημένο μιας και από πείρα να γνωρίζουμε ότι πολλοί αγρότες σε όλο τον κόσμο φυτεύουν ανεμοφράκτες βασιζόμενοι μόνον στην εμπειρία τους και χωρίς να συμβουλευτούν πρώτα ένα μηχανικό. Αυτό το μικρό και εύκολο στην χρήση λογισμικό που θέλουμε να αναπτύξουμε μπορεί να βοηθήσει τόσο τους αγρότες για να κάνουν ένα απλό έλεγχο αυτού που νομίζουν ότι θα έπρεπε να φυτέψουν αλλά και τους γεωργομηχανικούς σαν ένα πρώτο βήμα στη διαδικασία σχεδιασμού ενός ανεμοφράκτη.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

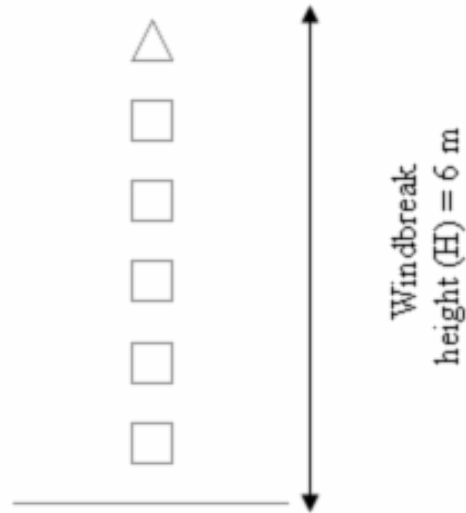
2.1. Μελέτη στην ανεμοσήραγγα

Τα δεδομένα από την ανεμοσήραγγα πάρθηκαν στο εργαστήριο ανεμοσήραγγας του τμήματος πολιτικών μηχανικών του πανεπιστημίου της Καρλσρούης στη Γερμανία. Τα μοντέλα των δένδρων που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη μελέτη είχαν τους κορμούς τους φτιαγμένους από σκληρό πλαστικό και το φύλλωμά τους από πορώδες και ελαστικό πλαστικό. Η κλίμακα ήταν 1:100 και το ύψος 6 cm. Τα μοντέλα των δένδρων είχαν τοποθετηθεί σε μια δοκιμαστική ξύλινη πλάκα. Η περατότητα των μοντέλων των δένδρων ήταν 50%.

Το επιθυμητό μέσο προφίλ της ταχύτητας του ανέμου και του τυρβώδους του στην ανεμοσήραγγα δημιουργήθηκε από μια σειρά αδιαπέρατων και περατών φρακτών, καθώς και από άγριες επιφάνειες αποτελούμενες από στρώματα άμμου. Η στατική πίεση μετρήθηκε κατά μήκος της οροφής της δοκιμαστικής πλάκας χρησιμοποιώντας ένα πιεσόμετρο χωρικού τύπου (capacitance type pressure meter). Η μέση ταχύτητα ανέμου μετρήθηκε χρησιμοποιώντας ένα σωλήνα πίεσης Pitot-Prandtl. Η κατανομή της μέσης ταχύτητας και το τυρβώδες, πριν, από πάνω και μετά τον ανεμοθράυστη μετρήθηκαν με ένα ανεμόμετρο θερμού καλωδίου.

2.2 Αριθμητική προσομοίωση

Ο ανεμοφράκτης προσομοιώθηκε σαν ένας τοίχος με τετράγωνες τρύπες απείρου μήκους και περατότητα ίση με 50%. Η προσομοίωση έλαβε χώρα σε δύο διαστάσεις, υποθέτοντας ότι ο ανεμοθράυστης ήταν απείρου μήκους. Μια τομή του μοντέλου φαίνεται στην Εικόνα 1. Το εμπορικό λογισμικό πακέτο Fluent χρησιμοποιήθηκε για την αριθμητική προσομοίωση. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί το standard k-ε μοντέλο για το τυρβώδες. Αυτό το μοντέλο είναι ένα μοντέλο δύο εξισώσεων στις οποίες η λύση δύο ξεχωριστών εξισώσεων φαινομένων μεταφοράς υπολογίζει ανεξάρτητα το τυρβώδες της ταχύτητας και τις κλίμακες του μήκους. Είναι ένα ημι-εμπειρικό μοντέλο που προτάθηκε από τους Jones και Launder (FLUENT Inc., 1998).



Εικόνα 1: Τομή του ανεμοθραύστη όπως σχεδιάστηκε στο αρχείο εισόδου του Fluent.

Η κινητική ενέργεια του τυρβώδους, k , και ο ρυθμός έκλυσης υπολογίζονται από τις ακόλουθες εξισώσεις (FLUENT Inc., 1998).

$$\rho \frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon \quad (2.2-1)$$

και

$$\rho \frac{D\varepsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.2-2)$$

όπου:

- ρ : η πυκνότητα του ρευστού
- G_k : η δημιουργία τυρβώδους κινητικής ενέργειας λόγω των συνιστωσών της μέσης ταχύτητας
- $C_{1\varepsilon}$: σταθερά ίση με 1.44
- $C_{2\varepsilon}$: σταθερά ίση με 1.92
- σ_k : αριθμός Prandtl για k ίσο με 1.0

- σ_ε : αριθμός Prandtl για k ίσο με 1.3
- μ : το ιξώδες του ρευστού

Το τυρβώδες ιξώδες, μ_t , υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (2.2-3)$$

όπου:

- C_μ : σταθερά ίση με 0.09

Η δημιουργία τυρβώδους κινητικής ενέργειας λόγω της μέσης ταχύτητας, G_k , ορίζεται από τη σχέση:

$$G_k = -\rho \overline{u_i' \cdot u_j'} \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$$

όπου:

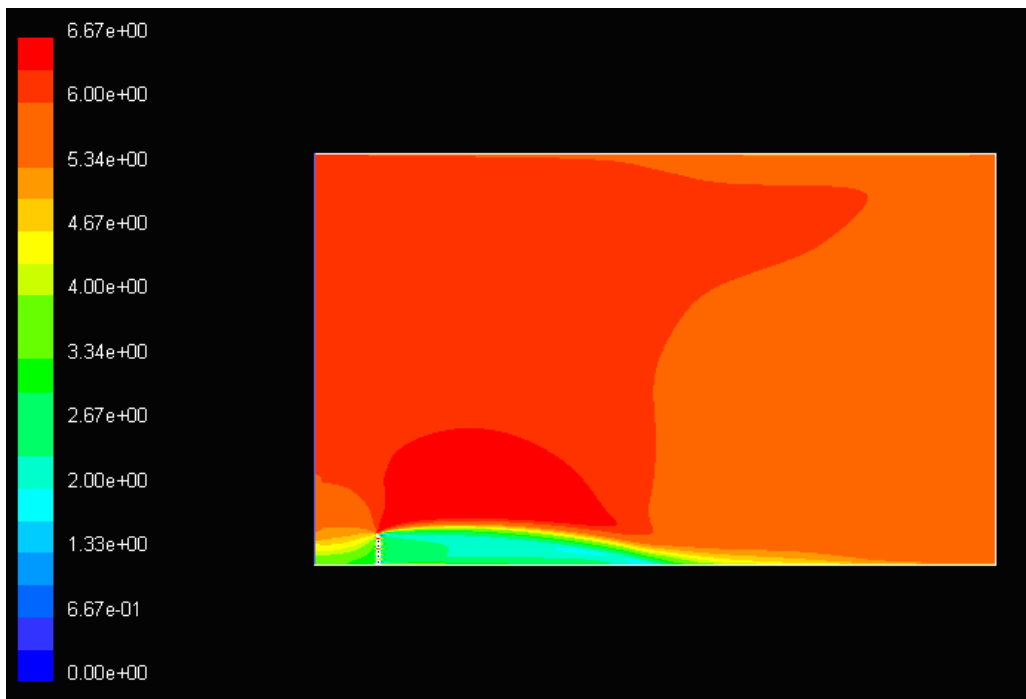
- u : ταχύτητα του ρευστού

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

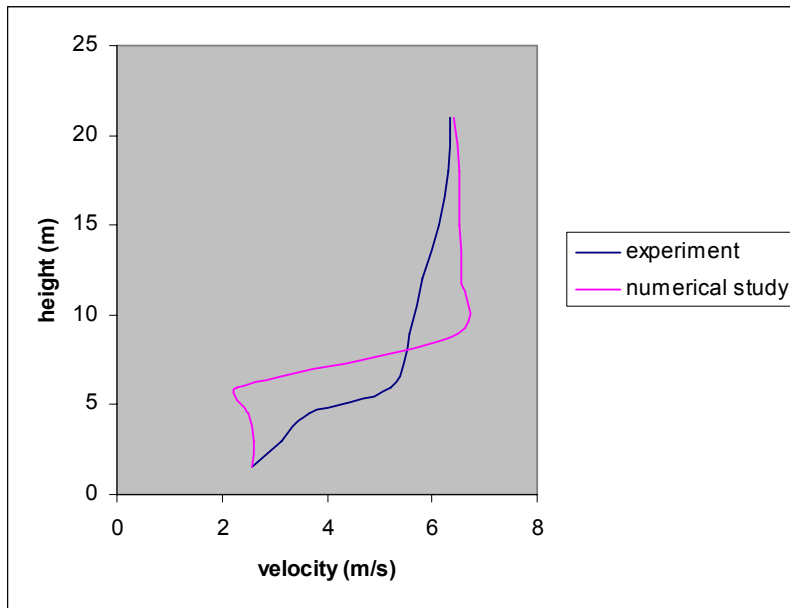
Τα αποτελέσματα από την ανεμοσήραγγα παρουσιάζονται γραφικά στην Εικόνα 2. Βλέπουμε ότι υπάρχει διαφοροποίηση όσο κοιτάμε μεμονωμένες τιμές. Η διαφοροποίηση κυμαίνεται μεταξύ 0% και 40 %, αλλά η διαφορά στην προστατευτική επίδραση του ανεμοφράκτη δεν είναι σημαντική μέχρι 60 μέτρα μετά τον ανεμοθράυστη (10 H, όπου H το ύψος του ανεμοφράκτη). Η προσομοίωση δείχνει ότι ο ανεμοθράυστης δεν επηρεάζει το προφίλ της ταχύτητας του ανέμου μετά τα 10 H. Στις Εικόνες 3, 4 και 5 μπορούμε να δούμε τα προφίλ των ταχυτήτων μετά από 6 m (1 H), 30 m (5 H) και 48 m (8 H). Μπορούμε να δούμε πως το μοντέλο παρουσιάζει μεγαλύτερη ακρίβεια όσο η απόσταση είναι μικρότερη από 48 m (8 H) από τον ανεμοθράυστη, ενώ μετά αρχίζει και χάνει την ακρίβειά του. Η προστατευτική επίδραση του ανεμοθράυστη υπολογίστηκε με μόνα δεδομένα το ύψος και την περατότητα του ανεμοθράυστη κάτω από τις ίδιες συνθήκες ανέμου.

Περεταίρω έρευνα πρέπει να γίνει στην προσομοίωση του ανεμοθράυστη ως πορώδη μεμβράνη. Αυτό υπονοεί όμως ότι πρέπει να ορίσουμε κάποιες σταθερές, που είναι εφικτό μόνο με την εισαγωγή

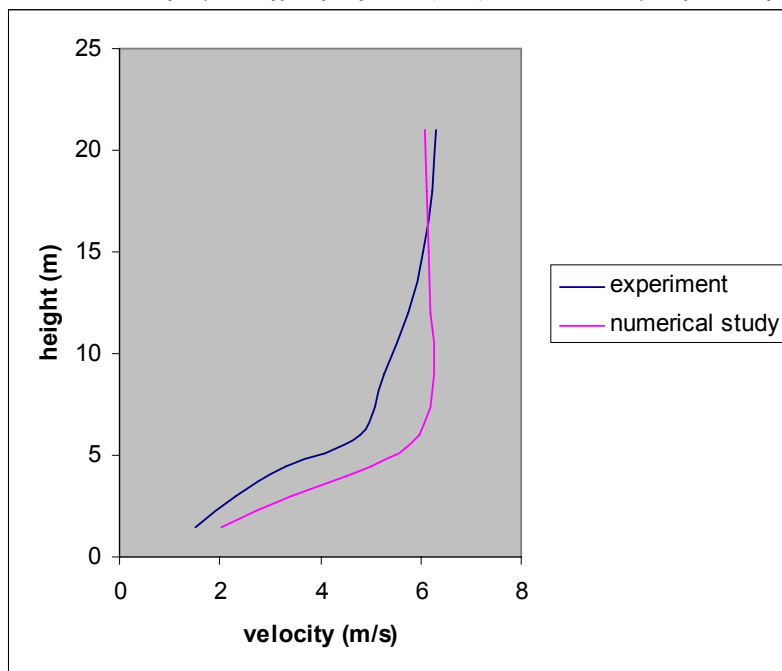
φυτών στην ανεμοσθήραγκα και μετρώντας την πτώση πίεσης κατά μήκος τους για διάφορα προφίλ ανέμου. Μια βάση τέτοιων δεδομένων μπορεί να κάνει τη δημιουργία του απλού στη χρήση λογισμικού εφικτή, χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα εισόδου την ισοδύναμη περατότητα, το προφίλ του ανέμου και το ύψος του ανεμοθραύστη. Στην αρχή αυτής της μελέτης δεν ήταν αναμενόμενο ότι θα χρειαζόνταν τέτοιου είδους δεδομένα, όπως η πτώση πίεσης, για να υπολογιστεί η προστατευτική επίδραση. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν όμως το αντίθετο. Σχεδιάζουμε μελλοντικά πειράματα στην ανεμοσθήραγκα για να μετρήσουμε την πτώση πίεσης που προκαλεί κάθε φυτό έτσι ώστε να δημιουργήσουμε ένα ακριβέστερο μοντέλο.



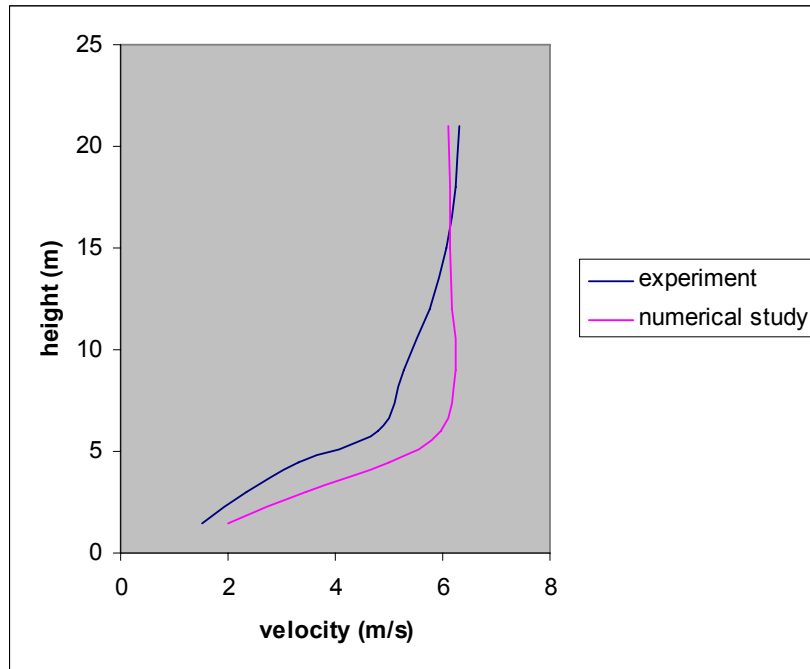
Εικόνα. 2: Αποτελέσματα ταχύτητας ανέμου στο Fluent



Εικόνα.3 Προφίλ ταχύτητας 6 m (1 H) από τον ανεμοθραύστη



Εικόνα 4. Προφίλ ταχύτητας 30m (5H) από τον ανεμοθραύστη



Εικόνα 5. Προφίλ ταχύτητας 48 m (8 H) από τον ανεμοθραύστη

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cleugh, H.A., 1998. Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems* 41,55–84.
2. Karantounias G.A., 1978. Contribution to the study of windbreaks in the wind tunnel. *Acta Horticulturae* 76, 349-356.
3. McNaughton, K.G., 1988. Effects of windbreaks on turbulent transport and microclimate. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22–23, 17–39.
4. Heisler, G.M., Dewalle, D.R., 1988. Effects of windbreak structure on wind flow. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22– 23, 41–69.
5. Vigiak Olga, Sterk Geert, Warren Andrew, Hagen Lawrence J., 2003. Spatial modeling of wind speed around windbreaks. *Catena* 52, 273-288.
- Fluent Inc, 1998. *Fluent 5 User's Guide*.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΣΠΟΡΟΚΛΙΝΗΣ

Χ. Καβαλάρης¹, Α. Αλεξάνδρου² και Θ.Α. Γέμτος¹

¹Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, Ν.

Ιωνία Μαγνησίας Τ.Κ. 38446 e-mail: chkaval@agr.uth.gr

²Ohio State University, 1328 Dover Road U.S.A.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους μελετήθηκε η θερμοκρασία και η υγρασία στην περιοχή της σποροκλίνης. Οι μέθοδοι ήταν: Συμβατική κατεργασία με όργωμα, μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή, μειωμένη με περιστροφικό σκαπτικό, μειωμένη με δισκοσβάρνα και ακαλλιέργεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση ημερήσια θερμοκρασία με αποτέλεσμα να μη προκύψουν ουσιαστικές διαφορές στον χρόνο για το φύτευμα βαμβακιού, καλαμποκιού και τεύτλων. Διαπιστώθηκε μόνο μια ελάττωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας στις μειωμένες κατεργασίες που συσχετιζόνταν με τα αυξημένα επίπεδα υγρασίας και την παρουσία φυτοκάλυψης στην επιφάνεια του εδάφους.

Λέξεις κλειδιά: Μειωμένη κατεργασία, Θερμοκρασία εδάφους.

SOIL TILLAGE EFFECT ON THE SEEDBED TEMPERATURE

C. Cavalaris¹, A. Alexandrou² and T.A. Gemtos¹

¹Laboratory of Farm Mechanization, University of Thessaly, Fytoko street, 38446 N.

Ionina Magnisias, e-mail: chkaval@agr.uth.gr

²Ohio State University, 1328 Dover Road U.S.A.

ABSTRACT

Soil temperature and soil moisture were measured in the seedbed zone for five methods of tillage. The methods were: Conventional tillage with ploughing, reduced tillage with heavy cultivator, reduced with rotary cultivator, reduced with disk harrow and no-tillage. The results showed no significant differences on the daily average soil temperature resulting in small changes in the time required for emergence of cotton, corn and sugar beets. The only difference that was observed was a reduction of the daily fluctuation of the soil temperature in the reduced tillage methods which was attributed on the higher moisture content and the presence of plant residue on the soil.

Key words: Conservation tillage, soil temperature.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία, ένα από τα βασικά προβλήματα που προκύπτουν κατά την εφαρμογή τεχνικών μειωμένης κατεργασίας του εδάφους είναι και η καθυστερημένη θέρμανση των εδαφών λόγω της αυξημένης υγρασίας και της σκιάσής τους από τα φυτικά υπολείμματα [1 - 4]. Αυτό οδηγεί σε όψιμο και μειωμένο φύτρωμα των καλλιεργειών [5] που μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα κρίσιμο για ορισμένες εαρινές καλλιέργειες όπως το βαμβάκι στην χώρα μας. Τα στοιχεία της έρευνας ωστόσο προέρχονται ως επί το πλείστον από βορειότερες χώρες με αυξημένες βροχοπτώσεις και περιορισμένη ηλιακή ακτινοβολία. Με στόχο την διερεύνηση των επιπτώσεων από την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας στην θερμοκρασία του εδάφους κάτω από τις συνθήκες του Ελληνικού κλίματος εγκαταστάθηκε σε πείραμα μειωμένων κατεργασιών σύστημα μέτρησης και καταγραφής της εδαφικής θερμοκρασίας και υγρασίας στην περιοχή της σποροκλίνης

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

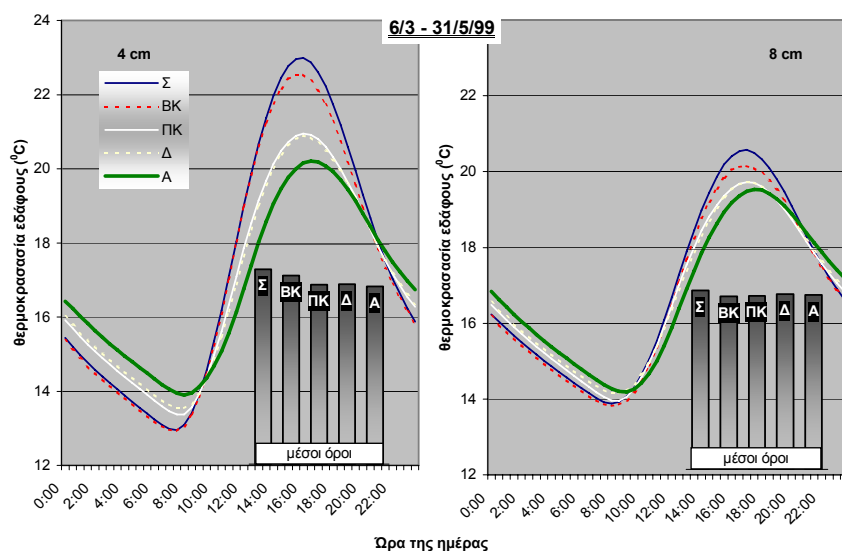
Το 1997 εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο πείραμα σύγκρισης πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Οι μέθοδοι ήταν: 1) συμβατική κατεργασία (Σ) με όργωμα σε βάθος 25-30 cm, 2) μειωμένη κατεργασία (BK) με βαρύ καλλιεργητή σε βάθος 20-25 cm 3) μειωμένη με περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα (ΠΚ) σε βάθος 10-12 cm, 4) μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ) σε βάθος 6-8 cm (Δ) και 5) ακαλλιέργεια (Α), απ' ευθείας σπορά δηλαδή και καταστροφή της βλάστησης με glyphosate πριν το φύτρωμα των καλλιεργειών. Στο πείραμα εφαρμόστηκαν αμειψισπορές με καλλιέργειες βαμβακιού, καλαμποκιού και τεύτλων. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες με υπο-ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις σε δύο πειραματικούς αγρούς. Στις κύριες ομάδες υπήρχαν τέσσερα συστήματα αμειψισποράς με τις τρεις καλλιέργειες ενώ στις υπο-ομάδες τοποθετήθηκαν τα πέντε συστήματα κατεργασίας του εδάφους. Μετρήθηκε η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους από τον ένα πειραματικό αγρό και από δύο ομάδες συστημάτων αμειψισποράς. Το έδαφος στον πειραματικό αγρό χαρακτηρίζεται ως ιλυο-αργιλώδες (άμμος 9,8%, ιλύς 41%, άργιλος 49,2%) με PH 8 και οργανική ουσία 1,26%.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εδάφους επικεντρώθηκε στη ζώνη της σποροκλίνης και πραγματοποιήθηκε για τρεις συνεχόμενες χρονιές (1997-99) κατά την περίοδο του φυτρώματος των καλλιεργειών με την χρήση 20 συνολικά θερμοστοιχείων (thermistor). Χρησιμοποιήθηκε ο τύπος ST1 της DELTA-T DEVICES. Τα θερμοστοιχεία τοποθετήθηκαν οριζόντια μέσα στο έδαφος σε βάθος 4 cm και 8 cm χωρίς να διαταραχθεί η επιφάνεια του εδάφους. Δύο ακόμη θερμοστοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας στον ήλιο και υπό σκιά. Τα θερμοστοιχεία συνδέθηκαν σε έναν αυτόματο καταχωρητή δεδομένων (data logger) που εγκαταστάθηκε στον αγρό. Στο λογισμικό του καταχωρητή εισήχθησαν οι πίνακες μετατροπής της ωμικής αντίστασης σε τιμές πραγματικής θερμοκρασίας που προτείνει ο κατασκευαστής των θερμοστοιχείων. Ο καταχωρητής προγραμματίστηκε να παίρνει μέτρηση κάθε 30 s και να καταχωρεί στη μνήμη του τον μέσο όρο αυτών των μετρήσεων κάθε μισή ώρα. Κατά το τρίτο έτος παράλληλα με τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους μετρήθηκε και η υγρασία του εδάφους σε βάθος 0-6 cm με την μέθοδο της φασματομετρικής ανακλισιμετρίας (TDR). Μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους κατά το παρελθόν με την παραπάνω μέθοδο σε καλλιέργεια

ζαχαροτεύτλων έχουν δώσει πολύ καλά αποτελέσματα [6]. Χρησιμοποιήθηκαν 10 συνολικά στοιχεία (τύπος Theta Probe ML2 της DELTA-T DEVICES) τα οποία μετρούσαν την υγρασία του εδάφους σε βάθος 0-6 cm και τα οποία τοποθετήθηκαν δίπλα από κάθε ζεύγος θερμοστοιχείων. Τα στοιχεία βαθμονομήθηκαν με βάση της οδηγίες του κατασκευαστή για το συγκεκριμένο έδαφος και συνδέθηκαν με τον ηλεκτρονικό καταχωρητή δεδομένων ο οποίος έπαιρνε μετρήσεις κάθε τέσσερις ώρες και υπολόγιζε έναν ημερήσιο μέσο όρο.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας του εδάφους από το τρίτο έτος μετρήσεων (1999) όπου υπήρχαν και στοιχεία της υγρασίας. Τα στοιχεία αυτά είναι αντιπροσωπευτικά και για τις δύο πρώτες χρονιές.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

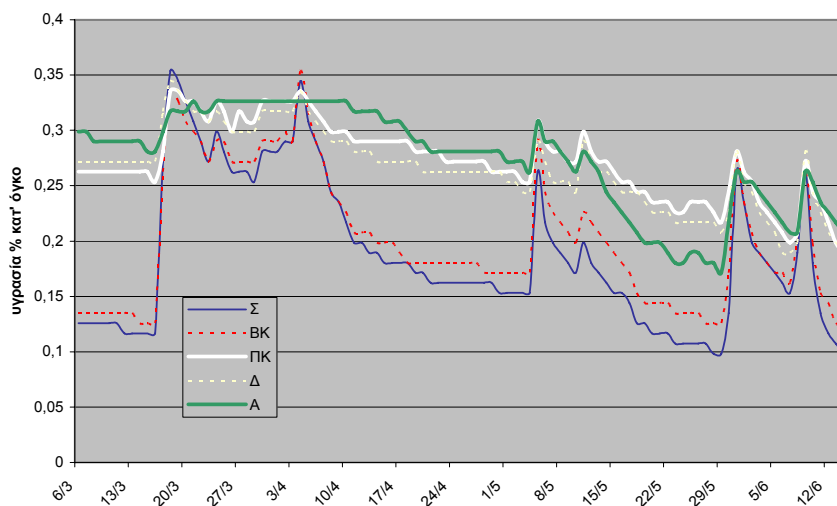


Σχήμα 1. Μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος 4 cm και 8 cm για τις 5 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους για την περίοδο 13/2 – 28/3/97.

Στο **Σχήμα 1** απεικονίζεται η μέση ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας καθώς και η μέση θερμοκρασία για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας στα δύο βάθη για την περίοδο των μετρήσεων. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, η υψηλότερη διακύμανση παρουσιάστηκε στη συμβατική κατεργασία. Την δεύτερη υψηλότερη διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή, ενώ στις μεθόδους του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας η διακύμανση ήταν μικρότερη. Οι διαφορές αυτές ήταν πολύ πιο έντονες στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους. Σε βάθος 4 cm, οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού και της δισκοσβάρνας κατά την διάρκεια της ημέρας εμφάνιζαν χαμηλότερα μέγιστα κατά 1,5 – 1,9 °C. Κατά την διάρκεια της νύχτας όμως η θερμοκρασία του εδάφους ήταν υψηλότερη. Στις 7:30 π.μ. όπου υπήρχε η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σε βάθος 4 cm παρουσίαζαν ένα έδαφος θερμότερο κατά 0,5 – 0,6 °C σε σχέση με την συμβατική κατεργασία. Την μικρότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσίαζε η

μέθοδος της ακαλλιέργειας. Σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία, σε βάθος 4 cm, ήταν κατά 2,8 °C χαμηλότερη ενώ η ελάχιστη κατά 1 °C υψηλότερη. Συγκρίνοντας την μέση θερμοκρασία του εδάφους σε όλη την περίοδο δειγματοληψίας διαπιστώνεται ότι η συμβατική κατεργασία και η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζαν ελαφρώς υψηλότερες τιμές. Σε βάθος 4 cm η μέση θερμοκρασία στην συμβατική κατεργασία ήταν 17,1 °C στην μέθοδο του βαρύ καλλιεργητή 16,9 °C, στο περιστροφικό σκαπτικό και τη δισκοσβάρνα 16,8 °C και στην ακαλλιέργεια 16,7 °C. Σε βάθος 8 cm οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν ακόμη μικρότερες.

Στο **Σχήμα 2** παρουσιάζονται οι μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με την χρήση των υγρασιόμετρων για την περίοδο από τις 6/3/99 έως τις 14/6/99. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, σε γενικές γραμμές οι μέθοδοι του περιστροφικού σκαπτικού, της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας διατηρούσαν μια σημαντικά πιο υγρή επιφάνεια εδάφους. Οι διαφορές ήταν μικρότερες μετά από περιόδους βροχής ή ποτίσματος. Η αυξημένη υγρασία οφείλονταν σε μειωμένες απώλειες λόγω της αυξημένης ξηρής φαινομενικής πυκνότητας του εδάφους [7] και της κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους από φυτικά υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και υπολείμματα ζιζανίων.



Σχήμα 2. Γραφική παράσταση της εξέλιξης της % κατ' όγκο υγρασίας του εδάφους για τις πέντε μεθόδους κατεργασίας του εδάφους κατά το 1999.

Για να διερευνηθεί η συσχέτιση της θερμοκρασίας με την υγρασία του εδάφους, τα δεδομένα της θερμοκρασίας του εδάφους καθώς και της αντίστοιχης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας ομαδοποιήθηκαν με βάση τις τιμές από τις μετρήσεις της εδαφικής υγρασίας με τα υγρασιόμετρα και για κάθε κατηγορία υπολογίστηκε ένας μέσος όρος. Η ομαδοποίηση αυτή κρίθηκε απαραίτητη διότι η συχνότητα της μεταβολής της θερμοκρασίας ήταν πολύ υψηλότερη από την συχνότητα της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας.

Η απλή ανάλυση συσχέτισης μεταξύ της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της υγρασίας του εδάφους απέδειξε μια σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δυο παραγόντων ($R = -0,87$). Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας όμως ήταν άμεσα συνδεδεμένη με την θερμοκρασία του εδάφους ($R = 0,91$). Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλής συμμεταβολής μεταξύ των τριών παραγόντων, με εξαρτημένη μεταβλητή την θερμοκρασία του εδάφους και ανεξάρτητες την υγρασία του εδάφους και την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Οι συγκρίσεις περιελάμβαναν τους εξής συνδυασμούς:

Υγρασία εδάφους	Θερμοκρασία ατμόσφαιρας	Θερμοκρασία εδάφους
Μέση ημερήσια	Μέση ημερήσια	Μέση ημερήσια
Μέση ημερήσια	Ελάχιστη ημερήσια	Ελάχιστη ημερήσια
Μέση ημερήσια	Μέγιστη ημερήσια	Μέγιστη ημερήσια
Μέση ημερήσια	Ημερήσιο εύρος	Ημερήσιο εύρος

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της πολλαπλής συμμεταβολής παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, οι συντελεστές μερικής συμμεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους με την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν θετικοί ενώ οι συντελεστές μερικής συμμεταβολής της υγρασίας με την θερμοκρασία του εδάφους, αρνητικοί. Σε όλες τις περιπτώσεις η σημαντικότητα των συντελεστών ήταν μεγαλύτερη από 99%. Μελετώντας τους σταθερούς συντελεστές μερικής συμμεταβολής διαπιστώνεται ότι η μέση υγρασία του εδάφους επηρεάζει σε ποσοστό 10% την μέση, σε ποσοστό 15% την ελάχιστη, σε ποσοστό 29% την μέγιστη και σε ποσοστό 21% το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας επηρεάζει σε ποσοστό 88% την μέση θερμοκρασία του εδάφους, η ελάχιστη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 81% την ελάχιστη θερμοκρασία του εδάφους, η μέγιστη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 69% την μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους και το εύρος την ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, σε ποσοστό 57% το εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Και οι δύο παράγοντες μαζί (υγρασία εδάφους, θερμοκρασία ατμόσφαιρας) περιγράφουν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 96% την παραλλακτικότητα που διαπιστώνεται στην μέση, ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία του εδάφους και σε ποσοστό 78% την παραλλακτικότητα που διαπιστώνεται στο εύρος της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Το υπόλοιπο της παραλλακτικότητας οφείλεται σε διαφορές στη δομή του εδάφους μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας καθώς και σε διαφορές στην φυτοκάλυψη.

Πίνακας 1. Συντελεστές πολλαπλής συμμεταβολής της θερμοκρασίας του εδάφους με την υγρασία του εδάφους και την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

		Υγρασία					Θερμοκρασία ατμόσφαιρας				
	α/π	a	b ₁	LSD _{0,05}	b ₁ '	sign _(b1)	b ₂	LSD _{0,05}	b ₂ '	sign _(b2)	R ²
Μέση	150	3,78	-9,57	3,10	-0,11	0,01	0,88	0,03	0,94	0,01	0,979
Ελάχιστη	150	7,22	-13,34	5,44	-0,15	0,01	1,23	0,09	0,85	0,01	0,957
Μέγιστη	150	15,15	-35,12	4,62	-0,32	0,01	0,49	0,03	0,75	0,01	0,980
Εύρος	150	5,65	-10,74	5,55	-0,23	0,01	0,23	0,04	0,63	0,01	0,780

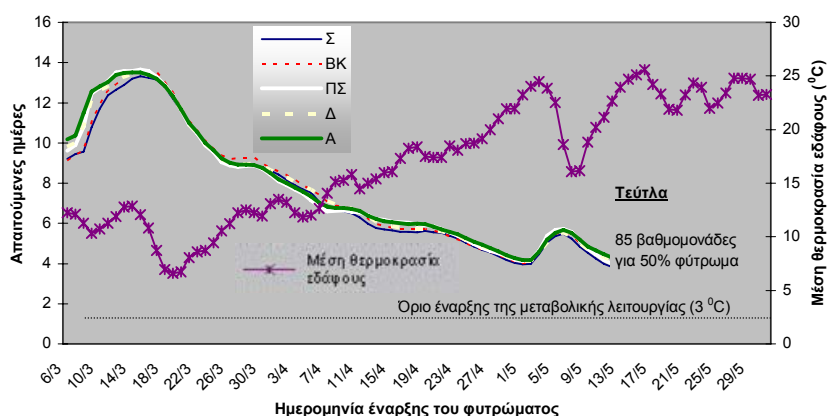
α/π = αριθμός παρατηρήσεων, a = σταθερός συντελεστής, R² = συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης

b₁ = συντελεστής μερικής συμμεταβολής, b₁' = σταθερός συντελεστής μερικής συμμεταβολής

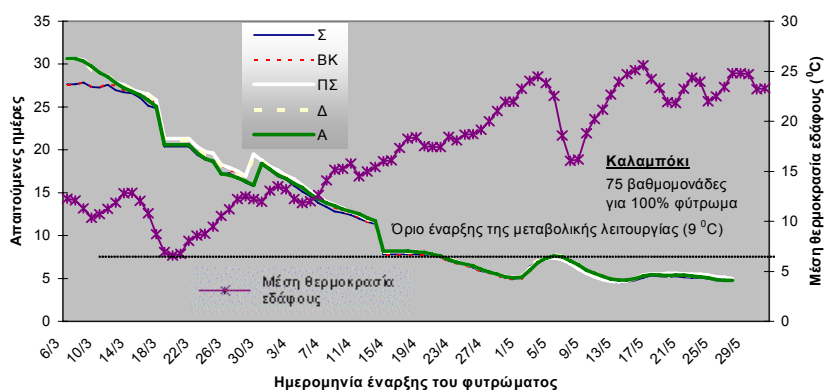
LSD_{0,05} = 95% ελάχιστη σημαντική διαφορά συντελεστή μερικής συσχέτισης (I).

sign_(b_i) = στατιστική σημαντικότητα (** = >99%, * = >95%, ns = στατιστικώς μη σημαντικό)

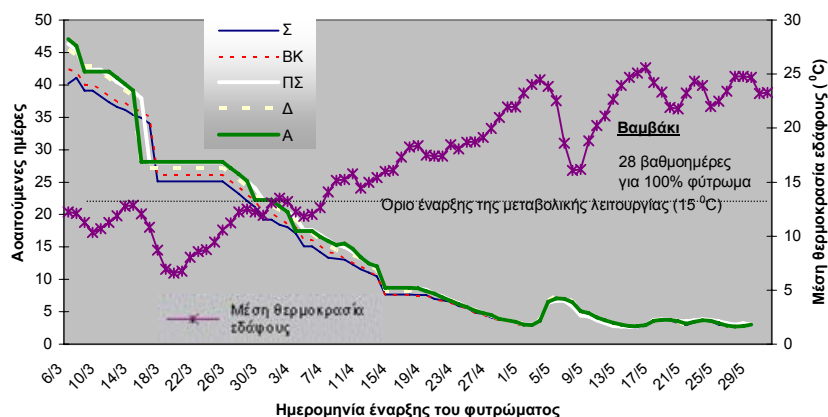
Η σχετικά μικρή ελάττωση της μέσης θερμοκρασίας του εδάφους με την αύξηση της υγρασίας έχει περιορισμένη επίπτωση στο άθροισμα των απαραίτητων θερμομονάδων για την ολοκλήρωση του φυτρώματος των καλλιεργειών, ιδίως για καλλιέργειες όπως τα ζαχαρότευτλα όπου το όριο έναρξης της μεταβολικής δραστηριότητας του φυτρώματος είναι συνήθως πολύ χαμηλότερο από την μέση θερμοκρασία του εδάφους η οποία και για τα τρία έτη κυμαίνονταν κυμαίνονταν από τους 10 °C. Για να ολοκληρωθεί το φύτεμα των τεύτλων κατά 50% απαιτείται η συμπλήρωση 85 θερμομονάδων με κατώτερο όριο έναρξης του φυτρώματος τους 3 °C, για το καλαμπόκι απαιτούνται 65 με 85 θερμομονάδες με θερμοκρασία έναρξης τους 9 °C [8] και για το βαμβάκι απαιτείται η συμπλήρωση 28 θερμομονάδων με κατώτερο όριο έναρξης του φυτρώματος τους 15 °C [9].



Σχήμα 3. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 50% φύτεμα των τεύτλων με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.



Σχήμα 4. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτεμα του καλαμποκιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.



Σχήμα 5. Υπολογισμός για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος, της απαραίτητης περιόδου για 100% φύτευμα του βαμβακιού με βάση τα δεδομένα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους στις πέντε μεθόδους κατεργασίας.

Στα Σχήματα 3-5 με βάση τα δεδομένα των μετρήσεων της θερμοκρασίας για κάθε μέθοδο κατεργασίας χωριστά, υπολογίζονται οι πραγματικές ημέρες που απαιτούνται για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων για διάφορες ημερομηνίες έναρξης του φυτρώματος και για κάθε καλλιέργεια.

Για την περίπτωση των τεύλων, διαπιστώνεται μια μικρή καθυστέρηση στο φύτευμα της τάξης της 0,5-1 ημέρας, αν η διαδικασία του φυτρώματος ξεκινούσε στην αρχή της περιόδου (5/3 – 14/3). Το γεγονός αυτό σχετίζεται με την ελάττωση που σημειώθηκε στη μέση θερμοκρασία του εδάφους στο διάστημα (16/3 – 26/3) με αποτέλεσμα να επιμηκυνθεί η περίοδος του φυτρώματος (>10 ημέρες) και κατά συνέπεια οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών να αποκτήσουν μεγαλύτερη σημασία. Μετά τις 7/4 ωστόσο, η μέση θερμοκρασία του εδάφους κυμάνθηκε πάνω από τους 10 °C με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά η περίοδος του φυτρώματος (<6 ημέρες) και κατά συνέπεια οι διαφορές μεταξύ των κατεργασιών να μην εμφανίζουν πρακτικό ενδιαφέρον.

Στο καλαμπόκι το σημείο έναρξης του φυτρώματος είναι 9 °C. Μέχρι και τις 19/3 η διάρκεια της φυτωτικής περιόδου ήταν μεγαλύτερη από 20 ημέρες ενώ μετά τις 14/4 ο απαιτούμενος χρόνος ελαχιστοποιήθηκε σε λιγότερο από 8 ημέρες. Εκτός από τις τρεις πρώτες ημερομηνίες (6/3 – 9/3) όπου ο μέσος χρόνος για το φύτευμα ήταν πολύ μεγάλος (>28 ημέρες) και κατά συνέπεια και οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων κατεργασίας σημαντικές, σε όλο το υπόλοιπο διάστημα δεν διαπιστώθηκε ουσιαστική διαφοροποίηση στο χρόνο για την συμπλήρωση των απαραίτητων θερμομονάδων μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους.

Το βαμβάκι τέλος έχει την υψηλότερη θερμοκρασία έναρξης του φυτρώματος (15 °C). Μέχρι και τις 14/4 το απαιτούμενο χρονικό διάστημα για τη συμπλήρωση των 28 θερμομονάδων ήταν μεγαλύτερο από 10 ημέρες. Στο διάστημα αυτό, στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας και του βαρύ καλλιεργητή υπάρχει μια πρωϊμηση όσον αφορά τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωση του φυτρώματος η οποία στην αρχή της

περιόδου φθάνει μέχρι και τις 4 ημέρες. Ωστόσο το χρονικό διάστημα που απαιτείται για το φύτευμα την περίοδο αυτή είναι πολύ μεγάλο και η σπορά σε μια τέτοια περίπτωση είναι παρακινδυνευμένη. Μετά τις 14/4 ωστόσο, όπου η μέση θερμοκρασία του εδάφους ανέβηκε πάνω από τους 15 °C και ο χρόνος φυτρώματος μειώθηκε κάτω από τις 10 ημέρες, δεν σημειώθηκαν και πάλι ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των πέντε μεθόδων κατεργασίας.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους δείχνουν μια πολύ μικρή διαφοροποίηση όσον αφορά την μέση ημερήσια τιμή μεταξύ των κατεργασιών του εδάφους ενώ οι διαφορές στην ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας είναι πολύ μεγαλύτερες. Η συμβατική κατεργασία διατηρούσε μια εδαφική επιφάνεια γυμνή και ακάλυπτη από φυτικά υπολείμματα και ζιζάνια και δεχόταν μεγαλύτερες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να θερμαίνεται ταχύτερα και περισσότερο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η έλλειψη εδαφοκάλυψης ωστόσο είχε προφανώς μια αντίστροφη επίδραση κατά την διάρκεια της νύκτας. Το γυμνό έδαφος στη συμβατική κατεργασία ακτινοβολούσε μεγαλύτερα ποσά θερμότητας με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας και γι' αυτό τη νύχτα ψύχονταν περισσότερο. Στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας όμως και ιδίως στην ακαλλιέργεια, το έδαφος ήταν καλυμμένο με ζιζάνια. Οι φυτικοί αυτοί ιστοί, σκίαζαν το έδαφος προφανώς περιορίζοντας την ποσότητα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κατά την διάρκεια της νύκτας όμως, φαίνεται ότι περιόριζαν τις απώλειες θερμότητας εμποδίζοντας την έκλυση θερμικής ακτινοβολίας από το έδαφος προς την ατμόσφαιρα. Με τον τρόπο αυτό προκαλούσαν μια σημαντική μείωση της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας του εδάφους. Επιπλέον, οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας διαπιστώθηκε ότι διατηρούσαν μια αυξημένη ποσότητα υγρασίας σε σχέση με τη συμβατική κατεργασία. Σε συνδυασμό και με την αυξημένη ξηρή φαινομενική πυκνότητα που διαπιστώθηκε στις μεθόδους αυτές [1] προκύπτει ότι το έδαφος είχε αυξημένη θερμοχωρητικότητα. Το γεγονός αυτό αποτελεί μια δεύτερη σημαντική αιτία για την μείωση του εύρους της ημερήσιας διακύμανσης της θερμοκρασίας που διαπιστώθηκε σε αυτές τις μεθόδους. Όπως άλλωστε προέκυψε και από την ανάλυση πολλαπλής συμμεταβολής η μέση υγρασία του εδάφους επηρέαζε σε ποσοστό 21% την ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας αυτού.

Οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων στην μέση θερμοκρασία του εδάφους στην περιοχή της σποροκλίνης ήταν μικρές (της τάξης των 0,4 °C) δεν διαπιστώθηκε σημαντική διαφοροποίηση στον απαιτούμενο για το φύτευμα χρόνο για τις τρεις σημαντικότερες εαρινές καλλιέργειες της χώρας μας (βαμβάκι, καλαμπόκι, τεύτλα). Ακόμη και για το βαμβάκι που είναι η πιο θερμοαπαιτητική καλλιέργεια, για σπορά στο πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου η διαφορά στο χρόνο φυτρώματος μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας και της ακαλλιέργειας είναι της τάξης των 2 ημερών ενώ για σπορά μέσα στο δεύτερο δεκαήμερο του Απριλίου η διαφοροποίηση στον χρόνο φυτρώματος είναι της τάξης της μισής ημέρας. Αντίθετα με αυτό που αναφέρεται στην διεθνή βιβλιογραφία, φαίνεται ότι για το ήπιο Μεσογειακό κλίμα της Ελλάδος με την έντονη ηλιοφάνεια και τις περιορισμένες βροχοπτώσεις, η εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας δεν οδηγεί σε σημαντική καθυστέρηση της θέρμανσης του εδάφους

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην μέση ημερήσια θερμοκρασία του εδάφους μεταξύ των πέντε μεταχειρίσεων κατεργασίας
- Η συμβατική κατεργασία και στην συνέχεια η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή παρουσίαζαν σημαντικά υψηλότερη ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας του εδάφους. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μειωμένη θερμοχωρητικότητα του εδάφους λόγω των χαμηλότερων επιπέδων υγρασίας που διαπιστώθηκαν καθώς και στην απουσία κάλυψης με φυτικά υπολείμματα στην επιφάνεια του εδάφους.
- Οι μικρές διαφορές στην μέση θερμοκρασία του εδάφους δεν προκάλεσαν ουσιαστική διαφοροποίηση στο χρόνο φυτρώματος για τρεις από τις κυριότερες εαρινές καλλιέργειες της Ελλάδος (βαμβάκι, καλαμπόκι, τεύτλα).
- Φαίνεται ότι ένα από τα σημαντικά μειονεκτήματα των μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους που βρέθηκαν σε πειράματα βορειότερων χωρών δεν είναι τόσο σημαντικά για τις Ελληνικές συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

10. Hayhoe H.N., Dwyer L.M. Stewart D.W., White R.P. and Culley J.L.B (1996). Tillage, hybrid and thermal factors in corn establishment in cool soils, Soil and Tillage Research, Volume 40, Issues 1-2, 39-54
11. Hussain I., Olson K.R. and Ebelhar, S.A. (1999). Impacts of tillage and no-till on production of maize and soybean on an eroded Illinois silt loam soil, Soil and Tillage Research, Volume 52, Issues 1-2, 37-49
12. Janovicek K.J., Vyn T.J., Voroney R.P. (1997). No-Till corn response to crop rotation and in-row residue placement. Agronomy Journal 89. 588-596
13. Swan J.B., Kaspar T.C. and Erbach D.C. (1996). Seed-row residue management for corn establishment in the northern US Corn Belt, Soil and Tillage Research, Volume 40, Issues 1-2, 55-72
14. Swan J.B., Schneider E.C., Moncrief J.F. Paulson W.H. and Peterson A.E. (1987). Estimating corn growth, yield, and grain moisture from air growing degree days and residue cover. Agronomy Journal. 79, 53-60.
15. Ντιούδης Π., Σακελαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Μασλάρης Ν. και Νούσιος Γ. (2000). Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαροτεύτλων. 2^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής. Βόλος 2000, 149-56.
16. Cavalaris C. and Gemtos T.A. (1998). Soil tillage and rotation effect in sugar beet crop. International Conference on Agricultural Engineering. Oslo 1998.
17. Van Heemst H.D.J. (1988). Plant data values required for simple growth simulation models. Review and bibliography. Simulation reports Cabo TT. Agricultural University, Wageningen.
18. Danalatos N. (1993) Quantified analysis of selected land use systems in the Larissa region Greece. Ph Thesis, Wagenigen University.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ

Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Δ. Παπαμιχαήλ και Θ.Α. Γέμτος
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, Ν.
Ιωνία Μαγνησίας Τ.Κ. 38446 e-mail: chkaval@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετήθηκε η ανάπτυξη και τα είδη ζιζανίων κατά την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Στο πείραμα αξιολογήθηκαν πέντε μέθοδοι κατεργασίας οι οποίες στο πέμπτο έτος συνδυάστηκαν μεταξύ τους δημιουργώντας 25 συνολικά μεταχειρίσεις πρόσφατης και προηγούμενης κατεργασίας. Οι πέντε βασικές μέθοδοι ήταν: 1) συμβατική κατεργασία με όργωμα, 2) μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή, 3) μειωμένη με περιστροφικό σκαπτικό, 4) μειωμένη με δισκοσβάρνα και 5) ακαλλιέργεια. Η μακροχρόνια χρήση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας οδήγησε σε σημαντική αύξηση των πολυετών ζιζανίων. Με την εφαρμογή όμως οργώματος μετά από πέντε έτη προέκυψε σημαντική μείωση αυτών των ειδών τα οποία είναι και τα πλέον δύσκολα να καταπολεμηθούν με χημικές μεθόδους.

Λέξεις κλειδιά: Μειωμένη κατεργασία, ζιζάνια.

SOIL TILLAGE EFFECT ON WEED INFESTATION IN A SUGAR BEET CROP

C. Cavalaris, C. Karamoutis, D. Papamichail and T.A. Gemtos
Laboratory of Farm Mechanization. University of Thessaly. Fytoko street, 38446 N.
Ionia Magnisias. e-mail: chkaval@agr.uth.gr

ABSTRACT

Weed infestation and flora composition were estimated on a reduced tillage experiment on which five methods of tillage were compared for a four year period and were combined with each other in the fifth making a total of 25 treatments of recent and previous year tillage operations. The tillage treatments were: 1) Conventional tillage with ploughing, 2) reduced tillage with heavy cultivator, 3) reduced with rotary cultivator, 4) reduced with disk harrow and 5) no-tillage. The long term use of reduced tillage significantly increased weed infestation with perennial species. The introduction of ploughing however in the fifth year on the above treatments reduced weed infestation of the perennial weeds.

Key words: Conservation tillage, weeds.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα και οι τεχνικές αειφορικής διαχείρισης του εδάφους προσδίδουν σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη μέσω της βελτίωσης της γονιμότητας του εδάφους και της μείωσης του κόστους παραγωγής. Ωστόσο η εφαρμογή μεθόδων όπως η μειωμένη κατεργασία και η ακαλλιέργεια συχνά δημιουργούν προβλήματα με τα ζιζάνια, γεγονός που αποτελεί βασική αιτία αποθάρρυνσης των παραγωγών για την υιοθέτηση τέτοιων συστημάτων [1]. Η καταπολέμηση των ζιζανίων αποτελεί ίσως το μεγαλύτερο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν όσοι παραγωγοί επιχειρούν να στραφούν προς την υιοθέτηση μεθόδων περιορισμένης κατεργασίας του εδάφους και ιδίως ακαλλιέργειας. Με τη συμβατική κατεργασία το πρόβλημα συνήθως είναι περιορισμένο, διότι ένα σημαντικό μερίδιο στον έλεγχο των ζιζανίων, αναλαμβάνει το ίδιο το άροτρο, με την αναστροφή που πραγματοποιεί στο έδαφος. Πολλές φορές, αυτό και μόνο είναι αρκετό. Στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας όμως, ο έλεγχος των ζιζανίων βασίζεται αποκλειστικά στη χρήση ζιζανιοκτόνων, των οποίων η εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται σε μεγαλύτερες δόσεις και στα κατάλληλα χρονικά διαστήματα για να υπάρχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα [2], [3].

Εκτός από την αύξηση των ζιζανίων ένα άλλο φαινόμενο που συχνά παρατηρείται κατά την εφαρμογή συστημάτων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους είναι μια μεταβολή στα είδη των επικρατούντων ζιζανίων. Σε σχετικές έρευνες αναφέρεται αύξηση των πολυετών ζιζανίων όταν η καταπολέμηση γίνεται αποκλειστικά με τη χρήση ζιζανιοκτόνων [4], [5]. Φαίνεται ότι με τη χρήση αβαθούς ή μηδενικής κατεργασίας του εδάφους, τα υπόγεια τμήματα πολυετών ζιζανίων όπως η αγριάδα και ο βέλιουρας καταφέρνουν να επιβιώσουν δημιουργώντας εντονότερα προβλήματα σε κάθε επόμενη καλλιεργητική περίοδο. Στην περίπτωση αυτή, μια βαθιά κατεργασία σε τακτά διαστήματα 3-4 χρόνων πιθανόν να οδηγεί σε μια άμβλυνση του προβλήματος.

Για τους παραπάνω λόγους η διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής συστημάτων μειωμένης κατεργασίας κάτω από τις Ελληνικές συνθήκες προϋποθέτει τη διερεύνηση όχι μόνο της έντασης της προσβολής αλλά και της σύνθεσης του πληθυσμού των ζιζανίων με στόχο την επιλογή των καταλληλότερων στρατηγικών μηχανικής και χημικής καταπολέμησης τους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το 1997 εγκαταστάθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο ένα πείραμα αξιολόγησης διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους σε καλλιέργειες σιτηρών, ζαχαροτεύτλων, βαμβακιού και καλαμποκιού [6], [7], [8]. Στο πείραμα αυτό συγκρίθηκαν οι εξής πέντε μέθοδοι κατεργασίας: 1) συμβατική κατεργασία με όργωμα (Σ) περί τα 25 cm, 2) μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK) στα 20 cm, 3) μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό (ΠΣ) με κατακόρυφα ελάσματα (βωλοκόπος) στα 15 cm, 4) μειωμένη κατεργασία με τη χρήση μόνο δισκοσβάρνας (Δ) σε βάθος μέχρι 8 cm και 5) ακαλλιέργεια (Α) και καταστροφή των ζιζανίων με Gramoxone λίγο πριν τη σπορά. Το πειραματικό σχέδιο ήταν πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις όπου όλες οι επεμβάσεις κατεργασίας πραγματοποιούνταν σε παράλληλες λωρίδες ως προς μια διεύθυνση. Στο πέμπτο έτος επανάληψης του πειράματος (2001) αποφασίστηκε οι επεμβάσεις κατεργασίας να αλλάζουν διεύθυνση και να πραγματοποιηθούν κάθετα στις αρχικές λωρίδες με στόχο να διερευνηθεί η επίδραση από την διενέργεια βαθιάς

κατεργασίας σε έδαφος στο οποίο εφαρμόζονταν αβαθής κατεργασία [9]. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκαν πειραματικά τεμάχια που είχαν για πέντε συνεχή έτη την ίδια κατεργασία αλλά και πειραματικά τεμάχια που είχαν για τέσσερα έτη τις πέντε αρχικές μεθόδους κατεργασίας και στο πέμπτο έτος όλους τους συνδυασμούς τους. Κατά το έτος αυτό ο πειραματικός αγρός καλλιεργήθηκε με ζαχαρότευτλα ενώ το προηγούμενο (2000) υπήρχε σιτάρι. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία από το πέμπτο έτος πειραματισμού επικεντρώνοντας στην επίδραση των μεθόδων κατεργασίας και των εναλλαγών τους στα είδη και την ανάπτυξη των ζιζανίων σε σχέση με την βλαστική ανάπτυξη της καλλιέργειας των ζαχαροτεύτλων.

Η τελική προετοιμασία της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε στις 6/3/01. Η εφαρμογή του *gramoxone* στην ακαλλιέργεια στις 7/3/05 και η σπορά των τεύτλων στις 9/3/05. Από το στάδιο αυτό και έπειτα, η καταπολέμηση των ζιζανίων ήταν κοινή σε όλες τις μεταχειρίσεις. Αμέσως μετά την σπορά, έγινε προφυτρωτική εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων ATLAS 400 g/στρ και PYRAMIN 200 g/στρ. Ένα μήνα αργότερα, στις 6/4/97 πραγματοποιήθηκε ψεκασμός με το μείγμα των μικροδόσεων από τα ζιζανιοκτόνα (BETANAL 50g/στρ, GOLTIX 50g/στρ, NORTRON 50g/στρ). Στις 18/4/01 έγινε ψεκασμός για τα αγροστώδη ζιζάνια με 80 g/στρ GALLAND'S. Ο ψεκασμός με το μείγμα των μικροδόσεων επαναλήφθηκε στις 23/4/01 ενώ επιπλέον, για την καταπολέμηση του κίρσιου, χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα LONTREL σε δόση 40 g/στρ.

Η ξηρά βιομάζα των ζιζανίων μετρήθηκε στις 18/4/01, περίοδο που τα φυτά των τεύτλων βρισκόταν στο στάδιο των 5-6 μόνιμων φύλων. Για την μέτρηση αυτή κατασκευάστηκαν μεταλλικά πλαίσια διαστάσεων 1×1 m. Τα πλαίσια τοποθετήθηκαν σε τρεις τυχαίες θέσεις σε κάθε πειραματικό τεμάχιο από όπου συλλέχθηκε το υπέργειο μέρος όλων των ζιζανίων. Τα ζιζάνια διαχωρίστηκαν κατά είδη και ζυγίστηκαν (χλωρό βάρος). Δείγματα από τα διάφορα είδη των ζιζανίων τοποθετήθηκαν σε κλίβανο, στους 70°C για 48 h και προσδιορίστηκε η υγρασία τους και το ξηρό τους βάρος. Με βάση τα στοιχεία αυτά, έγινε αναγωγή του χλωρού βάρους των ζιζανίων σε ξηρά βιομάζα. Παράλληλα με τα ζιζάνια, συλλέχθηκε μέσα από τα πλαίσια και το υπέργειο μέρος των ζαχαροτεύτλων. Ακολουθήθηκε και για αυτά παρόμοια διαδικασία για τον προσδιορισμό της ξηράς υπέργειας βιομάζας της καλλιέργειας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τη μέτρηση της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων διαπιστώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των μεταχειρίσεων της πρόσφατης, όσο και της προηγούμενης κατεργασίας (Πίνακας 1).

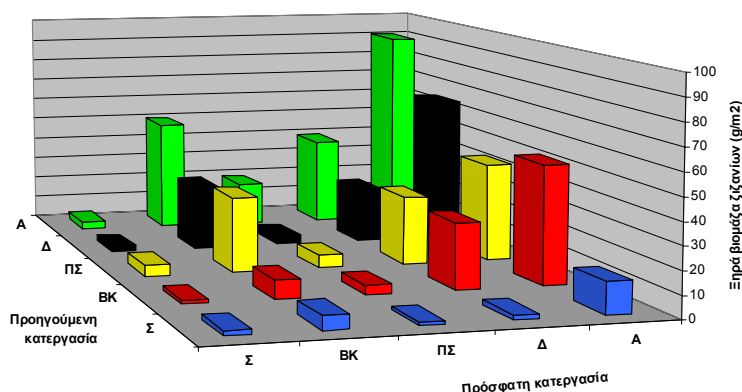
Η μικρότερη προσβολή από ζιζάνια παρατηρήθηκε στην συμβατική κατεργασία (Σχήμα 1). Στην μέθοδο αυτή τα ζιζάνια ήταν ελάχιστα (3,2 g/m²) ενώ η προηγούμενη κατεργασία δεν έδειξε να προκαλεί διαφορές. Στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού επίσης, η προσβολή έδειξε να είναι σχετικά μικρή (6,9 g/m²) εκτός από την περίπτωση όπου ως προηγούμενη κατεργασία είχε εφαρμοστεί ακαλλιέργεια. Στην περίπτωση αυτή, το εργαλείο της κατεργασίας δεν αποδείχθηκε το ίδιο αποτελεσματικό με το άροτρο στην καταστροφή των ζιζανίων καθώς η βιομάζα των ζιζανίων ήταν αυξημένη (19,1 g/m²). Εκτός όμως από τα ζιζάνια, στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού ήταν ανεπτυγμένα και τα φυτά των τεύτλων. Στη συμβατική κατεργασία τα ζιζάνια ήταν περίπου δύο φορές λιγότερα από τα φυτά της καλλιέργειας ενώ στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού περίπου τρεις φορές λιγότερα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ξηρά βιομάζα του υπέργειου μέρους των ζιζανίων στις 18/4/01.

	Ξηρά βιομάζα ζιζανίων (g / m ²)				Βιομάζα ζιζανίων / βιομάζα τεύτλων
	Ετήσια χειμερινά (CV%)	Ετήσια εαρινά	Πολυετή	Σύνολο	
	167,8	107,7	132,5	91,2	112,8
γενικός μέσος	8,95	1,77	12,04	22,76	2,00
Προηγούμενη κατεργασία					
συμβατική κατεργασία	1,84	0,81	2,50	5,15	0,44
βαρύς καλλιεργητής	5,63	2,05	11,52	19,20	2,05
περιστροφικό σκαπτικό	10,50	2,45	10,78	23,74	1,73
δισκοσβάρνα	13,08	2,02	10,01	25,10	2,51
ακαλλιέργεια	13,69	1,53	25,41	40,63	3,28
	ns	ns	**	**	**
ΕΣΔ (P = 95%)	-	-	10,08	13,10	1,43
ΕΣΔ (P = 99%)	-	-	13,38	17,40	1,89
Πρόσφατη κατεργασία					
συμβατική κατεργασία	0,09	1,43	1,41	2,93	0,49
βαρύς καλλιεργητής	15,49	3,29	6,58	25,37	1,75
περιστροφικό σκαπτικό	0,41	0,48	6,04	6,93	0,34
δισκοσβάρνα	3,40	2,14	19,67	25,21	1,95
ακαλλιέργεια	25,34	1,51	26,51	53,37	5,48
	**	**	**	**	**
ΕΣΔ (P = 95%)	9,48	1,20	10,08	13,10	1,43
ΕΣΔ (P = 99%)	12,59	1,60	13,38	17,40	1,89
(προηγ. κατεργ.) Χ (προσφ. κατεργ.)	ns	ns	ns	ns	ns

Οι μέθοδοι του βαρύ καλλιεργητή και της δισκοσβάρνας παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα. Και τα δυο εργαλεία αποδείχθηκαν αναποτελεσματικά για τον έλεγχο των ζιζανίων των οποίων η ξηρά βιομάζα κυμαίνονταν στα 25 g/m². Η ποσότητα αυτή ήταν μιάμιση με δύο φορές μεγαλύτερη από την βιομάζα των τεύτλων και συνεπώς στις μεθόδους αυτές υπήρχε έντονο πρόβλημα ανταγωνισμού. Στο Σχήμα 1 φαίνεται ότι όταν ως προηγούμενη κατεργασία είχε εφαρμοστεί όργωμα, το πρόβλημα ήταν σημαντικά μικρότερο.

Τέλος, η μέθοδος της ακαλλιέργειας παρουσίασε τους υψηλότερους πληθυσμούς ζιζανίων με μια μέση ξηρά βιομάζα υπέργειου τμήματος 53,3 g/m² η οποία ήταν 5,5 φορές μεγαλύτερη από την βιομάζα των τεύτλων. Και εδώ όμως, μπορεί να διαπιστωθεί (Σχήμα 1) ότι στην περίπτωση όπου ως προηγούμενη κατεργασία είχε εφαρμοστεί όργωμα η προσβολή ήταν σημαντικά μειωμένη. Αντίθετα, στην περίπτωση όπου συνεχιζόταν το σύστημα της ακαλλιέργειας η προσβολή ήταν η υψηλότερη αγγίζοντας τα 90,6 g/m².



Σχήμα 1. Σύγκριση της ξηράς βιομάζας των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους πρόσφατης και προηγούμενης κατεργασίας του εδάφους.

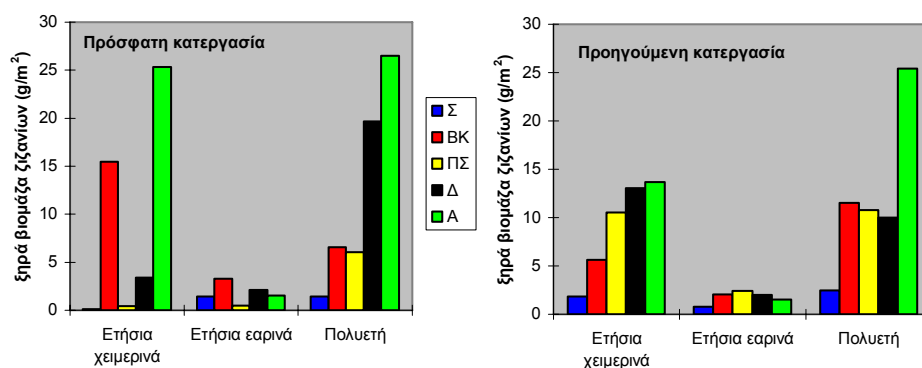
Πίνακας 2. Είδη ζιζανίων που παρατηρήθηκαν και ποσοστό (%) από το καθένα.

Ετήσια χειμερινά	(%)	Ετήσια εαρινά	(%)	Πολυετή	(%)
Malva sp.	4,06	Xanthium strumarium	5,99	Convolvulus arvensis	36,49
Capsella bursa-pastoris	0,02	Polygonum aviculare	0,03	Cirsium arvense	3,53
Triticum aestivum	5,14	Chenopodium album	0,89	Sonchus arvensis	0,21
Avena fatua	0,23	Coniza canadensis	0,86	Sorghum halepense	1,62
Sonchus asper	23,85			Allium sepa	0,04
Lactuca scariola	2,59			Cynodon dactylon	3,48
Euphorbia helioscopia	0,37			Lolium temulentum	7,04
Hypericum perforatum	1,87			Cyperus rotundus	0,44
Anthemis arvensis	1,18			Muscari sp.	0,06
ΣΥΝΟΛΟ	39,31		7,78		52,91

Τα είδη των ζιζανίων που καταγράφηκαν ομαδοποιήθηκαν σε ετήσια χειμερινά και εαρινά και σε πολυετή (Πίνακας 2).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1, υπήρξε μια διαφοροποίηση των παρατηρούμενων ειδών στις πέντε μεθόδους κατεργασίας. Όσο αναφορά τις πρόσφατες κατεργασίες, διαπιστώνεται ότι στις μεθόδους της ακαλλιέργειας και του βαρύ καλλιεργητή, υπήρχε σημαντικά αυξημένος πληθυσμός από ετήσια χειμερινά ζιζάνια (Σχήμα 2). Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας ο πληθυσμός αυτός οφείλεται στο γεγονός ότι η ζιζανιοκτονία με τη χρήση του Gramoxone δεν ήταν επαρκής. Το συγκεκριμένο σκεύασμα, ως ζιζανιοκτόνο επαφής, προκάλεσε την ξήρανση του υπέργειου τμήματος των ζιζανίων ωστόσο μερικά από αυτά επαναβλάστησαν. Επιπλέον, κατά την περίοδο της εφαρμογής στην μέθοδο της ακαλλιέργειας υπήρχε ένας πυκνός πληθυσμός από φυτά σιταριού τα οποία φύτεψαν κατά την διάρκεια του φθινοπώρου από τους σπόρους της προηγούμενης καλλιέργειας. Τα φυτά αυτά εμπόδιζαν την διασπορά το φαρμάκου χαμηλά στο έδαφος με αποτέλεσμα πολλά από τα βραχύσωμα

ζιζάνια όπως ο ζωχός (*Sonchus asper*) να καταφέρουν να επιβιώσουν. Στην περίπτωση του βαρύ καλλιεργητή διαπιστώνεται η αναποτελεσματικότητα του εργαλείου στην καταστροφή των ζιζανίων. Κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, πολλά από τα χειμερινά ζιζάνια είχαν πληγωθεί από το εργαλείο αλλά όπως φαίνεται, επαναβλάστησαν αργότερα.



Σχήμα 2. Ξηρά βιομάζα των ζιζανίων για τις πέντε μεθόδους πρόσφατης και προηγούμενης κατεργασίας του εδάφους..

Στη μέθοδο της ακαλλιέργειας επιπλέον, υπήρχε σημαντικά αυξημένο ποσοστό από πολυετή ζιζάνια. Η κατηγορία αυτή των ζιζανίων ήταν αυξημένη και στην μέθοδο της δισκοσβάρνας (Σχήμα 2). Στα πολυετή ζιζάνια ανήκαν κυρίως είδη που πολλαπλασιάζονται με υπόγειους βλαστούς όπως ο βέλιουρας (*Sorghum halepense*), η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*), το κίρσιο (*Cirsium arvense*) και η αγριάδα (*Cynodon dactylon*). Οι βλαστοί αυτοί παρέμειναν ανέγγιχτοι στην μέθοδο της ακαλλιέργειας και με την άνοδο της εδαφικής θερμοκρασίας επαναβλάστησαν. Η μέθοδος της δισκοσβάρνας από την άλλη πλευρά, ήταν μια ιδιαίτερα αβاثής μορφή κατεργασίας (5-8 cm) με συνέπεια να μην καταστραφούν τα υπόγεια τμήματα των ζιζανίων που βρίσκονταν κάτω από το βάθος κατεργασίας. Οι υπόγειοι αυτοί βλαστοί επίσης επαναβλάστησαν με συνέπεια ένα μήνα μετά τη σπορά να υπάρχει σοβαρή προσβολή.

Από τα ετήσια εαρινά ζιζάνια το κυριότερο είδος ήταν η αγριομελιτζάνα (*Xanthium strumarium*). Κατά την περίοδο των μετρήσεων, το φυτό είχε μόλις φυτρώσει και βρισκόταν είτε στο στάδιο των κοτυληδόνων, είτε στο στάδιο των 2 με 4 μονίμων φύλλων. Σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης βρισκόταν επίσης και τα υπόλοιπα είδη των ζιζανίων. Για το λόγο αυτό, η συνολική βιομάζα των ετήσιων εαρινών ζιζανίων ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την βιομάζα των ζιζανίων των άλλων δυο κατηγοριών και οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων μειωμένες (Σχήμα 2). Η υψηλότερη προσβολή παρατηρήθηκε στις μεθόδους του βαρύ καλλιεργητή και τη δισκοσβάρνας και η μικρότερη στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού.

Τα είδη των εαρινών ζιζανίων που παρατηρήθηκαν πολλαπλασιάζονται κυρίως με σπόρους. Κατά την κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή και με δισκοσβάρνα, προκαλείται αναμόχλευση της επιφάνειας του εδάφους και πιθανόν ανάμειξη των σπόρων των ζιζανίων στο ανώτερο στρώμα. του εδάφους. Αυτή η ανάμειξη φαίνεται ότι επέδρασε

ευνοϊκά δημιουργώντας τις κατάλληλες προϋποθέσεις (υγρασία, θερμοκρασία) για το φύτευμα των σπόρων. Στη μέθοδο της ακαλλιέργειας αντίθετα, οι σπόροι των ετήσιων εαρινών ζιζανίων κείτονταν στην επιφάνεια του εδάφους όπου οι συνθήκες γενικά ήταν πιο αντίξοες και γι' αυτό και φύτεωσε μικρότερο ποσοστό. Το ποσοστό αυτό ήταν παρόμοιο με αυτό που παρατηρήθηκε στη μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας. Στην συμβατική κατεργασία, με το όργωμα προκαλείται αναστροφή του εδάφους και παράχωμα των σπόρων και γι' αυτό θα ήταν αναμενόμενο να υπήρχε μικρότερη προσβολή. Πράγματι στην συγκεκριμένη κατεργασία το πρόβλημα δεν οφείλονταν στην αγριομελιτζάνα, της οποίας οι σπόροι έχουν περίοδο ληθάργου μικρότερη του έτους αλλά στην λουβουδιά (*Chenopodium album*), της οποίας οι σπόροι μπορούν να επιζήσουν για πολλά έτη μέσα στο έδαφος (το ποσοστό της αγριομελιτζάνας ήταν 14% και της λουβουδιάς 34,5%). Φαίνεται ότι με το όργωμα προκλήθηκε επαναφορά στην επιφάνεια σπόρων λουβουδιάς που είχαν παραχωθεί με προηγούμενα οργώματα. Οι σπόροι αυτοί συνάντησαν πλέον τις κατάλληλες προϋποθέσεις που τους επέτρεψαν να φυτρώσουν.

Το μικρότερο ποσοστό από ετήσια εαρινά ζιζάνια παρατηρήθηκε στη μέθοδο του περιστροφικού σκαπτικού. Το περιστροφικό σκαπτικό με κατακόρυφα ελάσματα προκαλεί μια κατακόρυφη στρωμάτωση των εδαφικών συσσωματωμάτων αφήνοντας τα μεγαλύτερα στην επιφάνεια και την πιο λεπτοχωματισμένη γη στο πυθμένα του βάθους κατεργασίας. Είναι πολύ πιθανό λοιπόν κάτι παρόμοιο να συνέβη και με τους σπόρους της αγριομελιτζάνας. Οι σπόροι αυτοί είναι σχετικά μεγάλοι και ελαφρείς με συνέπεια το μεγαλύτερο ποσοστό να παραμείνει στην επιφάνεια του εδάφους και να μην φυτρώσει.

Συγκρίνοντας τις πέντε μεθόδους της προηγούμενης κατεργασίας του εδάφους διαπιστώνεται ότι η μικρότερη προσβολή από ζιζάνια παρατηρούταν σε όσα τεμάχια κατά τα προηγούμενα έτη είχε εφαρμοστεί όργωμα, ενώ η υψηλότερη σε όσα τεμάχια είχαν παραμείνει ακαλλιέργητα (Σχήμα 2). Οι μέθοδοι του βαρύ καλλιεργητή, του περιστροφικού και της δισκοσβάρνας εμφάνιζαν ενδιάμεσες προσβολές. Η διαπίστωση αυτή ισχύει για τα ετήσια χειμερινά και τα πολυετή ζιζάνια, όχι όμως και για τα εαρινά όπου οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων ήταν ελάχιστες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μακροχρόνια εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους και ιδίως ακαλλιέργειας οδήγησε σε σημαντική συσσώρευση των ζιζανίων. Επιπλέον διαπιστώθηκε μεταβολή της σύνθεσης της χλωρίδας με τα πολυετή και ετήσια χειμερινά ζιζάνια να επικρατούν. Όταν στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας παρεμβάλλεται όργωμα, προκύπτει άμβλυνση του προβλήματος. Η άμβλυνση αυτή αν και δεν είναι επαρκής για την αντιμετώπιση του προβλήματος, βοηθά στην ελάττωση των βαθύρριζων πολυετών ζιζανίων και δίνει τη δυνατότητα σε συνδυασμό με κατάλληλες και επίκαιρες επεμβάσεις με ζιζανιοκτόνα για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των ζιζανίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gill, K.S. and M. A. Arshad, M.A. (1995). Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada, Soil and Tillage Research, 33(1). 65-79

2. Boström U. (1999). Type and time of autumn tillage with and without herbicides at reduced rates in southern Sweden; 1. Yields and weed quantity, *Soil and Tillage Research* 50(3-4). 271-81
3. Brown, S.M., Chandler, J.M. and Morrison, J.E. (1987). Weed Control in a conservation tillage rotation in the Texas blacklands. *Weed Science* 35. 695-99.
4. Porterfield, J.G. and Davidson, J.M. (1974). Minimum tillage for cotton production. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 1121-1122.
5. Streit, B., Rieger, S.B., Stamp, P. and Richner, W. (2001). The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 92(2-3) 211-24
6. Cavalaris C. and Gemtos T.A. (1998). Soil tillage and rotation effect in sugar beet crop. Intern. Conference on Agricultural Engineering. Oslo 1998.
7. Cavalaris C. and Gemtos T.A. (1998). Soil tillage effect in cotton crop. 2nd International Conference on Cotton Crop. Athens 1998.
8. Καβαλάρης Χ., Γέμτος Θ.Α και Γεωργίου, Χ. (1999). Χρήση μεθόδων μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους στην καλλιέργεια του καλαμποκιού. Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Αθήνα. 1999.
9. Gemtos, T.A., Cavalaris, C., Demis, V.I, Pateras, D. and Tsidari. Chr. (2002). Effect of changing tillage practices after four years of continuous reduced tillage. ASAE Annual International Meeting / CIGR World Congress. July 2002, Chicago Paper No 021135.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΚΜΗΧΑΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΣΤΟ ΔΕΙΚΤΗ Β ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

**ΚΡΙΚΟΡΙΑΝ Α¹., ΝΑΤΣΗΣ Α¹, ΑΡΓΥΡΟΚΑΣΤΡΙΤΗΣ Ι¹, ΒΑΛΜΗΣ
Σ¹.**

**1.ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΙΕΡΑ ΟΔΟΣ 75, 11855, ΑΘΗΝΑ**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάβρωση του εδάφους παίζει ολοένα και μεγαλύτερο ρόλο για το αν θα έχουμε μια επιτυχημένη καλλιέργεια. Στην χώρα μας δεν έχει δοθεί η δέουσα σημασία για την αποφυγή ή τη μείωσή της με αποτέλεσμα τον κίνδυνο ερημοποίησης πολλών εδαφών. Μεγάλο μέρος της καλλιεργούμενης έκτασης της Ελλάδας σκεπάζεται από αμπελώνες (γύρω στα 140.000 εκτάρια), η εκμηχάνιση των οποίων βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Η εργασία έχει δύο αντικειμενικούς στόχους: Πρώτον να δώσει στον αναγνώστη μια άποψη για την ακολουθία των εργασιών και την χρήση των αντίστοιχων μηχανημάτων σε έναν αμπελώνα και δεύτερον να ασχοληθεί με την επίπτωση που έχουν οι καλλιεργητικές εργασίες πάνω στους δείκτες σταθερότητας της δομής του εδάφους ενός ελληνικού αμπελώνα.

MECHANISATION OF THE VINEYARD AND THE EFFECTS OF MECHANICAL TREATMENT OF SOIL SURFACE ON THE SOIL STRUCTURE STABILITY INDEX F

**KRIKORIAN A¹., NATSIS A¹, ARGYROKASTRITIS I¹
, VALMIS S¹**

**1. AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS
DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND AGRICULTURAL
ENGINEERING
IERA ODOS 75, 11855, ATHENS**

Soil erosion plays a continuously bigger role for whether successful production in a vineyard may be achieved. In Greece the reduction of the danger of desertation in many territories has not been given enough importance. A big part of the cultivated area of Greece is covered with vineyards (around in the 140.000 hectares), the mechanisation of which is found still in precocious stage. This work aims at two objectives: Firstly it gives the reader a view for the course of mechanical treatments in a Greek vineyard and secondly it deals with the repercussion that the farming work has on soil structure stability index F of a Greek vineyard.

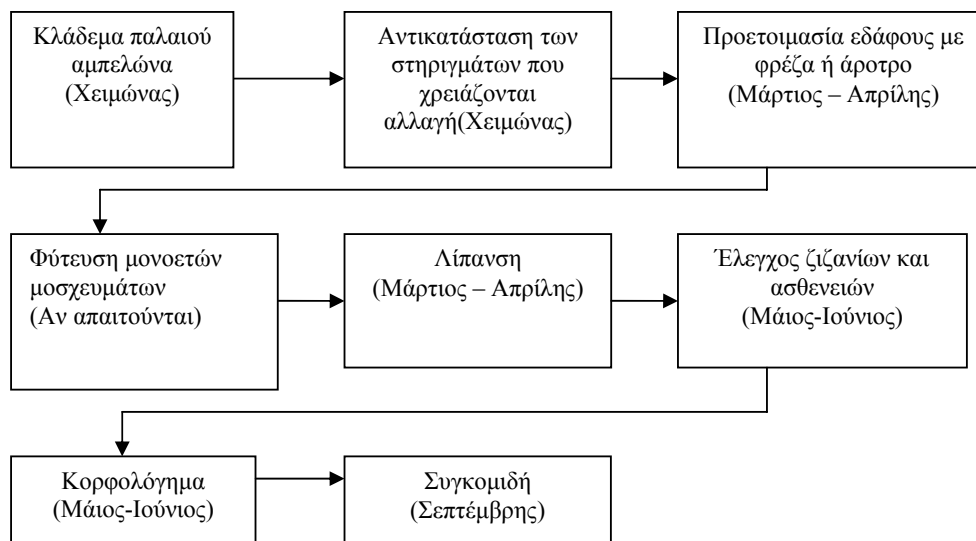
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντίσταση των διαφόρων συσσωματωμάτων του εδάφους στις διαβρωτικές δυνάμεις του νερού της βροχής είναι ένα μέγεθος το οποίο και επιδρά σημαντικά στη διαβρωσιμότητα του εδάφους (Anderson, 1951). Για το λόγο αυτό οι δομικές αυτές μονάδες οι οποίες και παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αντίσταση στη διάβρωση του νερού είναι εξαιρετικής σημασίας. Τα παραπάνω έχουν οδηγήσει στη δημιουργία μεθόδων για τη μέτρηση της σταθερότητας (Dobrzanski et al., 1975). Ακόμη έχουν γίνει έρευνες στο εξωτερικό αλλά και στην Ελλάδα σχετικά με τα αποτελέσματα που έχουν οι μηχανικές διεργασίες στην σχέση μεταξύ εδάφους – φυτών και νερού. (Koshi and Frygear, 1973).

Καθώς οι έρευνες για την εκμηχάνιση όλο και περισσότερων διεργασιών στον αμπελώνα εντατικοποιούνται (Bosman, 2000; Morris J.R., 1972, 1986, 1999, 2002; Hollick, 1977), η παρούσα μελέτη σκοπό έχει να δείξει τη τυχόν σχέση και τα αποτελέσματα των μηχανικών καλλιεργητικών εργασιών σε έναν ελληνικό αμπελώνα στην αστάθεια των συσσωματωμάτων του εδάφους.

Η πορεία των μηχανημάτων σε έναν αμπελώνα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Anonymous, 2004):

Σχήμα 1: Η πορεία των μηχανημάτων σε έναν ελληνικό αμπελώνα



ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες του πειράματος έγινε δειγματοληψία εδάφους με σκοπό την επεξεργασία και ανάλυση των συσσωματωμάτων. Τα δείγματα πάρθηκαν από

αμπελώνα που διατηρεί το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο μετά από κάθε καλλιεργητική εργασία που έγινε στον αμπελώνα από το προσωπικό του Πανεπιστημίου. Συνολικά πάρθηκαν δείγματα πέντε φορές από τον αμπελώνα. Η κατεργασία των δειγμάτων του πειράματος έγινε σε εργαστήριο του κτιρίου Γεωργικών Κατασκευών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Για την γρηγορότερη και ευκολότερη ταξινόμηση των εδαφών σύμφωνα με τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων, έχει δημιουργηθεί ο συντελεστής αστάθειας β (Valmis et al., 1988; Argyrokastritis et al., 2002) ο οποίος και μας δείχνει τη σταθερότητα που παρουσιάζουν τα συσσωματώματα με διάμετρο μεταξύ 2mm και 4,7mm στη δράση του νερού. Αυτός ο δείκτης αστάθειας αποδίδεται από τη σχέση:

$$\beta = \frac{2 - \log W(t)}{2} \quad (\text{A}) \quad \text{όπου } W(t) \text{ είναι το βάρος των υλικών διαμέτρου μικρότερης}$$

από 250mm που παραμένουν στο συσσωμάτωμα μετά τη δράση του νερού. Επίσης έχει καθοριστεί και ο χρόνος ανατάραξης των συσσωματωμάτων στα 4 min. για τον προσδιορισμό του δείκτη β καθώς τότε ο συντελεστής β παίρνει τη μέγιστη τιμή του (Valmis et al., 1988). Για ένα ιδεατό σταθερό συσσωμάτωμα $W(t)=100$, δηλαδή το 100% της αρχικής ξηρής μάζας των λεπτόκοκκων συστατικών του με διάμετρο μικρότερη των 0,25mm παραμένει σ' αυτό και μετά τη δράση του νερού άρα $\beta=0$. Ο δείκτης αστάθειας μεταβάλλεται από 0 έως και 1. Στη μέθοδο που ακολουθήθηκε η δράση του νερού πραγματοποιείται εργαστηριακά με την ανατάραξη του δείγματος σε νερό. Για να γίνει δυνατή η χρήση των αποτελεσμάτων της εργαστηριακής διαδικασίας για τον προσδιορισμό του δείκτη αστάθειας η σχέση (A) μετατρέπεται στη μορφή

$$\beta = \frac{\log(Wa - Ws) - \log(Wa - Ws - Wi)}{2} \quad (\text{Valmis et al., 1988}). \text{ Η διαδικασία η}$$

οποία και ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό του β στο εργαστήριο είναι η εξής:

(Α) Κοσκινίζουμε τα δείγματα με κόσκινα σίτας 2-4,7mm και παίρνουμε συσσωματώματα διαμέτρου 2-4,7mm.

(Β) Ζυγίζουμε σε ζυγό ακριβείας 5gr από κάθε δείγμα και το βάζουμε στο φούρνο για 24h. Προσδιορίζουμε την υγρασία και στη συνέχεια το ξηρό βάρος W_a μέσω της διαφοράς βάρους των δειγμάτων.

(Γ) Ζυγίζουμε 10gr από κάθε δείγμα (2 επαναλήψεις για το καθένα).

(Δ) Βάζουμε τα δείγματα στα μικρά κόσκινα.

(Ε) Βυθίζουμε τα κόσκινα σε νερό για 3min.

(ΣΤ) Αναταράσσουμε τα δείγματα για 4min με ειδικό ηλεκτροκίνητο μηχανισμό που μετακινεί κατακόρυφα, με ρυθμό 72 διαδρομές το λεπτό και πλάτος διαδρομής 33mm, δύο κόσκινα 87mm με σίτα 0,25mm. Κατά την ανατάραξη του δείγματος στο νερό, όταν το κόσκινο βρίσκεται στο κατώτερο σημείο της διαδρομής του, το δείγμα βρίσκεται 20mm κάτω από την επιφάνεια του νερού. Όταν το κόσκινο βρίσκεται στο ανώτερο σημείο της διαδρομής το δείγμα είναι 13mm πάνω από την επιφάνεια του νερού.

(Ζ) α. Το υλικό που παίρνουμε στο πλαστικό δοχείο κάτω από τα κόσκινα το αδειάζουμε σε πορσελάνινη κάψα και το αφήνουμε σε ηρεμία.

β. Αφού σχηματιστεί το ίζημα (μετά από παρέλευση χρόνου περίπου 3h) αδειάζουμε προσεκτικά όσο νερό μπορούμε από τις κάψες.

γ. Τοποθετούμε το περιεχόμενο της κάψας μαζί με λίγο νερό σε ποτηράκι και το βάζουμε στο φούρνο. (Προσδιορισμός του W_i)

(Η) α. Το περιεχόμενο του μικρού κόσκινου εμβαπτίζεται σε πορσελάνινη κάψα που περιέχει διασπορικό μέχρι να φύγει όλη η άργιλος και να μείνει η άμμος.

β. Αν έχουμε πολύ οργανική ουσία προχωράμε στην καύση αυτής.

γ. Η καύση γίνεται πάνω σε θερμαντικό σώμα αφού πάρουμε την άμμο από το κόσκινο μέσα σε μεγάλο ποτήρι με νερό. Αφού βράσει το νερό προσθέτουμε υπεροξείδιο του υδρογόνου (αργά μέχρι 30ml) μέχρι να σταματήσει να βγάζει αφρούς. Σε περίπτωση που ξεχειλίζει ρίχνουμε απιονισμένο νερό στα τοιχώματα του ποτηριού.

δ. Ρίχνουμε το περιεχόμενο του ποτηριού στο μικρό κόσκινο και το ξεπλένουμε καλά με νερό βρύσης.

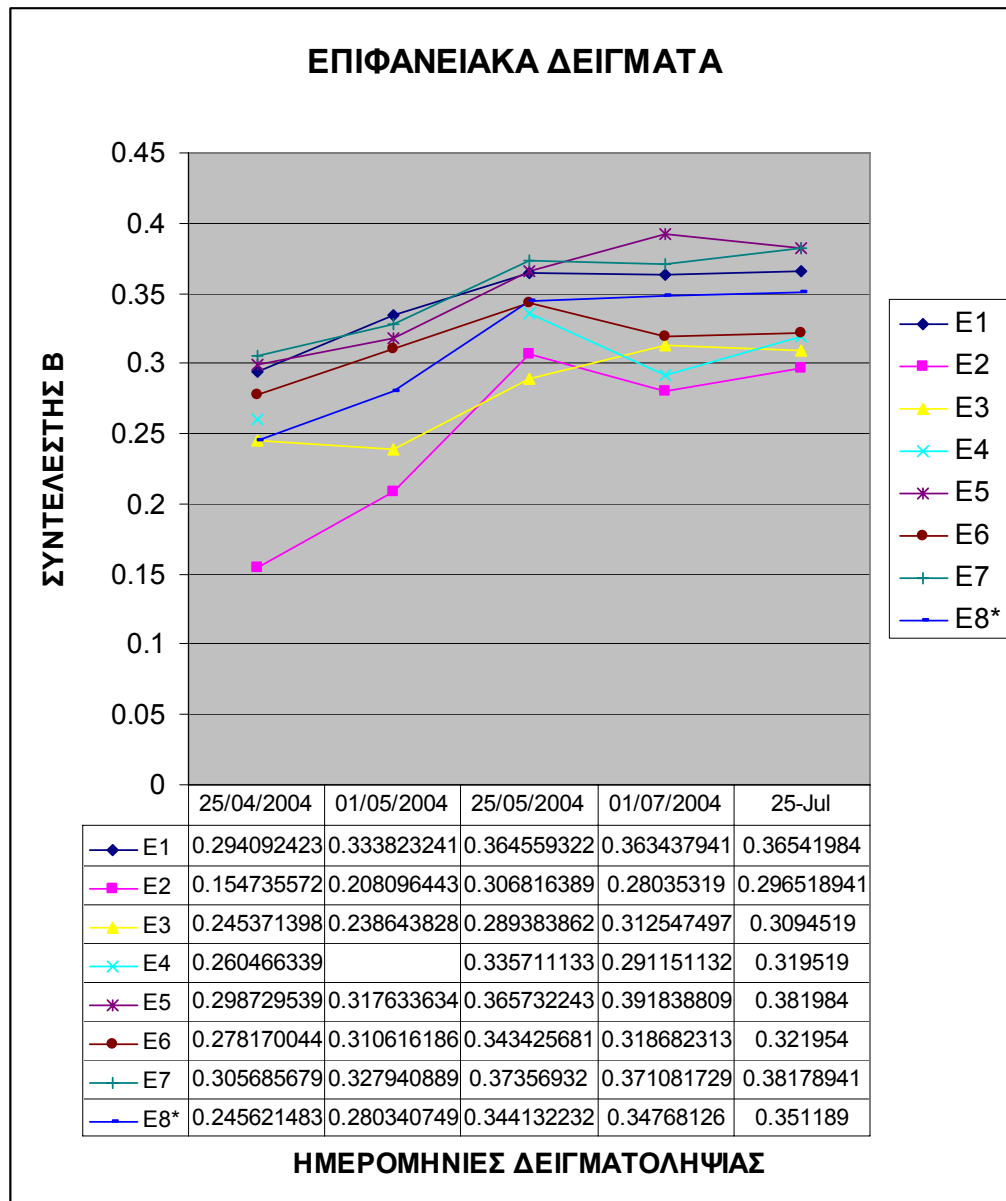
ε. Παίρνουμε την άμμο από το κόσκινο (με νερό) και τη βάζουμε σε μικρό ποτηράκι στο φούρνο για 1-2h μέχρι να χάσει την υγρασία της (προσδιορισμός του Ws).

Οι μετρήσεις πάρθηκαν από επτά διαφορετικά σημεία του αμπελώνα και επιπλέον ένα σημείο του αμπελώνα όπου δεν είχαμε φυτική κάλυψη και δεν έγιναν καλλιεργητικές εργασίες (μάρτυρας). Δείγματα πάρθηκαν σε πέντε διαφορετικές ημερομηνίες μετά από καλλιεργητικές εργασίες που εκπονήθηκαν στο χωράφι και είχαν με κάποιον τρόπο να κάνουν με ροή μηχανικών εργασιών ή άρδευση του αμπελώνα. Η πρώτη δειγματοληψία έγινε στα τέλη του Απριλίου μετά το φρεζάρισμα για την καταπολέμηση των ζιζανίων, η δεύτερη έγινε την 1η του Μάη μετά την Α άρδευση του αμπελώνα, η τρίτη έγινε μετά τον Α ψεκασμό στις 25 Μάη, η τέταρτη μετά το Β ψεκασμό 1η Ιούλη και η πέμπτη μετά τη Β άρδευση το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου. Δυστυχώς η συγκομιδή του συγκεκριμένου αμπελώνα γινόταν χειρωνακτικά και έτσι δεν υπήρχε η δυνατότητα μιας τελευταίας δειγματοληψίας το Σεπτέμβριο. Μετά την επεξεργασία των δειγμάτων είχαμε τα ακόλουθα αποτελέσματα. Πάρθηκαν επίσης και δείγματα σε βάθος των 15cm, παρόλο που γνωρίζαμε ότι ο συντελεστής β αφορά μόνο την επιφάνεια, απλώς και μόνο για να επιβεβαιώσουμε πως δεν έχει σχέση με το υποεπιφανειακό στρώμα:

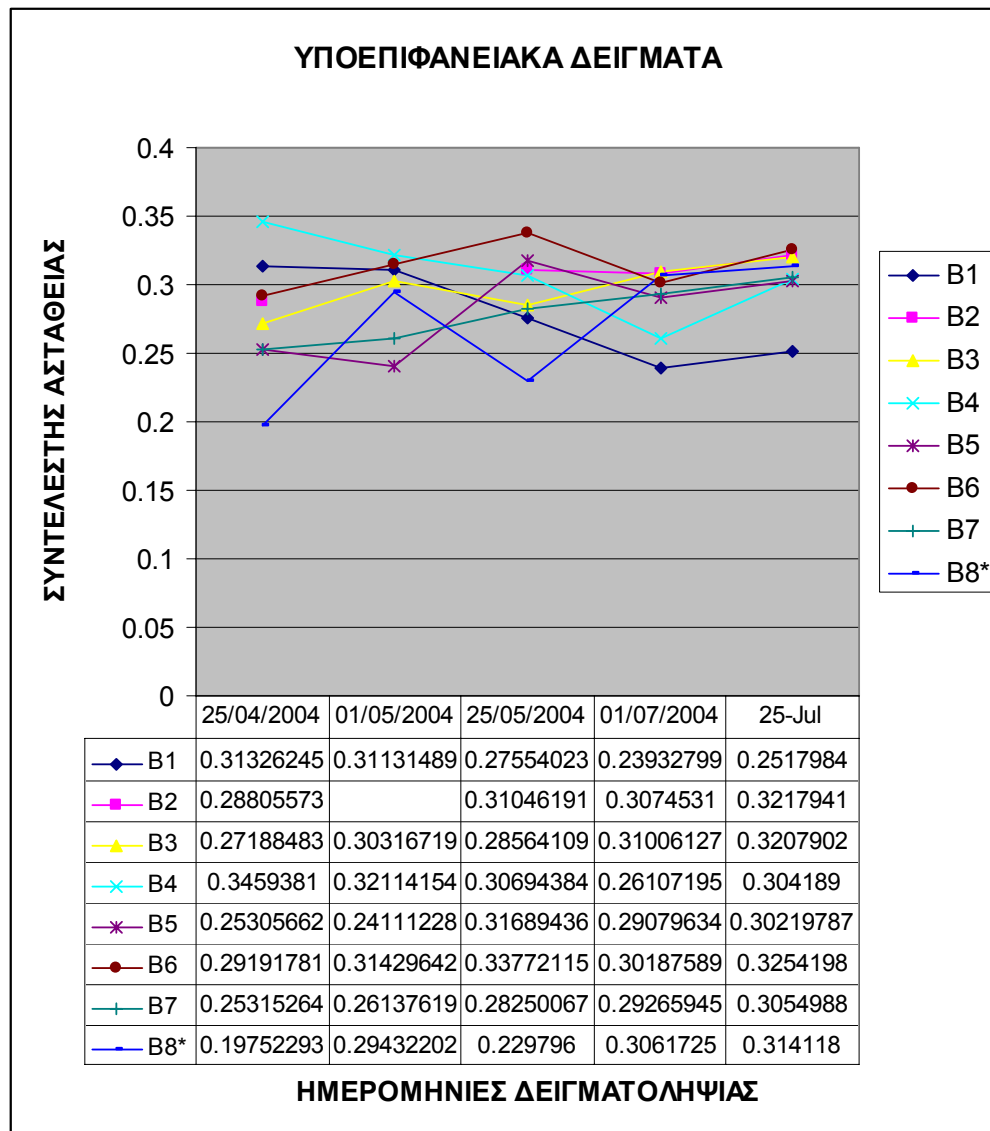
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα που βρέθηκαν για το συντελεστή β σύμφωνα με την προαναφερθείσα διαδικασία. Τα E1, E2, E3, E4, E5, E6 και E7 είναι τα σημεία του αμπελώνα από τα οποία πήραμε τα δείγματα του εδάφους ενώ το E8* είναι ο μάρτυρας ο οποίος και μας υποδεικνύει την επίπτωση των διαφόρων εργασιών που γίνονται στον αμπελώνα μέσω της διαφοράς κλίσης με τα υπόλοιπα δείγματα και αυτό γιατί ο συντελεστής αστάθειας β είναι δυνατό να αλλάζει κατά τη διάρκεια του έτους εξαιτίας ακόμη και κλιματικών αλλαγών. Αντιστοίχως η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και στα δείγματα από το βάθος των 15cm. Γενικά από τα παρακάτω αποτελέσματα φαίνεται ότι το έδαφος από το οποίο πάρθηκαν τα δείγματα είχε σχετικά ασταθή συσσωματώματα στη δράση του νερού.

Πίνακας 1. Οι τιμές του συντελεστή αστάθειας β κατά τις διάφορες ημερομηνίες στα επιφανειακά δείγματα.



Πίνακας 2. Η αστάθεια στα υποεπιφανειακά δείγματα



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία του παραπάνω πειράματος βγαίνει το συμπέρασμα ότι για τα επιφανειακά δείγματα έχουμε μια αυξητική τάση του συντελεστή αστάθειας β. Επιπλέον γίνεται αντιληπτό πως η καμπύλη του μάρτυρα (E8*) είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων παράλληλη με τις καμπύλες που προκύπτουν από τα υπόλοιπα δείγματα.

Αν εξαιρέσει κανείς το δείγμα E4 του οποίου η συμπεριφορά κατά πάσα πιθανότητα είναι αποτέλεσμα εσφαλμένης μέτρησης στα άλλα δείγματα οι αποκλίσεις μεταξύ μάρτυρα και των άλλων δειγμάτων είναι αρκετά μικρότερες από 3%. Από τα παραπάνω προκύπτει πως στο συγκεκριμένο αμπελώνα και με τις μηχανικές κατεργασίες στις οποίες αυτός υπεβλήθη ο συντελεστής αστάθειας β εξαρτάται περισσότερο από τους παράγοντες του περιβάλλοντος παρά από τη ροή των μηχανημάτων. Είναι ακόμη γνωστό πως την καλοκαιρινή περίοδο έχουμε μία τάση αύξησης των τιμών του συντελεστή β και τα παραπάνω αποτελέσματα δεν ξεφεύγουν από αυτή τη λογική. Βέβαια για αρτιότερα αποτελέσματα απαιτείται επανάληψη του πειράματος επί σειρά ετών για να προσδιοριστεί επακριβώς η έστω και ισχνή συνεισφορά της ροής των μηχανημάτων στο επιφανειακό έδαφος.

Στα υποεπιφανειακά δείγματα δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια επιρροή και απλά επιβεβαιώνεται πως συντελεστής β αφορά την επιφάνεια του εδάφους και μόνο. Το δείγμα B2 έχει όπως και το E4 πριν κατά πάσα πιθανότητα εσφαλμένη συμπεριφορά.

Σαν τελικό συμπέρασμα είναι ότι η αστάθεια της επιφανείας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους εξωγενείς παράγοντες. Κατά συνέπεια η δυνατότητα του καλλιεργητή να παρέμβει με σκοπό τη βελτίωση της δομής του εδάφους μετά το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου του αμπελώνα, με όποιο τρόπο που αποσκοπεί σε αυτό (εδαφοβελτιωτικά), είναι δυνατό να συντηρήσει τη δομή του εδάφους σε ικανοποιητικά επίπεδα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anderson H.W. 1951, Physical Characteristics of soil related to erosion, J. Soil Water Conservation Vol 6 pp129-133.
2. Anonymous, "The vineyard cycle", <http://www.wineonline.ie/winery/vineyard.htm> , September 2004.
3. Argyrokastritis I., Kerkides P., Valmis S., 2002, Spatial variability of soil structure stability indices, *Journal of Balkan Ecology* vol.5, No2, pp 157-161.
4. Bosman Dirk, 2000, Mechanization of Viticulture, <http://www.wynboer.co.za/recentarticles/0499viti.php3>.
5. Dobrzanski B., Witkowska B. and Walczak R., 1975, Soil aggregation and water stability index. Polish Journal of Soil Science, Vol 8 pp3-8.
6. Hollick R.R., 1977 "Machine use in mechanical pruning". Third wine Ind. Tech. Conf. Pp.54
7. Koshi P.T. and Fryrear D.W., 1973, Effect of tractor traffic, Surface Mulch, and Seedbed Configuration on Soil Properties, Soil Science Society American Proc. Vol 37, pp758-762.

8. McCarthy M.G., Jones L.D., Due G., Irrigation Principles and Practices, *Coombe and Dry Viticulture Practices* Vol.2, pp 104-128.
9. Morris J.R., 2002, *Vineyard Mechanization*,
<http://www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/vinemech.htm>.
10. Morris J.R., 1986, Mechanizing Cocord Vineyards for greater profits,
<http://www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/vinemech.htm>.
11. Morris J.R., 1999, Developing Mechanized Systems for Producing, Harvesting, and Handling Brambles, Strawberries, and Grapes,
<http://www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/vinemech.htm>.
12. Morris J.R, Fleming J.W, Benedict R.H., McCaskill D.R., 1972, Effects of Sulfur Dioxide on Postharvest Quality of Mechanically Harvested Grapes,
<http://www.uark.edu/depts/ifse/grapeprog/vinemech.htm>.
13. Valmis S. Kerkides P., Aggelides S., 1988, Soil Aggregate Instability Index and Statistical Determination of Oscillation time in water, *Journal of American Soil Science Society*, pp 1188-1191.

ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

A.Π. Δεδούσης, D. Kurstjens, J. Mueller

Πανεπιστήμιο Βαγκενίγκεν, Τμήμα Γεωργικής Τεχνολογίας, Βαγκενίγκεν, Ολλανδία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η ανάπτυξη μιας νέας τεχνικής για την καταπολέμηση των ζιζανίων χωρίς την χρησιμοποίηση χημικών ουσιών. Η τεχνική αυτή είναι η θερμική επεξεργασία κάθε ζιζανίου ξεχωριστά. Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν άσπρη μουστάρδα (White mustard, *Sinapsis alba* L). Δύο μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας εφαρμόστηκαν (1) εφαρμογή εύφλεκτου υλικού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη και (2) εφαρμογή του εύφλεκτου υλικού στο κάτω μέρος του φυτού (επιφάνεια του εδάφους) και ανάφλεξη. Τα εύφλεκτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ακετόνη και βενζίνη. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι η τεχνική αυτή αν ερευνηθεί περαιτέρω μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο ακριβείας των ζιζανίων σαν εναλλακτική λύση χωρίς την χρησιμοποίηση χημικών ουσιών.

WEED CONTROL WITH THERMAL TREATMENT

A.P. Dedousis, D. Kurstjens, J. Mueller

Wageningen University, Farm Technology Group, Wageningen, The Netherlands

ABSTRACT

In this paper is presented the development of a new technique for weed control without the utilisation of chemicals. This technique is burning individual plants with the usage of inflammable liquids. The plant material that was used was white mustard (*Sinapsis alba* L) and exposed to our treatments in the two true leaf stage. Two methods were applied (1) application of the inflammable liquid on the top of the plant and ignition and (2) application of the inflammable liquid in the bottom of the plant (soil surface) and ignition. The inflammable liquids that were used were acetone and petrol. The results of this research showed that this technique it might be used for precision weed control as alternative solution for weeding without the use of chemicals.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η διαχείριση των ζιζανίων στη γεωργία των αναπτυγμένων χωρών έχει χαρακτηριστεί από την εντατική χρήση των ζιζανιοκτόνων. Οι πρόσφατες ανησυχίες των καταναλωτών στην Ευρώπη έχουν δώσει έμφαση στην ασφάλεια τροφίμων και τα μεγάλα καταστήματα (supermarkets) είναι τώρα πρόθυμα να πληρώσουν ένα ασφάλιστρο για τα τρόφιμα που έχουν ένα αρχείο όλων των επεξεργασιών που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι την τοποθέτησή τους στο ράφι του καταστήματος [1]. Στις αναπτυσσόμενες χώρες, οι εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί έχουν προάγει γενικά τα ζιζανιοκτόνα ως αναγκαίο μέσο για τον εκσυγχρονισμό και την ενίσχυση της γεωργικής παραγωγής. Οι αυξανόμενοι κυβερνητικοί περιορισμοί σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες καταναλωτικές ανησυχίες απαιτούν ασφαλή γεωργικά προϊόντα [2]. Διάφορες πρόσφατες τάσεις αναγκάζουν τους γεωπόνους στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες να επαναξιολογήσουν την εξάρτησή τους στα ζιζανιοκτόνα. Οι τρέχοντες οδηγοί που προωθούν την αλλαγή στη σημερινή γεωργία είναι δύο: οικονομικοί και περιβαλλοντικοί [3]. Οι οικονομικές, περιβαλλοντικές, και βιολογικές εξελίξεις οδηγούν τους αγρότες και τους ερευνητές να επιδιώκουν πιο αποτελεσματικές στρατηγικές καταπολέμησης των ζιζανίων προκειμένου να ελαχιστοποιούν την εξάρτησή τους στα ζιζανιοκτόνα. Η συνειδητοποίηση του κοινού και το ενδιαφέρον για παραγωγή οργανικών τροφίμων σε συνάρτηση με τα πολλά προβλήματα από τη χρήση των ζιζανιοκτόνων, έχει οδηγήσει τους επιστήμονες σε μια σειρά από έρευνες για νέες τεχνικές που αφορούν μηχανήματα για τον μη-χημικό έλεγχο των ζιζανίων.

1.1 Μέθοδοι καταπολέμησης των ζιζανίων

Σαν ζιζάνιο μπορεί να θεωρηθεί οποιοδήποτε φυτό που αναπτύσσεται στη λανθασμένη θέση στο λανθασμένο χρόνο και κάνει περισσότερη ζημιά από ότι καλό [4]. Τα ζιζάνια ανταγωνίζονται με τη καλλιέργεια για νερό, φως και θρεπτικές ουσίες. Διάφορες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των ζιζανίων. Μεταξύ τους, η μηχανική μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως σε πολλές καλλιέργειες για να αφαιρέσει τα ζιζάνια, να αερίσει το χώμα, και να βελτιώσει την αποδοτικότητα άρδευσης. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να αφαιρέσουν τα ζιζάνια που βρίσκονται μεταξύ των γραμμών της καλλιέργειας. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται πιο συχνά για τον έλεγχο των ζιζανίων είναι ο ψεκασμός με ζιζανιοκτόνα. Τα τελευταία χρόνια οι αγρότες, οι επιστήμονες και οι καταναλωτές απαιτούν προϊόντα τα οποία δεν έχουν υποστεί χημική επεξεργασία. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης των ζιζανιοκτόνων, είναι η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων. Εκτός από αρνητικές επιπτώσεις η χρήση των χημικών για την καταπολέμηση των ζιζανίων έχει και ωφέλη, όπως για παράδειγμα η άμεση καταπολέμηση των ζιζανίων χωρίς αναγκαίες επαναλήψεις (όχι πάντα, εξαρτάται επίσης από το πόσο ανεκτικό είναι το ζιζάνιο).

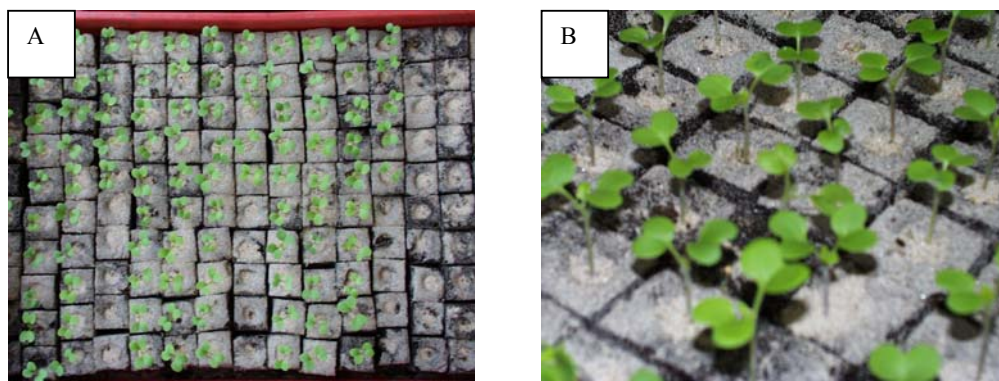
Επιπλέον, πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί για τον μη-χημικό έλεγχο των ζιζανίων, για να μειώσουν τις χημικές δαπάνες στη συμβατική γεωργία, σε απάντηση στις περιβαλλοντικές πιέσεις και για να προβλέψουν τις ανάγκες της παραγωγής οργανικών τροφίμων [4]. Οι θερμικές τεχνικές χρησιμοποιούν γενικά Liquefied Petroleum Gas (LPG), συνήθως προπάνιο. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι επίσης μια από τις πηγές που έχει δοκιμαστεί αρκετές φορές από τους ερευνητές σε όλο τον κόσμο, και χρησιμοποιείται και ως πηγή ενέργειας θερμότητας για τον ηλεκτρικό κλωνισμό των ζιζανίων. Οι υπέρυθρες ακτίνες είναι επίσης μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται

σε μικρής κλίμακας αγροτικές μονάδες, στις Κάτω Χώρες. Ο Ascard [8] έκανε μια σύγκριση της τεχνικής της καύσης και των υπέρυθρων τεχνικών ακτινοβολίας για το θερμικό έλεγχο ζιζανίων, με πολύ θετικά αποτελέσματα για τη χρήση των υπέρυθρων ακτίνων στον έλεγχο των ζιζανίων. Το φλογοβόλο παρουσίασε καλύτερη απόδοση από το υπέρυθρο θερμαντικό σώμα στα ζιζάνια στο στάδιο των τέσσερων-φύλλων, αλλά είχε μικρότερη απόδοση στο στάδιο των δύο φύλλων. Και οι δύο θερμικές μέθοδοι απαιτήσαν μια αποτελεσματική δόση του προπανίου περίπου 60 kg/ha για μείωση 95% των ζιζανίων [8]. Αυτές οι τεχνικές έχουν περιορισμένη χρήση εξαιτίας προβλημάτων όπως η σύντομη χρονική επίδραση της μεθόδου, πολλές επαναλήψεις που απαιτούνται για να βλάψουν εντελώς τα ζιζάνια και τη χαμηλή επιλεκτικότητα (selectivity) ώστε να καταπολεμηθούν τα ζιζάνια χωριστά. Επίσης οι επαναλήψεις και το κόστος εξοπλισμού και εργασίας είναι υψηλά. Σύμφωνα με τον Ascard [8] η καταπολέμηση των ζιζανίων συνδέεται συχνά με προβλήματα όπως οι υψηλές απαιτήσεις σε ενέργεια, η μικρή ταχύτητα εργασίας, και ο ανομοιόμορφος έλεγχος των ζιζανίων.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν άσπρη μουστάρδα (*sinapsis alba* L). Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε στενόμακρα πλαστικά δοχεία χωρητικότητας 150 φυτών ανά δοχείο (Εικόνα 1 Α και Β), με περίπου 85% εδαφική υγρασία. Τα φυτά αναπτύχθηκαν σε θερμοκήπιο με μέγιστη καθημερινή θερμοκρασία 45 °C για 10 ημέρες και επεξεργάστηκαν στο αρχικό στάδιο των δύο φύλλων, με φυλλική επιφάνεια περίπου 3 cm² ανά φυτό. Για κάθε μέθοδο εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν 35 φυτά σε τέσσερις επαναλήψεις για κάθε μέθοδο. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 2940 φυτά.



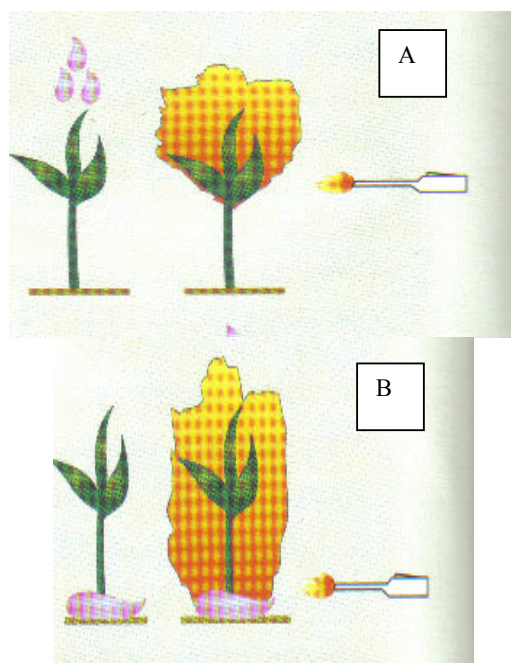
Εικόνα 1. (Α) Φυτικό υλικό (Β) Φυτικό υλικό, μεγένθυση

2.2 Εύφλεκτα υλικά και εφαρμογή

Τα κύρια κριτήρια για την επιλογή των εύφλεκτων υγρών ήταν η διαθεσιμότητα αγοράς, η τιμή και ο ρίσκος κίνδυνος ρύπανσης του περιβάλλοντος. Τα εύφλεκτα υγρά που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της πειραματικής φάσης ήταν βενζίνη και ακετόνη (φαρμακευτική, 98% alcohol). Το εύφλεκτο υγρό εφαρμόστηκε στα φυτά με τη χρησιμοποίηση ψεκαστήρων και ιατρικών εγχυτήρων. Για την ανάφλεξη του εύφλεκτου υγρού χρησιμοποιήθηκαν αναπτήρες ασφαλείας. Το χρονικό διάστημα μεταξύ της εφαρμογής του υγρού πάνω στο φυτό μέχρι την ανάφλεξη αυτού ήταν 2 sec.

2.2.1 Μέθοδοι εφαρμογής

Δύο μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας του φυτικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν. Εφαρμογή του εύφλεκτου υλικού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη (Σχήμα 1 Α) και εφαρμογή του εύφλεκτου υλικού στο κάτω μέρος του φυτού (επιφάνεια του εδάφους) και ανάφλεξη (Σχήμα 1 Β).



Σχήμα 1. (Α) Αναπαράσταση της εφαρμογής του εύφλεκτου υλικού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη (Β) Αναπαράσταση της εφαρμογής του εύφλεκτου υλικού στο κάτω μέρος του φυτού και ανάφλεξη.

2.3 Συλλογή δεδομένων

Για τις παρατηρήσεις μας κατά την διάρκεια των πειραμάτων θέσαμε μια σειρά κριτηρίων βασισμένων σε οπτικές παρατηρήσεις. Κάθε υγρό ανταποκρίνεται διαφορετικά και έχει διαφορετική επίδραση στα φυτά ανάλογα με τη μέθοδο εφαρμογής του. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν 10 ημέρες μετά την επεξεργασία, χρησιμοποιώντας ως χαρακτηριστικό το χρώμα του ιστού των φύλλων, σε τρεις κατηγορίες: (1) Ζωντανά φυτά: Ο ιστός των φύλλων παραμένει πράσινος μετά από 10

ημέρες απο την επεξεργασία (2) Φυτά που υποφέρουν: Μέρος των φυτών παραμένει πράσινο μετά απο 10 ημέρες απο την επεξεργασία και (3) Νεκρά φυτά: Ο ιστός των φύλλων δεν έχει καθόλου πράσινο χρώμα ύστερα απο 10 ημέρες.

2.3.1 Ανάλυση δεδομένων

Η επίδραση της ακετόνης και της βενζίνης μπορεί να περιγραφεί από τις καμπύλες δόσης-αντίδρασης παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν από τον Streibig *et al* [6] για τα ζιζανιοκτόνα και του Ascard [5,7] για την καταπολέμηση των ζιζανίων με φλογοβόλα. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι:

$$effect = \frac{100\%}{1 + (ED50 / dosis)^B} (in\%) \quad (1)$$

Όπου ED50 είναι η απαραίτητη δόση για να επιτύχουμε 50% μείωση στα φυτά. Η dosis παραμέτρου είναι η δόση που εφαρμόζουμε στα φυτά. Η παράμετρος B περιγράφει την κλίση της καμπύλης γύρω από την ED50 [5, 6, 7]. Επιπλέον το ποσοστό των νεκρών φυτών υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το παρακάτω μοντέλο:

$$pdead = \frac{Plants \text{ treated} - Number \text{ of } Alive \text{ plants} - Number \text{ of } Suffer \text{ plants}}{Plants \text{ treated}} \quad (2)$$

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Εφαρμογή εύφλεκτου υλικού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη

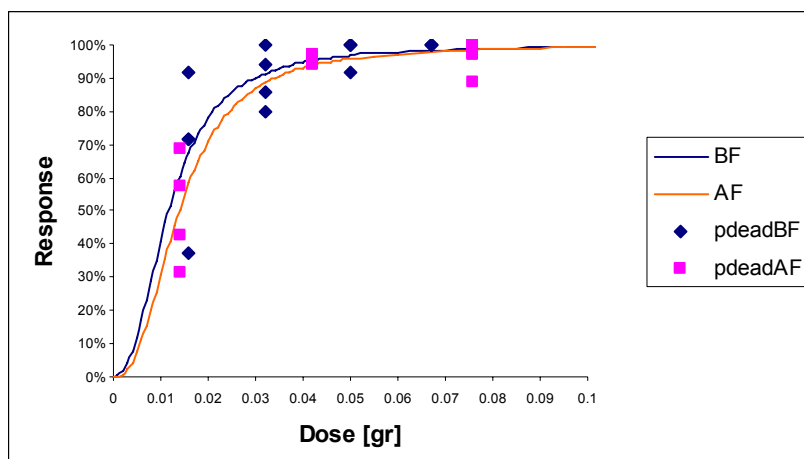
Σε αυτήν την μέθοδο εφαρμογής το υγρό εφαρμόστηκε στα φύλλα του φυτού υπό μορφή σταγόνων, έπειτα το υγρό αναφλέχτηκε. Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν 10 ημέρες μετά την θερμική επεξεργασία, χρησιμοποιώντας ως χαρακτηριστικό το χρώμα του ιστού των φύλλων όπως αναφέρεται στην παράγραφο 2.3.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα για την εφαρμογή του εύφλεκτου υλικού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη σε τέσσερις διαφορετικές δόσεις για την ακετόνη και την βενζίνη

Υγρό	Δόση [gr]	Ζωντανά φυτά	Φυτά που υποφέρουν	Νεκρά φυτά	pdead [%]
Ακετόνη	0.014	9	61	70	50
Ακετόνη	0.042	1	5	134	95.7
Ακετόνη	0.076	1	5	134	95.7
Ακετόνη	0.11	0	7	133	95
Βενζίνη	0.016	1	44	95	67.8
Βενζίνη	0.032	1	13	126	90
Βενζίνη	0.050	1	2	137	97.8
Βενζίνη	0.067	0	0	140	100

Μετά από την ολοκλήρωση αυτής της μεθόδου παρατηρήσαμε ότι λίγα φυτά νεκρώθηκαν συνολικά με την ακετόνη στην πρώτη δόση, 70 από τα 140 νεκρά,

δεδομένου ότι ο ιστός των φύλλων δεν ήταν πράσινος 10 ημέρες μετά την επεξεργασία, και 61 από τα 140 υπέφεραν. Με τη βενζίνη η επίδραση της πρώτης δόσης ήταν καλύτερη, 95 από τα 140 ήταν νεκρά και 44 από τα 140 υπέφεραν. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα η εφαρμογή της τέταρτης δόσης της βενζίνης έκαψε όλα τα φυτά (κανένα πράσινο μέρος στον ιστό των φύλλων) 140 από τα 140 ήταν νεκρά. Με την ακετόνη 137 από τα 140 ήταν νεκρά και 7 από τα 140 υπέφεραν (ο ιστός των φύλλων παρέμεινε πράσινος μετά απο 10 ημέρες).



Σχήμα 2. Αποτελέσματα για την εφαρμογή του εύφλεκτου υγρού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη με ακετόνη (AF) και βενζίνη (BF) με το ποσοστό των νεκρών φυτών για την ακετόνη σε τέσσερις επαναλήψεις και τέσσερις δόσεις (pdeadAF) και το ποσοστό των νεκρών φυτών για τη βενζίνη σε τέσσερις επαναλήψεις και τέσσερις δόσεις (pdeadBF).

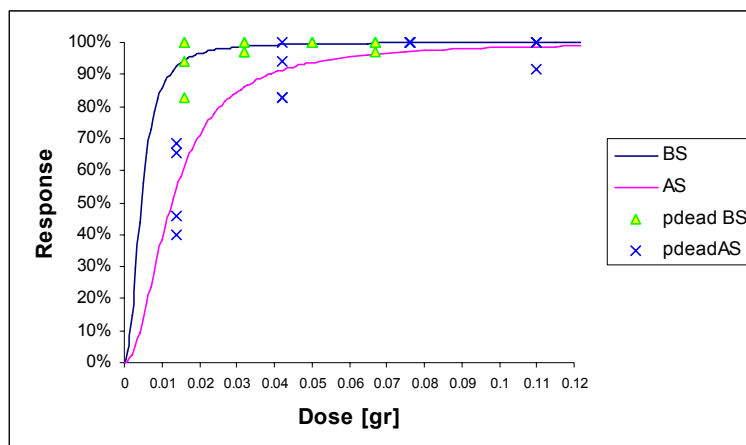
3.2 Εφαρμογή εύφλεκτου υλικού στο κάτω μέρος του φυτού και ανάφλεξη

Σε αυτήν την μέθοδο εφαρμογής το υγρό εφαρμόστηκε στην επιφάνεια του εδάφους κοντά στο μίσχο (Σχήμα 1 B).

Πίνακας 2. Αποτελέσματα για την εφαρμογή του εύφλεκτου υλικού στο κάτω μέρος του φυτού και ανάφλεξη σε τέσσερις διαφορετικές δόσεις για την ακετόνη και την βενζίνη

Υγρό	Δόση [gr]	Ζωντανά φυτά	Φυτά που υποφέρουν	Νεκρά φυτά	pdead [%]
Ακετόνη	0.014	32	11	97	69.2
Ακετόνη	0.042	8	6	126	90
Ακετόνη	0.076	0	0	140	100
Ακετόνη	0.11	1	3	136	97.1
Βενζίνη	0.016	8	0	132	94.2
Βενζίνη	0.032	0	2	138	98.5
Βενζίνη	0.050	0	0	140	100
Βενζίνη	0.067	0	0	140	100

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής φάσης αυτής της μεθόδου παρατηρήσαμε ότι η πλειοψηφία των φυτών που επεξεργάστηκαν δεν επέζησαν. Όπως μπορεί να φανεί στον παραπάνω πίνακα αυτή η μέθοδος εφαρμογής με βενζίνη απαιτεί την ελάχιστη δόση για να είναι αποτελεσματική. Εάν χρησιμοποιήσουμε τη δεύτερη δόση 0,032gr 138 από τα 140 φυτά ήταν νεκρά (κανένα πράσινο μέρος στον ιστό φύλλων ύστερα από 10 ημέρες). Η ακετόνη μας έδωσε επίσης πολύ καλά αποτελέσματα, με την τρίτη (0,076 gr) και τέταρτη δόση (0,11gr) 140 από τα 140 φυτά ήταν νεκρά (κανένα πράσινο μέρος στον ιστό φύλλων ύστερα από 10 ημέρες).



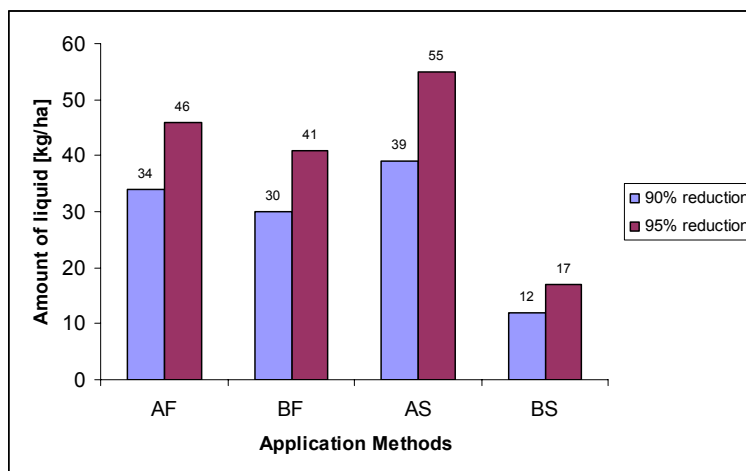
Σχήμα 3. Αποτελέσματα για την εφαρμογή του εύφλεκτου υγρού στο κάτω μέρος του φυτού και ανάφλεξη με ακετόνη (AS) και βενζίνη (BS) με το ποσοστό των νεκρών φυτών για την ακετόνη σε τέσσερις επαναλήψεις και τέσσερις δόσεις (pdeadAS) και το ποσοστό των νεκρών φυτών για τη βενζίνη σε τέσσερις επαναλήψεις και τέσσερις δόσεις (pdeadBS).

Οι δόσεις ήταν 0,014, 0,042, 0,076 και 0,11 gr ανά φυτό για την ακετόνη και 0,015, 0,032, 0,05 και 0,067 gr ανά φυτό για τη βενζίνη. Η διάρκεια του χρόνου έκθεσης ήταν περίπου 6-8 sec που είναι πολύ περισσότερος από τις προαναφερθείσες μεθόδους και σύμφωνα με [9] και [10] είναι αρκετά μεγάλος για να “κάψει” τον ιστό των ζιζανίων.

Η μέθοδος εφαρμογής του υγρού στο κάτω μέρος του φυτού μας έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα. Οι δόσεις ήταν 0,014, 0,042, 0,076 και 0,11 gr ανά φυτό για την ακετόνη και 0,015, 0,032, 0,05 και 0,067 gr ανά φυτό για τη βενζίνη. Η διάρκεια του χρόνου έκθεσης σε αυτήν την μέθοδο ήταν πολύ πιο μεγάλη από την προαναφερθείσα μέθοδο 9-27 sec. Το υγρό που χρησιμοποιείται για αυτήν την μέθοδο πρέπει να εφαρμοστεί στην επιφάνεια του εδάφους πολύ κοντά στο μίσχο διαφορετικά μετά από την ανάφλεξη καίμε μόνο το υγρό στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς να βλάπτουμε τα ζιζάνια.

3.3 Περίληψη αποτελεσμάτων

Η μέθοδος εφαρμογής του υγρού στο πάνω μέρος του φυτού απαιτεί 34 l/ha για να επιτύχει 90% μείωση με την ακετόνη και 37,5 l/ha με τη βενζίνη. Για 95% μείωση με την ακετόνη απαιτούνται 58 l/ha και 51 l/ha με τη βενζίνη.



Σχήμα 4. Απαιτούμενη ποσότητα εύφλεκτου υλικού για εφαρμογή στην φυλλική επιφάνεια (F) και την επιφάνεια του εδάφους (S) για την ακετόνη (AF, AS) και τη βενζίνη (BF, BS)
 Η μέθοδος εφαρμογής του υγρού στο κάτω μέρος του φυτού απαιτεί 49 l/ha για να επιτύχει μείωση 90% με την ακετόνη και 15 l/ha με τη βενζίνη. Για 95% μείωση με την ακετόνη απαιτούνται 69 l/ha και 17 l/ha με τη βενζίνη.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτήν την εργασία ερευνήθηκε η δυνατότητα χρησιμοποίησης της θερμικής επεξεργασίας των φυτών για τον μη-χημικό έλεγχο των ζιζανίων. Τα εύφλεκτα υγρά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η ακετόνη και η βενζίνη. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης προτείνουν τη χρησιμοποίηση της μεθόδου εφαρμογής του υγρού στο κάτω μέρος του φυτού και ανάφλεξη καθώς αυτή η μέθοδος απαιτεί τη χαμηλότερη ποσότητα υγρού (17 l/ha). Η μέθοδος αυτή είναι πολύ δύσκολο να εφαρμοστεί επειδή απαιτεί μεγάλη ακρίβεια, ειδικά όταν η πυκνότητα της καλλιέργειας είναι μεγάλη. Συνεπώς καταλληλότερη μέθοδος φαίνεται να είναι η εφαρμογή του υγρού στο πάνω μέρος του φυτού και ανάφλεξη 37 l/ha. Ο Ascard [8] στην εργασία του βρήκε ότι η αναγκαία δόση για να επιτύχει 95% μείωση των ζιζανίων με τη χρήση προπανίου είναι 60 kg/ha. Η θερμική επεξεργασία που περιγράφεται σε αυτή την εργασία απαιτεί μικρότερη ποσότητα εύφλεκτου υγρού από αυτή του Ascard [8] (Σχήμα 4) για 95% μείωση των ζιζανίων. Επίσης η διάρκεια του χρόνου έκθεσης των ζιζανίων στην θερμική επεξεργασία είναι αρκετά μεγάλη για να “κάψει” τον ιστό των ζιζανίων με βάση τις μελέτες των Rahkonen & Vanhala [9] και Holmoy & Storeheier [10]. Αυτή η τεχνική δεν βλάπτει τα φυτά που είναι τοποθετημένα σε ακτίνα μεγαλύτερη των δύο εκατοστών και μπορεί να εφαρμοστεί σε υψηλής πυκνότητας καλλιέργειες. Η τεχνική που παρουσιάζεται σε αυτήν την εργασία παρουσίασε πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες θερμικές επεξεργασίες (πχ. Φλογοβόλα) όπως χαμηλότερο κόστος, μία και μόνο εφαρμογή χωρίς επανάληψη, μεγάλη διάρκεια ελέγχου (long time effect) και υψηλή επιλεκτικότητα (selectivity).

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Blackmore S., Griepentrog H., 2000. A future view of precision farming. Agrotechnology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, pp.131-144
- [2] Dekker E., Pute K., Smit J., Wilbrink R., 2002. Agricultural engineering as backbone in agriculture. European Agricultural Engineering Society. Budapest 2002.
- [3] Blackmore S., Have H., Keller B., Fountas S., 2002. Autonomous weeders for Christmas tree plantations-a feasibility study. Pesticide Research, Vol.59,
- [4] Parish S., 1990. A review of non-chemical weed control techniques. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 7, pp. 1-14
- [5] Ascard J., 1994. Dose response models for flame weeding in relation to plant size density. Weed Research, Vol. 34, pp. 377-385
- [6] Streibig J.C., Rudemo M., Jensen J.E., 1993. Dose response curves and statistical models. Herbicide bioassays, CRC press.
- [7] Ascard J., 1995. Thermal weed control by flaming. PhD thesis report . Swedish University of Agricultural Sciences.
- [8] Ascard J., 1998. Comparison of flaming and infrared radiation techniques for thermal weed control. Weed Research, Vol. 38, pp. 69-76.
- [9] Rahkonen J., Vanhala P., 1993. Response of a mixed weed stand to flaming and use of temperature measurements in predicting weed control efficiency. 4th International Conference IFOAM
- [10] Holmoy R., Storeheier J.K., 1993. Selective flaming in the plant row and basic investigation and developments of flamers. 4th International Conference IFOAM.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΛΩΡΙΔΕΣ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ.

Θ.Α. Γέμτος, Χρ Καβαλάρης και Χρ. Καραμούτης
Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής &
Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας e-mail gemtoss@agr.uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πρώτα αποτελέσματα μιας προσπάθειας σχεδιασμού, κατασκευής και αξιολόγησης στο χωράφι ενός μηχανήματος για κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες για σπορά βαμβακιού παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία. Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος ήταν να κατεργάζεται το έδαφος σε βάθος πάνω από 20 εκατοστά και να το θρυμματίζει ικανοποιητικά ώστε να είναι έτοιμο για σπορά με συμβατική σπαρτική σκαλιστικών καλλιεργειών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το μηχάνημα περιορίζει την κατανάλωση ενέργειας ως προς τη συμβατική κατεργασία του εδάφους με άροτρο κατά 30,8% ενώ δίνει εγκατάσταση φυτείας και παραγωγή καλλίτερη κατά 14% και 17% αντίστοιχα,

Λέξεις κλειδιά. Κατεργασία εδάφους, κατεργασία σε λωρίδες, βαμβάκι

DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTING OF A MACHINE FOR STRIP TILLAGE IN COTTON CROP

T.A. Gemtos, Chr. Kavalakis , Chr. Karamutis
Laboratory of Farm mechanization, Department of Agriculture, Crop Production and
Rural Environment, University of Thessaly e-mail gemtoss@agr.uth.gr

ABSTRACT

The results of an attempt to design, construct and test a machine for strip tillage in cotton crop are presented in the present paper. The design specifications of the machine were to be able to disturb and loosen the soil at a depth of at least 20 cm and prepare a suitable seedbed for planting with a conventional planting machine. The results showed that the machine reduced energy consumption compared to conventional tillage by plough by 30,8% while strip tillage gave better emergence and yield by 14% and 17% respectively.

Key words. Tillage, strip tillage, cotton

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Την τελευταία δεκαετία στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας έγιναν εκτεταμένα πειράματα αξιολόγησης μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Οι Gemtos et al.[1] σε σύγκριση πέντε μεθόδων κατεργασίας σε καλλιέργεια βαμβακιού έδειξαν ότι οι μέθοδοι μειωμένης κατεργασίας προκάλεσαν αύξηση της συμπίεσης του εδάφους και των ζιζανίων αλλά και μείωση της παραγωγής. Σε επόμενη σειρά πειραμάτων οι Cavalaris and Gemtos [2,3] σε σύγκριση πέντε μεθόδων κατεργασίας σε αμειψισπορές με βαμβάκι, καλαμπόκι, ζαχαρότευτλα και σιτάρι βρήκαν αντίστοιχα αποτελέσματα ενώ βρέθηκε σημαντική αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας.

Τα πειράματα έδειξαν ότι τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας εκτός αυτών που χρησιμοποιούσαν βαρύ καλλιεργητή προκάλεσαν μειωμένες αποδόσεις. Στις περισσότερες καλλιέργειες παρατηρήθηκε είτε μειωμένο φύτρωμα είτε ικανοποιητικό αρχικά φύτρωμα και εν συνεχεία καθυστέρηση στην ανάπτυξη της ρίζας που προκάλεσε καθυστέρηση στην ανάπτυξη του φυτού. Τα προβλήματα ήταν ιδιαίτερα εμφανή στο βαμβάκι όπου παρατηρήθηκε ότι πρώτα αναπτύσσεται η πασσαλώδης ρίζα και μετά αναπτύσσεται το υπέργειο μέρος. Όταν η ρίζα βρει αντίσταση καθυστερεί όλη η ανάπτυξη του φυτού. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πειράματα με καλλιέργεια βαμβακιού σε αναχώματα [4] που αφήνουν χαλαρό έδαφος σε βάθος 0,25 μέτρων το βαμβάκι παρουσίασε ισχυρότερο ριζικό σύστημα.

Ο Uri [5] ανέφερε ότι το 1996 στις ΗΠΑ η κατεργασία συντήρησης του εδάφους εφαρμόζονταν στο 40% των εκτάσεων του Καλαμποκιού (conservation tillage). Οι Sundermaier and Reeder[6] ανέφεραν ότι στο Νοτιοδυτικό Οχάιο η εφαρμογή της κατεργασίας συντήρησης στο καλαμπόκι μειώθηκε από 51,5% το 1993 σε 44% το 1998. Στις ΗΠΑ τα τελευταία έτη έχουν αναπτυχθεί μηχανήματα για κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες που ορίζεται ως το σύστημα που κατεργάζεται λιγότερο από το 30% της επιφάνειας του εδάφους [7]. Ο Morrison [8] έκανε μια ανασκόπηση των πειραμάτων που έγιναν στις ΗΠΑ και στο Καναδά για την εφαρμογή κατεργασίας σε λωρίδες σε σύγκριση με συμβατική κατεργασία και σε ακαλλιέργεια, σε καλλιέργειες βαμβακιού και καλαμποκιού. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια βελτίωση στην εγκατάσταση της φυτείας, την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή στην κατεργασία σε λωρίδες έναντι της ακαλλιέργειας ενώ έναντι της συμβατικής κατεργασίας τα αποτελέσματα διέφεραν από έτος σε έτος.

Η κατεργασία σε λωρίδες παρουσιάζει πολλά από τα πλεονεκτήματα της ακαλλιέργειας χωρίς τις δυσκολίες εγκατάστασης των φυτειών και της αρχικής ανάπτυξης που φαίνεται να οδηγούν στη μείωση της χρήσης τους. Με βάση τα αποτελέσματα των ελληνικών πειραμάτων και τα αποτελέσματα της χρήσης της κατεργασίας σε λωρίδες στις ΗΠΑ έγινε προσπάθεια σχεδιασμού, κατασκευής και αξιολόγησης ενός μηχανήματος για τις ελληνικές συνθήκες. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα πρώτα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για να δοκιμαστεί η ιδέα κάτω από τις συνθήκες της χώρας σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα μηχάνημα για καλλιέργεια σε λωρίδες. Με βάση των εμπειρία των πειραμάτων, τα σχεδιαστικά στοιχεία του μηχανήματος ήταν:

- Να μπορεί να αναμοχλεύει το έδαφος σε βάθος τουλάχιστον 0,25 m.

- Να ψιλοχωματίζει το έδαφος σε μια στενή λωρίδα μικρότερη των 0,30 m
- Να αφήνει το ενδιάμεσο έδαφος άθικτο.
- Αν χρειαστεί να μπορεί να προσαρμοστεί πτυχωτός δίσκος για την κοπή των φυτικών υπολειμμάτων μπροστά από τα υνιά που κάνουν την αναμόχλευση
- Να έχει τη δυνατότητα εν σειρά ανάρτησης σπαρτικών μονάδων

Δεδομένου ότι η αναμόχλευση πρέπει κατ' αρχήν να γίνει την περίοδο σποράς που το έδαφος είναι σχετικά υγρό θα πρέπει να εξασφαλιστεί η λειτουργία του εργαλείου πάνω από το κρίσιμο βάθος ώστε να διασφαλίζεται η αναμόχλευσή του και όχι η συμπίεση σε βάθος. Σύμφωνα με τις εργασίες των Spoor and Godwin [9] και των Παπαθανασίου και άλλων [10] η θέση του κρίσιμου βάθους γίνεται βαθύτερη όταν το επιφανειακό έδαφος έχει υποστεί αναμόχλευση από αβαθή υνιά. Η αρχή αυτή χρησιμοποιήθηκε κατά το σχεδιασμό του εργαλείου και έγινε συνδυασμός αβαθών και βαθέων υνιών. Τα εργαλεία τοποθετήθηκαν σε πλαίσιο όπου αν χρειαζόταν μπορούσε να προστεθεί μπροστά ένας πτυχωτός δίσκος για κοπή των φυτικών υπολειμμάτων. Ειδικά για καλλιέργεια που ακολουθεί βαμβάκι ο δίσκος είναι δύσκολο να εργαστεί καθώς τα ξυλοποιημένα υπολείμματα του βαμβακιού δύσκολα κόβονται οπότε είτε βυθίζονται στο έδαφος είτε ανυψώνουν το μηχάνημα. Στο πείραμα του 2004 η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν σιτάρι με μικρή παραγωγή αχύρου που δεν δημιούργησε πρόβλημα στην εργασία των εργαλείων κατεργασίας του εδάφους και γι' αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε ο πρόσθετος δίσκος. Το πλαίσιο διέθετε ειδική βάση για μεταφορά της περιστροφικής κίνησης από το δυναμοδότη του γ.ε στη φρέζα που ακολουθούσε.

Στο πλαίσιο μπορούσε να αναρτηθεί εν σειρά φρέζα στην οποία αφέθηκαν σκαπτικά εργαλεία μόνο πίσω από τα υνιά ανά 1m περίπου. Τα περιστρεφόμενα εργαλεία προκαλούσαν ψιλοχωμάτισμα του εδάφους που επέτρεπε την ικανοποιητική λειτουργία της συμβατικής σπαρτικής. Στο μέλλον πίσω από τη φρέζα μπορούν να προσαρμοστούν σπαρτικές μονάδες ώστε να επιτυγχάνεται η εγκατάσταση της φυτείας με ένα πέρασμα στο χωράφι. Η βελτίωση αυτή πρέπει να πραγματοποιηθεί καθώς θα δώσει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως τη μείωση της εργασίας και της συμπίεσης του εδάφους.



Σχήμα 1: Φωτογραφία του μηχανήματος για κατεργασία κατά λωρίδες

Το πρωτότυπο μηχάνημα κάλυπτε δύο σειρές. (Σχήματα 1,2,3). Το μηχάνημα δοκιμάστηκε σε έδαφος πλησίον του πειραματικού καλλιέργειας για να ελεγχθεί η

εργασία του. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των αναπτυσσόμενων δυνάμεων, της απορροφώμενης ισχύος και της απαιτούμενης ενέργειας ανά στρέμμα στην έλξη και στον δυναμοδότη τόσο στα προκαταρκτικά πειράματα όσο και κατά την εγκατάσταση του πειραματικού της καλλιέργειας βαμβακιού όπου και έγινε η σύγκριση με τις άλλες κατεργασίες. Το βάθος κατεργασίας των αβαθών υνιών ήταν 0,12 m και των βαθέων 0,25 m περίπου. Ο έλεγχος του βάθους επετεύχθη με τη χρήση τροχών εδάφους που τοποθετήθηκαν στο πλαίσιο. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε ο οργανωμένος γεωργικός ελκυστήρας του Εργαστηρίου όπως περιγράφηκε από τους Papathanassiou et al [11]



Σχήμα 2. Μηχάνημα για κατεργασία σε λωρίδες

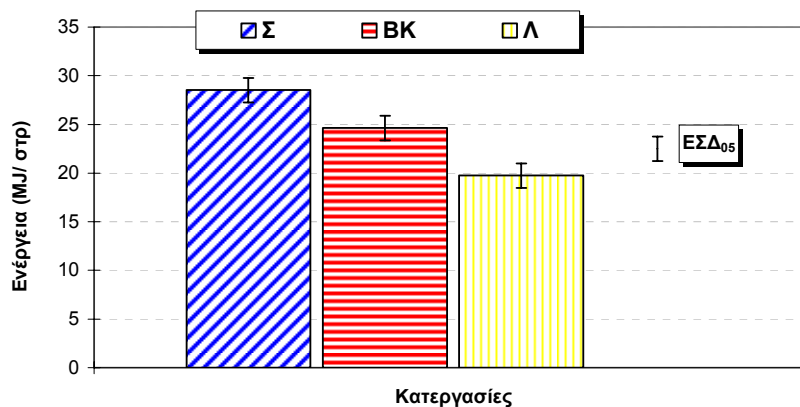


Σχήμα 3. Κατεργασία του εδάφους σε λωρίδες

Για την αξιολόγηση της επίδρασης της κατεργασίας σε λωρίδες σε καλλιέργεια βαμβακιού εγκαταστάθηκε πείραμα αγρού. Η κατεργασία σε λωρίδες (Λ) συγκρίθηκε με

συμβατική κατεργασία (Σ) με όργωμα σε βάθος 0,28 m, και με μειωμένη κατεργασία με χρήση βαρύ καλλιεργητή (BK) σε δύο περάσματα στο βάθος των 0,15 m. Για την δευτερογενή κατεργασία στη συμβατική χρησιμοποιήθηκε ένας μέσος καλλιεργητής και δύο περάσματα με δισκοσβάρνα, για την προετοιμασία της σποροκλίνης ενώ στη μειωμένη μόνο δύο περάσματα με δισκοσβάρνα. Όλες οι κατεργασίες έγιναν τον Μάιο πριν από τη σπορά, η οποία έγινε στις 7/5/04. Το πείραμα περιελάμβανε τις τρεις μεταχειρίσεις με τέσσερις επαναλήψεις σε πλήρως τυχαιοποιημένες ομάδες και εγκαταστάθηκε σε έναν αγρό του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο με προηγούμενη καλλιέργεια σιτάρι. Το κάθε πειρακτικό τεμάχιο είχε διαστάσεις 6X12 m δηλαδή έξι σειρές βαμβακιού των 12 m. Κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου μετρήθηκαν ο αριθμός των φυτών που φύτρωσαν. Σε δύο εσωτερικές σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου σημειώθηκαν από 10 m όπου και μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών και η εξέλιξη του φυτρώματος. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σημάνθηκαν από έξι φυτά στα οποία έγιναν μετρήσεις του ύψους τους κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Τέλος μετρήθηκε η απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι με συλλογή με τα χέρια 10 m σειρών από τις δύο εσωτερικές σειρές του κάθε πειραματικού τεμαχίου. Για την εκτίμηση της χαλάρωσης που παρουσίαζε το έδαφος μετά την κατεργασία, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση στο έδαφος με χρήση ηλεκτρονικού διεισδυσιόμετρου. Το διεισδυσιόμετρο είχε κώνο με διάμετρο βάσης 12,83 mm και κατέγραφε την αντίσταση για κάθε εκατοστό βάθους. Για τις μετρήσεις ακολουθήθηκε η τυποποίηση της ASAE [7]. Για να εκτιμηθεί η χαλάρωση του εδάφους χρησιμοποιήθηκε μια πλάκα με οπές ανά 0.10 m κατά πλάτος. Η πλάκα τοποθετούνταν στην επιφάνεια του εδάφους και εξασφάλιζε σταθερό επίπεδο μέτρησης του βάθους.

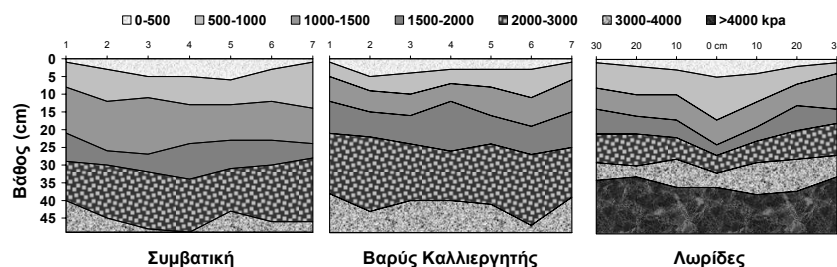
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ



Σχήμα 4: Κατανάλωση Ενέργειας για την κατεργασία του εδάφους

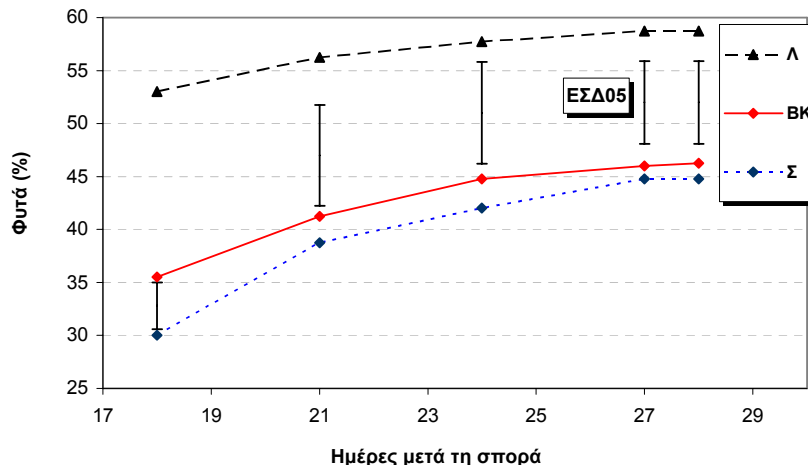
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατανάλωση ενέργειας για την προετοιμασία του εδάφους σε λωρίδες ήταν κατά 30,8% μικρότερη σχετικά με τη συμβατική κατεργασία με όργωμα και κατά 19,9 % μικρότερη από τη μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή. Οι διαφορές ήταν στατιστικώς σημαντικές για πιθανότητα 0.05. (Σχήμα 4) Η εξοικονόμηση της ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική δεδομένου ότι η μείωση της

κατανάλωσης ενέργειας σε προηγούμενα πειράματα [2,3,12] ήταν 30% για την ακαλλιέργεια (συμπεριλαμβανομένου του ζιζανιοκτόνου) και 34% για την μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή σχετικά με τη συμβατική κατεργασία [5].



Σχήμα 5. Μέτρηση της αντίστασης στη διείδυση σε kPa

Η χαλάρωση του εδάφους στις τρεις μεταχειρίσεις φαίνεται στο Σχήμα 5. Η χαλάρωση του εδάφους στην κατεργασία σε λωρίδες, έφτασε στα 0.25 m περίπου κάτω από τη σειρά με επέκταση της χαλάρωσης μέχρι 0.30 m στα πλάγια. Είναι χαρακτηριστικό το μεγαλύτερο και πιο ομοιόμορφο βάθος κατεργασίας που επετεύχθη με το άροτρο.



Σχήμα 6: Φύτρωμα του βαμβακιού στις τρεις μεταχειρίσεις

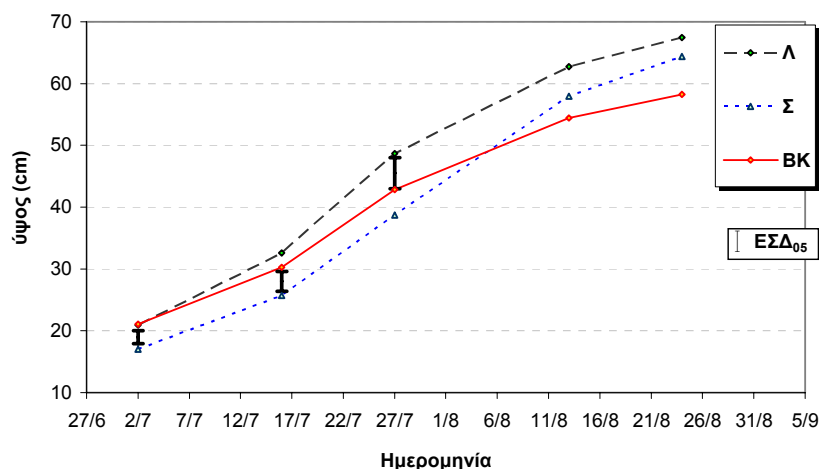
Στο Σχήμα 6 φαίνεται η καμπύλη του φυτρώματος του βαμβακιού στις τρεις μεταχειρίσεις. Το φύτρωμα άρχισε αρκετά νωρίς και ήδη τη 18η μέρα από τη σπορά είχε φτάσει στο 50% στην καλλιέργεια σε λωρίδες για να φτάσει μέχρι το 60% σχεδόν. Στις άλλες δύο μεταχειρίσεις το φύτρωμα ήταν σαφώς χειρότερο από την κατεργασία σε λωρίδες χωρίς διαφορά όμως μεταξύ των κατεργασιών σε όλη της επιφάνεια. Ο τελικός πληθυσμός φυτών στο στρέμμα έφτασε στο 45%. Σπάρθηκαν 25.640 σπόροι ανά στρέμμα (3,9 cm επί της γραμμής) σε όλα τα πειραματικά τεμάχια. Ακόμη και στην αρχή του φυτρώματος ο αριθμός των φυτών ήταν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερος

και από τις άλλες δύο μεθόδους. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η προετοιμασία της σποροκλίνης στη μέθοδο με την κατεργασία κατά λωρίδες έγινε με τη φρέζα που ήταν ενσωματωμένη και άφηνε το έδαφος καλλίτερα ψιλοχωματισμένο. Η φρέζα είναι γνωστό ότι προκαλεί καλή προετοιμασία της σποροκλίνης αν και προκαλεί συνήθως μια μικρή συμπίεση του εδάφους κάτω από το βάθος εργασίας της.

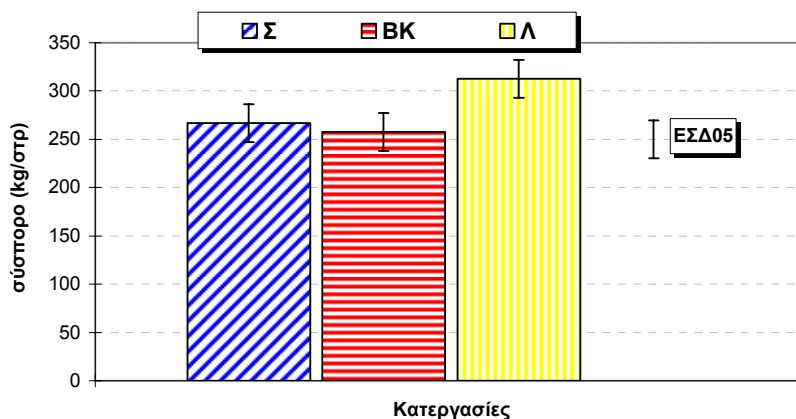
Στο Σχήμα 7 φαίνεται η εξέλιξη του ύψους των φυτών βαμβακιού. Η ανάπτυξη των φυτών στην κατεργασία κατά λωρίδες ήταν στατιστικώς σημαντικά καλύτερη σε σχέση με την συμβατική, μόνο μέχρι περίπου τη μέση της βλαστικής περιόδου (27/7), ενώ στο τέλος δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Είναι προφανές ότι η αναμενόμενη συμπίεση της εδάφους από τα σκαπτικά εργαλεία της φρέζας δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη του βαμβακιού.

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται η απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι των μεταχειρίσεων. Η απόδοση στην κατεργασία σε λωρίδες ήταν στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους ενώ η ανάπτυξη των φυτών στο τέλος δεν διέφερε στατιστικώς σημαντικά. Η παραγωγή αυξήθηκε κατά 46 kg το στρέμμα (17%) σε σύγκριση με την συμβατική κατεργασία διαφορά στατιστικώς σημαντική και από τις δύο άλλες μεθόδους κατεργασίας. Η συνολική παραγωγή ξεπέρασε τα 300 kg/στρέμμα που θεωρείται μια σχετικά ικανοποιητική παραγωγή.

Η όλη εξέλιξη της φυτείας και η τελική απόδοση δίνουν σημαντικά πλεονεκτήματα στην κατεργασία σε λωρίδες. Η επιτυχία της εγκατάστασης με κατεργασία που έγινε την άνοιξη πριν από τη σπορά πρέπει να θεωρηθεί ιδιαίτερα ενδιαφέροντα καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με καλλιέργειες φυτοκάλυψης. Η σπορά μπορεί να γίνει άμεσα στην καλλιέργεια με καταστροφή της προηγούμενης καλλιέργειας με μη εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο. Όπως φαίνεται και από εργασίες στις ΗΠΑ [6,8] η κατεργασία σε λωρίδες μπορεί να δώσει σημαντικά πλεονεκτήματα και κυρίως να ενισχύσει μέτρα προστασίας από διάβρωση στις επικλινείς εκτάσεις της Θεσσαλίας.



Σχήμα 7: Εξέλιξη του ύψους των βαμβακοφύτων στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου.



Σχήμα 8: Απόδοση σύσπορου βαμβακιού των μεταχειρίσεων.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία μπορεί να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Η μέθοδος της κατεργασίας σε λωρίδες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υποκατάσταση της χρήσης του αρότρου με ικανοποιητικές αποδόσεις.
2. Η μέθοδος μειώνει τη κατανάλωση ενέργειας για τη κατεργασία του εδάφους ενώ μπορεί να πετύχει την εγκατάσταση της φυτείας με ένα πέρασμα του γεωργικού ελκυστήρα στο χωράφι.
3. Ο υπό μελέτη σχεδιασμός φαίνεται ότι λειτουργεί ικανοποιητικά με καλά αποτελέσματα στην καλλιέργεια (φύτρωμα, ανάπτυξη και παραγωγή).
4. Η χρήση βαθέων και αβαθών υνιών εξασφαλίζει την επιθυμητή χαλάρωση του εδάφους ακόμα και σε υγρές συνθήκες του εδάφους.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας εκφράζει τις ευχαριστίες του στη TERRA ΑΕ για τη παραχώρηση μιας σκαπτικής φρέζας που χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη του μηχανήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gemtos T.A., A. Alexandrou, D. Pateras (2002) Soil Tillage, Irrigation and Fertilization Effect in Cotton Crop. Applied Engineering in Agriculture 18(3)269-276
2. Cavalaris, C.K. T.A. Gemtos (2000) Evaluation of Four Conservation Tillage Methods In The Sugar Beet Crop CIGR e-Journal

3. Cavalaris, C.K. T.A. Gemtos (2004) Evaluation Of Four Reduced Tillage Methods With Different Rotations Presented in the CIGR Conference Beijing 10-14/10/2004 Proceedings in CD
4. Stathakos, T.D., T.A. Gemtos, C.A. Tsatsarelis, and S.Galanopoulou (2005) "Evaluation of Three Cultivation Practices for Early Cotton Establishment and Improving Crop Profitability" ¹: Υπό εκτύπωση στο περιοδικό Soil and Tillage Research
5. Uri N. (1999) Conservation tillage in US Agriculture. Food Products Press New York, London, Oxford
6. Sundermaier A. and R. Reeder (2000) Fall strip tillage systems: An introduction Ohio State University Factsheet <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/0507.html>
7. ASAE (Αμερικανική Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών) 2003 Standards EP 291.2/98 p115 Michigan, USA.
8. Morrison J.E. (2002) Strip Tillage for "No-till" Row Crop Production, Applied Engineering in Agriculture vol 18(3) 277 – 284
9. Spoor G. and Godwin R.J 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering Research 23 1-16.
10. Παπαθανασίου, Ι. Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Θ. Γέμτος, (2000) Επανασχεδιασμός βαρέως καλλιεργητή με σκοπό τη βελτίωση της αποδομένης εργασίας, Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Βόλος σελ 489 – 496
11. Papathanassiou I Ch.Kavalaris Ch.Karamoutis T.A.Gemtos (2002) Design, Construction and testing of an Instrumented Tractor to Measure forces on Agricultural Implements and energy Consumption during field Work 1st HAICTA Conference Proceedings in CD
12. Καβαλάρης Χ. (2004). Εφαρμογή μειωμένων εισροών για την κατεργασία του εδάφους σε συστήματα αμειψισποράς ζαχαροτεύτλων, βαμβακιού και καλαμποκιού. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΠΤΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ι. ΓΡΑΒΑΛΟΣ, Θ. ΓΙΑΛΑΜΑΣ, Ι. ΡΑΠΤΗΣ, Δ. ΚΑΤΕΡΗΣ

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 411 10, Λάρισα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι γεωργικοί ελκυστήρες στην πλειοψηφία τους κατασκευάζονται ως τροχοφόροι που φέρουν ελαστικά επίσωτρα. Τα ελαστικά γενικής χρήσεως είναι αυτά που προτιμούνται από τους Έλληνες αγρότες. Όμως, το υψηλό κόστος αντικατάστασης αναγκάζει τους περισσότερους από αυτούς να επιμένουν, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, στη χρήση φθαρμένων ελαστικών. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθεί η επίπτωση που έχουν τα φθαρμένα ελαστικά στην κατανάλωση καυσίμου και στην ελκτική δύναμη του ελκυστήρα. Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε ένας γεωργικός ελκυστήρας σε άριστη τεχνική κατάσταση και τρία ζεύγη συμβατικών ελαστικών 18,4-34 με διαφορετικό βαθμό φθοράς πέλματος. Ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε διαφορετικές οριζόντιες επιφάνειες εργασίας, ενώ για τη φόρτισή του χρησιμοποιήθηκε ένας δεύτερος ελκυστήρας.

EXAMINATION OF THE CONSEQUENCES OF THE WORN TYRES ON FUEL CONSUMPTION

I. GRAVALOS, TH. GIALAMAS, I. RAPTIS, D. KATERIS

Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.

ABSTRACT

Agricultural tractors, in their majority, are designed as being wheeled. Greek farmers prefer the general-purpose tyres. But the high cost of their replacement makes most of them to use worn tyres for a long time. The aim of this paper is the examination of the consequences of the worn tyres on the fuel consumption and the traction force of the tractor. For the experimental process, an agricultural tractor in its best technical state and three couples of tyres 18.4-34 with different degree of wear have been used. The tractor was tested in different horizontal surfaces, while a second tractor was used for its loading.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι γεωργικοί ελκυστήρες στην πλειοψηφία τους κατασκευάζονται ως τροχοφόροι, που φέρουν ελαστικά επίσωτρα. Τα ελαστικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στους γεωργικούς ελκυστήρες διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: i) τα συμβατικά ή διαγώνιων λινών (cross ply) και ii) τα ακτινωτά (radial), που επίσης διακρίνονται σ' αυτά με αεροθάλαμο (tube type) και αυτά χωρίς αεροθάλαμο (tube less) [1].

Η βασική διαφορά ανάμεσα στα ελαστικά διαγώνιων λινών και τα ακτινωτά έγκειται στη γωνία των λινών ως προς τη νοητή φορά κύλισης του τροχού. Στα ελαστικά διαγώνιων λινών η γωνία αυτή ποικίλει από 20 έως 80° (συνήθως 40°), ενώ τα στρώματα των λινών τοποθετούνται διαγώνια μεταξύ τους, αυξάνοντας την αντοχή του ελαστικού. Στα ακτινωτά ελαστικά η γωνία αυτή είναι ακριβώς 90° και τα στρώματα των λινών εντελώς παράλληλα μεταξύ τους. Όταν η γωνία λινών και χεϊλούς είναι ακριβώς 90°, τότε βελτιώνεται η πρόσφυση, σε βάρος όμως της αντοχής σε πλευρικά και κάθετα φορτία [2]. Η πρόσθεση της ζώνης στα ακτινωτά ελαστικά περιορίζει την τάση του σκελετού να επιμηκυνθεί, λόγω φορτίων και μεταβολών της πίεσης. Επίσης διατηρεί το πέλμα άκαμπτο, ώστε να μεγαλώνει όσο το δυνατόν η επιφάνεια πρόσφυσης του ελαστικού με το έδαφος.

Προφανώς, είναι σημαντικό να γνωρίζει κάποιος πως οι διάφοροι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα ενός ελαστικού αλληλοαναιρούνται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του. Για παράδειγμα αυξάνοντας την ακαμψία του πέλματος έχουμε μικρότερη τριβή κύλισης, δηλαδή μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου, αλλά συγχρόνως παρατηρείται αύξηση της μετάδοσης των μηχανικών δονήσεων (κραδασμών) από το έδαφος προς το σώμα του ελκυστήρα, δηλαδή μεγαλύτερη καταπόνηση του μηχανήματος και του χειριστή του [3]. Αντιθέτως, οι πολύ μαλακές γόμες (γόμες υψηλής υστέρησης) παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή τριβής. Το γεγονός αυτό αντισταθμίζεται με αυξημένη φθορά και υψηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας. Για το λόγο αυτό οι κατασκευαστές αναπτύσσουν διάφορες μορφές και κατηγορίες ελαστικών, ανάλογα με τον τύπο του οχήματος και τον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθούν.

Στην προσπάθειά τους, να βελτιώσουν τα ελαστικά ακόμη περισσότερο, οι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει τα τελευταία χρόνια ένα νέο τύπο ελαστικών, τα ελαστικά χαμηλού προφίλ [4]. Στα κοινά ελαστικά το ύψος του πλαϊνού είναι ίσο με το 82% του πέλματος. Αντίθετα στα ελαστικά χαμηλού προφίλ το ύψος του πλαϊνού κυμαίνεται από 70% έως 30% του πέλματος. Αποτέλεσμα αυτής της μεταβολής είναι η μείωση της άνεσης και η βελτίωση άλλων χαρακτηριστικών, όπως είναι η αύξηση της κατακόρυφης ακαμψίας με αποτέλεσμα τη δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερων φορτίων, η αύξηση της αντοχής των πλαϊνών και η ταχύτητα απόκρισης στις αλλαγές κατεύθυνσης πορείας [5]. Επίσης, αλλάζει η γεωμετρία του πέλματος, δηλαδή γίνεται βραχύτερο και φαρδύτερο με αποτέλεσμα τη μείωση της φθοράς, την καλύτερη πρόσφυση, τις μικρότερες θερμοκρασιακές μεταβολές [6].

Τα ελαστικά των γεωργικών ελκυστήρων έχουν ειδικά διαμορφωμένα πέλματα, ώστε να αναπτύσσεται καλή πρόσφυση με το έδαφος και ως εκ τούτου να εξασφαλίζεται η μεταφορά της ελκτικής δύναμης ακόμη και σε βαριά εδάφη. Οι προεξοχές (τακούνια) έχουν τέτοια κλίση, ώστε να μην συγκρατούν τις λάσπες και να αυτοκαθαρίζονται (με την κίνηση), ενώ στο κέντρο είναι πιο φαρδιά για να διασφαλίζουν καλύτερη πρόσφυση με το έδαφος και στρωτή οδήγηση στο δρόμο [7], [8].

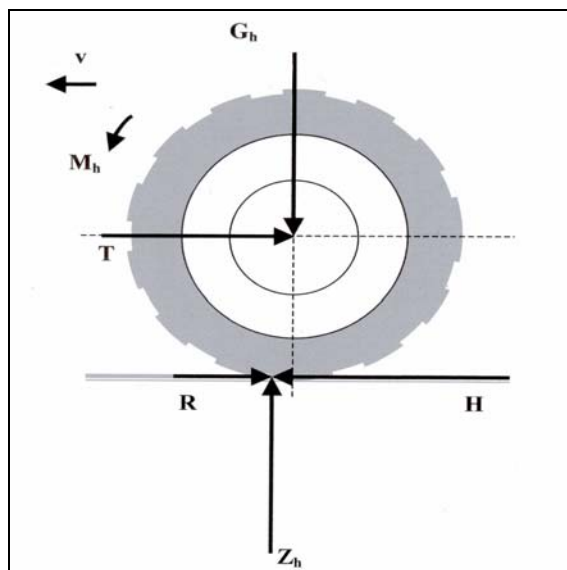
Η σωστή πίεση των ελαστικών παίζει σημαντικό ρόλο. Όταν τα ελαστικά είναι φουσκωμένα περισσότερο από το κανονικό, ο σκελετός τεντώνεται αφύσικα, χάνει την ελαστικότητά του, φθείρεται και σπάει ευκολότερα. Αντίθετα, όταν τα ελαστικά δεν είναι όσο θα πρέπει φουσκωμένα, τα πλευρά τους υποχωρούν εύκολα και τα τακούνια στρεβλώνουν, τα ελαστικά κουράζονται και φθείρονται.

Τα αντίβαρα προσθέτουν βάρος στους κινητήριους τροχούς και βελτιώνουν την ελκτική δύναμη. Συνήθως, χρειάζονται στα αργιλώδη και αμμώδη εδάφη. Επειδή δεν είναι μόνιμο εξάρτημα του ελκυστήρα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν δε φθείρονται τα ελαστικά και με γνώμονα την οικονομία στα καύσιμα [9].

Τα ελαστικά γενικής χρήσεως με τακούνια τύπου V, χωρίς ιδιαίτερα μεγάλο ύψος, είναι αυτά που προτιμούνται από τους Έλληνες αγρότες. Όμως, το υψηλό κόστος αντικατάστασης αναγκάζει τους περισσότερους από αυτούς να επιμένουν, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, στη χρήση φθαρμένων ελαστικών. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθεί η επίπτωση που έχουν τα φθαρμένα ελαστικά στην κατανάλωση καυσίμου και ευρύτερα στην ελκτική δύναμη του ελκυστήρα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα ελαστικά των κινητήριων τροχών του γεωργικού ελκυστήρα αποτελούν τμήμα του συστήματος μεταφοράς της ισχύος από τον κινητήρα έως το άγκιστρο έλξης και επομένως, η κατάστασή τους επηρεάζει άμεσα την ελκτική δύναμη του ελκυστήρα και την κατανάλωση καυσίμου. Στο σχήμα 1 απεικονίζονται οι δυνάμεις, οι οποίες ενεργούν επί του κινητήριου τροχού στο οριζόντιο επίπεδο και έχουν σημασία από ενεργειακής πλευράς.



Σχήμα 1. Ανάλυση των δυνάμεων που ενεργούν επί του κινητήριου τροχού.

Στα συγγράμματα των Janosi και Hanamoto [10], Blumental [11], Dwyer [12], Semetko [13] και Τσατσαρέλη [14], περιγράφονται οι ελκτικές ιδιότητες των κινητήριων τροχών με βάση τους ακόλουθους δείκτες:

1. Η «δύναμη έλξης στη δοκό», δηλαδή η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ σώματος ελκυστήρα και τροχού, δίνεται από τη σχέση:

$$T = H - R$$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι για να αυξηθεί η ελκτική δύναμη του ελκυστήρα πρέπει η δύναμη ώθησης να αυξάνεται, ενώ η αντίσταση κύλισης να γίνεται μικρότερη.

2. Ένας άλλος δείκτης είναι ο «δυναμικός συντελεστής έλξης»:

$$\mu = T / G_h$$

Ο δυναμικός συντελεστής έλξης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι ο τύπος των μέσων προώθησης, οι διαστάσεις και η πίεση των ελαστικών, η κατάσταση του εδάφους και άλλοι.

3. Η «ολίσθηση» είναι βασικά η ποσοστιαία έκφραση των απωλειών στην ταχύτητα κίνησης:

$$\delta = [(v_0 - v) / v_0] \cdot 100$$

Η ολίσθηση, εκτός της μείωσης της ταχύτητας, προκαλεί αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου και φθορά των ελαστικών. Σύμφωνα με το NIAE (National Institute of Agricultural Engineering) της Μεγάλης Βρετανίας η ολίσθηση κατά τη διάρκεια εργασίας του ελκυστήρα δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 17 %.

4. Η «αντίσταση κύλισης» προέρχεται από τις τριβές που αναπτύσσονται μεταξύ τροχού και εδάφους:

$$R = f \cdot G_h$$

Μικρή αντίσταση κύλισης σημαίνει ότι διατίθεται μεγαλύτερη ισχύς στην έλξη και μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Ο «συντελεστής αντίστασης κύλισης (f)» εκφράζει το λόγο της απαιτούμενης ελκτικής δύναμης για την προώθηση του ελκυστήρα δια του βάρους αυτού.

5. Ένας από τους δείκτες ικανότητας μετατροπής της ροπής στρέψης, που φθάνει στον κινητήριο άξονα, σε ελκτική ισχύ είναι ο «βαθμός απόδοσης ελκτικής ισχύος»:

$$\eta_f = P_f / P_e = (T \cdot v) / (2\pi \cdot M_h \cdot n)$$

Ο βαθμός απόδοσης ελκτικής ισχύος επηρεάζεται από την ολίσθηση και την αντίσταση κύλισης. Μπορεί να προσεγγίσει τιμές πάνω από το 90 % σε σκληρές επιφάνειες αλλά στη γεωργική πράξη παρουσιάζεται μειωμένος κάτω του 50 %. Ο δείκτης αυτός θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος για να έχουμε οικονομία καυσίμου και να αποφεύγεται η φθορά των ελαστικών.

ΟΝΟΜΑΤΟΘΕΣΙΑ

G_h = Το ασκούμενο φορτίο του κινητήριου τροχού επί του εδάφους [N]. Z_h = Η αντίδραση του εδάφους στο φορτίο του κινητήριου τροχού [N]. H = Η δύναμη ώθησης, που ενεργεί στο σημείο επαφής εδάφους - τροχού [N]. T = Η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης έλξης, που αναπτύσσεται μεταξύ σώματος ελκυστήρα και τροχού [N]. R = Η αντίσταση κύλισης [N]. M_h = Η ροπή στρέψης στον ακραίο κινητήριο άξονα [N·m]. μ = Ο δυναμικός συντελεστής έλξης. δ = Η ολίσθηση [%]. v = Η πραγματική ταχύτητα κίνησης [m·s⁻¹]. v_0 = Η θεωρητική ταχύτητα κίνησης [m·s⁻¹]. f = Ο συντελεστής αντίστασης κύλισης. η_f = Ο βαθμός απόδοσης ελκτικής ισχύος. P_f = Η αποδιδόμενη ισχύς στην έλξη (ελκτική ισχύς) [W]. P_e = Η εισερχόμενη ισχύς στον ακραίο κινητήριο άξονα [W]. n = Ο αριθμός στροφών των κινητήριων τροχών [s⁻¹].

Στην εργασία αυτή έγινε μία προσπάθεια να διερευνηθούν οι ελκτικές ιδιότητες ελαστικών με διαφορετικό βαθμό φθοράς και η επίπτωση της φθοράς αυτών στην κατανάλωση καυσίμου. Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε ένας γεωργικός ελκυστήρας, ο οποίος ήταν σε άριστη τεχνική κατάσταση. Ο συγκεκριμένος ελκυστήρας είχε ιπποδύναμη 115 HP, συνολικό βάρος 4930 kg, με κατανομή φορτίου 2050 kg στον εμπρόσθιο άξονα και 2880 kg στον πίσω άξονα, ενώ στους πίσω τροχούς έφερε συμβατικά ελαστικά 18,4/15-34-8PR. Ειδικότερα στις δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν καινούργια ελαστικά με βάθος πέλματος 35 mm, μερικώς φθαρμένα με βάθος πέλματος από 15 έως 20 mm και εντελώς φθαρμένα με βάθος πέλματος από 0 έως 5 mm. Η πίεση των ελαστικών ήταν 0.1 MPa. Ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε διαφορετικές οριζόντιες επιφάνειες εργασίας, όπως: i) έδαφος με υπολείμματα καλαμιάς ύψους 15 cm, ii) καλλιεργημένο έδαφος μέσης μηχανικής σύστασης με μειωμένη υγρασία και iii) στεγνό κατάστρωμα δημόσιου δρόμου. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών δεν χρησιμοποιήθηκε καθόλου η εμπρόσθια κίνηση (κινητήριος τροχός παρέμειναν μόνο οι οπίσθιοι) και η ταχύτητα κίνησης του ελκυστήρα ήταν σταθερή (1.5 m/s). Για τη φόρτιση του ελκυστήρα χρησιμοποιήθηκε ένας δεύτερος ελκυστήρας μεγαλύτερης ισχύος, στον οποίο έγιναν οι αναγκαίες τροποποιήσεις. Μεταξύ των δύο ελκυστήρων τοποθετήθηκε ένα υδραυλικό δυναμόμετρο έλξης. Εκτός από τη δύναμη έλξης μετρήθηκαν ακόμη η κατανάλωση καυσίμου και η ολίσθηση. Η ολίσθηση μετρήθηκε με τη βοήθεια ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος επί του ελκυστήρα (onboard computer), το οποίο αναπαριστά με γραφικό τρόπο το ποσοστό της ολίσθησης. Για τη μέτρηση της κατανάλωσης καυσίμου χρησιμοποιήθηκε μία ογκομετρική συσκευή, η οποία στη βάση της έφερε μία τρίοδη χειροκίνητη βαλβίδα κατευθύνσεως. Με βάση τις ενδείξεις της ογκομετρικής συσκευής υπολογίστηκαν αρχικά η ωριαία κατανάλωση καυσίμου (M_p) και στη συνέχεια η ειδική κατανάλωση καυσίμου κατά την έλξη (m_{pb}). Τέλος, για τη μέτρηση του χρόνου ολοκλήρωσης της κάθε διαδρομής, χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό χρονόμετρο.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

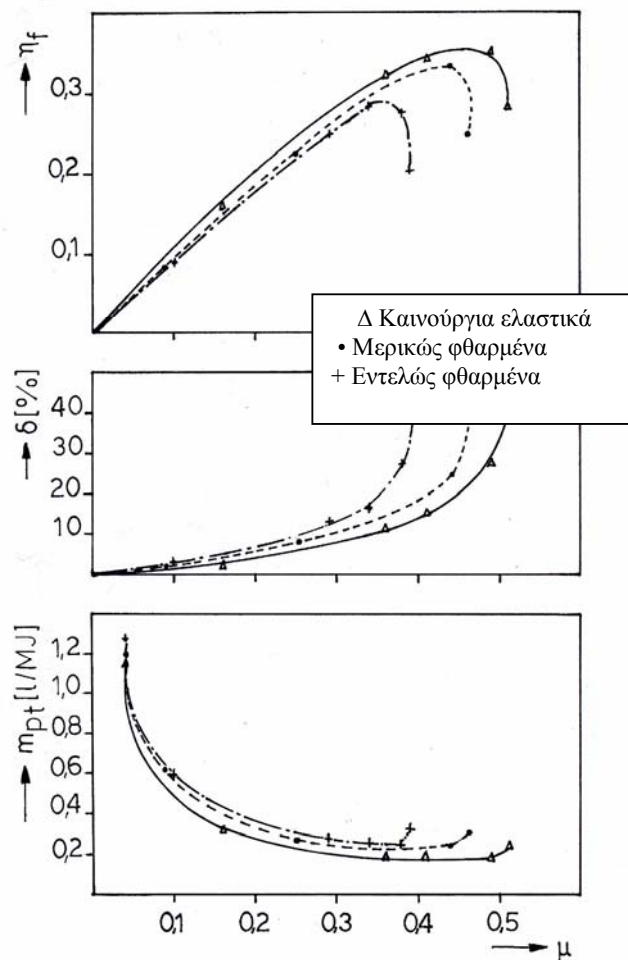
Τα αποτελέσματα δίνονται, για τις τρεις διαφορετικές επιφάνειες των δοκιμών και τα ελαστικά με το διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος, υπό τη μορφή συγκριτικών διαγραμμάτων, από τα οποία προκύπτουν η μεταβολή της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου (m_{pb}), της ολίσθησης (δ) και του βαθμού απόδοσης ελκτικής ισχύος (η_f) σε συνάρτηση του δυναμικού συντελεστή έλξης (μ).

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pb} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε έδαφος με υπολείμματα καλαμιάς ύψους 15 cm και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος. Είναι λοιπόν φανερό ότι στο έδαφος με τα υπολείμματα καλαμιάς, τα εντελώς φθαρμένα ελαστικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη ολίσθηση για μικρότερο συντελεστή έλξης, σε σχέση με τα μερικώς φθαρμένα και τα καινούργια ελαστικά. Επομένως είναι λογικό, ο βαθμός απόδοσης ελκτικής ισχύος να εμφανίζεται υψηλότερος, όταν χρησιμοποιήθηκαν τα καινούργια ελαστικά. Παρά ταύτα, δεν παρατηρείται ιδιαίτερα μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου.

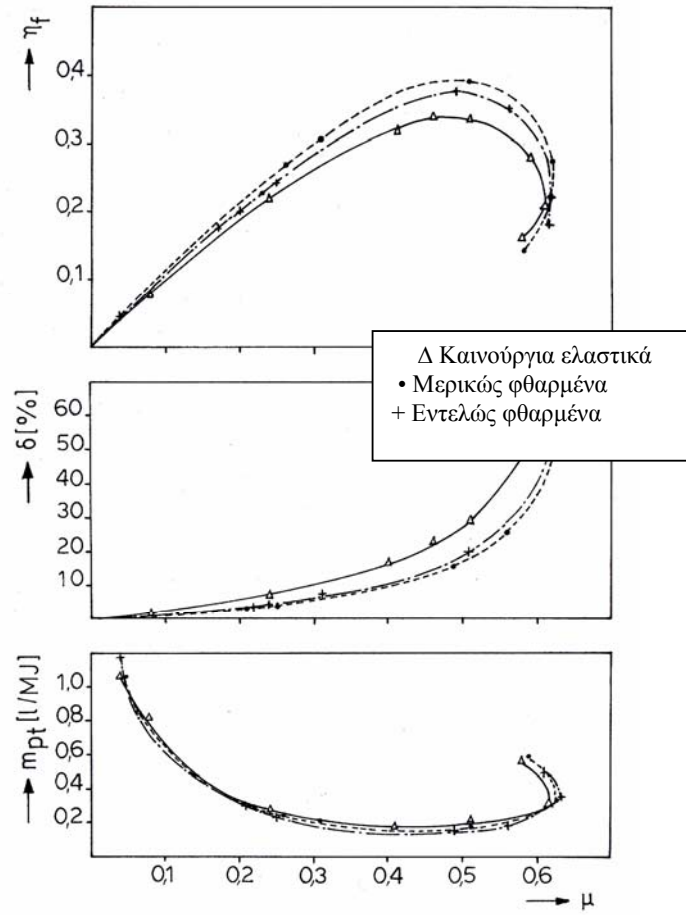
Στο σχήμα 3 παρουσιάζονται τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pb} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε καλλιεργημένο έδαφος μέσης μηχανικής σύστασης με μειωμένη υγρασία και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος. Στη περίπτωση αυτή, ο βαθμός απόδοσης ελκτικής ισχύος εμφανίζεται βελτιωμένος για τα φθαρμένα ελαστικά σε σχέση με τα καινούργια. Επίσης, η διαφορά ανάμεσα στις καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου περιορίζεται

ακόμη περισσότερο και εμφανίζεται να είναι μικρότερη, όταν χρησιμοποιήθηκαν τα φθαρμένα ελαστικά.

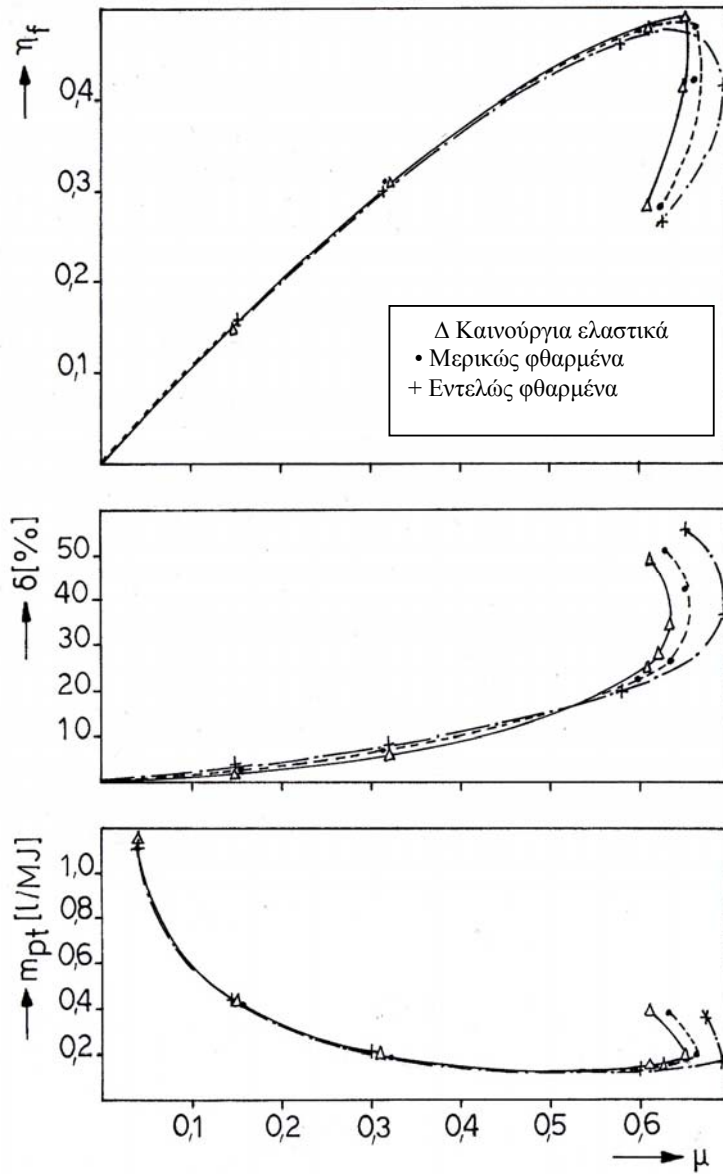
Στο σχήμα 4 παρουσιάζονται τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pt} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε στεγνό κατάστρωμα δημόσιου δρόμου και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος. Παρατηρώντας τις καμπύλες όλων των δεικτών διαπιστώνουμε ότι οι διαφορές μεταξύ τους είναι σχεδόν δυσδιάκριτες και ειδικότερα οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου σχεδόν ταυτίζονται.



Σχήμα 2. Τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pt} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε έδαφος με υπολείμματα καλαμιάς ύψους 15 cm και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος.



Σχήμα 3. Τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pt} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε καλλιεργημένο έδαφος μέσης μηχανικής σύστασης με μειωμένη υγρασία και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος.



Σχήμα 4. Τα συγκριτικά διαγράμματα της μεταβολής των m_{pt} , δ και η_f σε συνάρτηση του μ , όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε στεγνό κατάστρωμα δημόσιου δρόμου και ελαστικά με διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλματος.

Τέλος, από τα αποτελέσματα των δοκιμών προκύπτει, ότι ο ελκυστήρας αποδίδει μεγαλύτερη ελκτική ισχύ, όταν ο δυναμικός συντελεστής έλξης λαμβάνει τιμές $\mu > 0.3$ ενώ οι καμπύλες της κατανάλωσης καυσίμου παρουσιάζονται να είναι περισσότερο επίπεδες. Δεν λαμβάνουμε υπόψη το ακραίο τμήμα των καμπυλών, επειδή δεν έχει καμία πρακτική σημασία για τη λειτουργία του ελκυστήρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Από τα αποτελέσματα των δοκιμών προκύπτει, ότι ο ελκυστήρας αποδίδει μεγαλύτερη ελκτική ισχύ, όταν ο δυναμικός συντελεστής έλξης λαμβάνει τιμές $\mu > 0.3$, ενώ οι καμπύλες της κατανάλωσης καυσίμου παρουσιάζονται να είναι περισσότερο επίπεδες.
2. Όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε έδαφος με υπολείμματα καλαμιάς ύψους 15 cm, τα φθαρμένα ελαστικά παρουσίασαν, όπως ήταν αναμενόμενο, χειρότερες ελκτικές ιδιότητες σε σχέση με τα καινούργια. Παρά ταύτα, οι αποκλίσεις των καμπυλών της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερα σημαντικές.
3. Όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε καλλιεργημένο έδαφος μέσης μηχανικής σύστασης με μειωμένη υγρασία, τα μερικώς φθαρμένα ελαστικά παρουσίασαν καλύτερες ελκτικές ιδιότητες σε σχέση με τα καινούργια και η διαφορά ανάμεσα στις καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου περιορίστηκε ακόμη περισσότερο.
4. Όταν ο ελκυστήρας δοκιμάστηκε σε στεγνό κατάστρωμα δημόσιου δρόμου, οι αποκλίσεις των καμπυλών όλων των δεικτών είναι σχεδόν δυσδιάκριτες και ειδικότερα οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου ταυτίζονται σχεδόν απολύτως.
5. Επομένως, η κατανάλωση καυσίμου επηρεάζεται ελάχιστα από το διαφορετικό βαθμό φθοράς του πέλατος των ελαστικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Barum Continental Ltd, 1998. *Agricultural Tyres*. Technical Data.
2. Lines, J., A., Murphy, K., 1991. The Radial Damping of Agricultural Tyres. *Journal of Terramechanics*, Vol. 28, No. 2/3, p: 229-241.
3. Keen, A., 2001. The Tyre and Suspension Characteristics of an Off Road Vehicle Determined Using a Single Wheel Tester. *Proceedings of the European Automotive Conference, EAEC*, Bratislava, p: 15-25.
4. Klabal, J., 1986. Nízkooprofilové pneumatiky v zemědělství. *Mechanizace zemědělství*, č. 11, str. 512-513.
5. Van den Akker, J., J., H., 1992. Stresses and required soil strength under terra tyres and tandem and dual wheel configurations. *Proceedings of the International Conference on Soil Compaction and Soil Management*, Tallin, Estonia, p: 23-26.
6. Continental AG, 1996. *Tyre Basics*. Technical Book, Hannover.
7. Gysi, M., Maeder, V., Weisskopf, P., 2001. Pressure distribution underneath tires of agricultural vehicles. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 44, p: 1385-1389.
8. Way, T., R., Kishimoto, T., 2003. Interface pressures of a tractor drive tyre on structured and loose soils. *Biosystems Engineering*, Vol. 87, p: 109-120.
9. Way, T., R., Erbach, D., C., Bailey, A., C., Burt, E., C., Johnson, C., E., 2005. Soil displacement beneath an agricultural tractor drive tire. *Journal of Terramechanics*, Vol. 42, p: 35-46.
10. Janosi, Z., Hanamoto, B., 1961. The analytical determination of drawbar pull as a function of slip for tracked vehicles in deformable soils. *Proc. 1st Int. Conf. Mechanics of Soil-Vehicle Systems*, Torino.
11. Blumenthal, R., 1972. *Technisches Handbuch Traktoren*. Veb Verlag Technik, Berlin.
12. Dwyer, M., J., 1978. Maximizing agricultural tractor performance by matching weight, tyre size and speed to the power available. *Proc. 6th Int. Conf., ISTUS*, 479-493.
13. Semetko, J., a kol., 1981. *Traktory a Automobily III*. Priroda, Bratislava.
14. Τσατσαρέλης, Κ., Α., 1997. *Γεωργικοί Ελκυστήρες*. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.