



Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Η Γεωργική Μηχανική
βασικό στοιχείο
αιεφόρου ανάπτυξης
της γεωργίας

ΒΙΒΛΙΟ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

Βόλος 8 Νοε. 2019

Συνδιοργάνωση:



Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παράγωγης
& Αγροτικού Περιβάλλοντος -
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΧΟΡΗΓΟΙ ΤΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΧΡΥΣΟΙ ΧΟΡΗΓΟΙ



ΑΡΓΥΡΟΙ ΧΟΡΗΓΟΙ



ΧΟΡΗΓΟΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ





ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS

Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Βόλος
Τηλ: 2421093228, Fax: 2421093144, e-mail: gemots@uth.gr, nkatsoul@uth.gr

11^ο Πανελλήνιο Συνέδριο

Συνδιοργάνωση:

**Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Βόλος, 8 Νοεμβρίου 2019

**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Επιμέλεια έκδοσης: Ανθούλα Γιάκα
Χρήστος Καβαλάρης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η γεωργία σήμερα βρίσκεται σε ένα κρίσιμο σταυροδρόμι όπου θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες επιλογές που θα εξασφαλίσουν τη συνέχεια και τη βιωσιμότητα του γεωργικού συνόλου. Από τη μια οι αυξημένες διατροφικές ανάγκες ενός ολοένα αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού και από την άλλη η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων πιέζουν να βρεθούν οι βέλτιστες λύσεις που θα επιτύχουν να αυξήσουν μεν την παραγωγή των τροφίμων, προστατεύοντας παράλληλα τους φυσικούς πόρους και εξασφαλίζοντας την αειφορία της γεωργικής παραγωγής. Οι λύσεις μπορούν να προέλθουν μόνο μέσα από τη συστηματική επιστημονική έρευνα και οι Γεωργικοί Μηχανικοί ή Μηχανικοί Βιοσυστημάτων καλούνται να διαδραματίσουν ένα κρίσιμο και καθοριστικό ρόλο συνδυάζοντας τις γνώσεις τους στις επιστήμες της Γεωπονίας, της Βιολογίας, της Μηχανικής και του Περιβάλλοντος για να προτείνουν νέες τεχνολογίες και συστήματα παραγωγής που θα αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της παραγωγής γεωργικών προϊόντων με ορθολογικότερη διαχείριση των φυσικών πόρων, διασφαλίζοντας παράλληλα τη δημόσια υγεία και ενδυναμώνοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος έχει καταφέρει μέσα από τα τακτικά της συνέδρια να συγκεντρώσει μια πλούσια βιβλιογραφία πάνω σε μια ευρεία θεματολογία όπως οι εδαφικοί και οι υδατικοί πόροι, η ενέργεια, το περιβάλλον, τα γεωργικά μηχανήματα και οι εξοπλισμοί, οι σύγχρονες τεχνολογίες, η αποθήκευση και μεταποίηση των γεωργικών προϊόντων κ.α. Κατάφερε παράλληλα να δώσει το κίνητρο και το μέσο σε πολλούς επιστήμονες και ερευνητές να δημοσιοποιήσουν τα αποτελέσματα των ερευνών τους στον Ελλαδικό χώρο. Το 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΓΜΕ που πραγματοποιείται στο Βόλο, στις 8 Νοεμβρίου 2019, στις εγκαταστάσεις της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, φιλοδοξεί να συνεχίσει αυτή τη παράδοση, συγκεντρώνοντας τα πιο πρόσφατα επιτεύγματα και αποτελέσματα των ερευνών. Επιπλέον, φιλοδοξεί να φέρει σε επαφή τους ανθρώπους που δραστηριοποιούνται στον τομέα της Γεωργικής Μηχανικής να καλλιεργήσει νέες συνεργασίες και να αναπτύξει δίαυλους επικοινωνίας με τη βιομηχανία και τον κλάδο του εμπορίου ώστε να γίνει εφικτή η διάχυση της έρευνας και η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων αυτής προς όφελος του ευρύτερου κοινωνικού συνόλου.

Στο παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχονται 57 περιλήψεις των εργασιών που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια του 11^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής. Τα πλήρη κείμενα των εργασιών, έπειτα από την κρίση των κριτών, αποθέτονται σε ανοικτή βάση δεδομένων και μπορούν να αναζητηθούν στη ιστοσελίδα της ΕΓΜΕ <https://egme.gr/proceedings/>

Βόλος, Νοέμβριος 2019

Δρ. Χρ. Καβαλάρης

Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής.

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Χ. Καβαλάρης – Δρ. Ε.ΔΙ.Π., Π.Θ.
Β. Αντωνιάδης – Επ. Καθηγητής, Π.Θ.
Ν. Κατσούλας – Αν. Καθηγητής, Π.Θ.
Θ. Μπαρτζάνας – Αν. Καθηγητής, Γ.Π.Α.
Χ. Καραμούτης – Ε.ΤΕ.Π., Π.Θ.
Ε. Γκόλια – Δρ. Ε.ΔΙ.Π., Π.Θ.
Α. Αγγελάκη – Δρ. Ε.ΔΙ.Π., Π.Θ.
Α. Γιάκα – Τεχν. Γεωπόνος
Δ. Κατέρης – Ερευνητής ΕΚΕΤΑ
Α. Ταγαράκης – Ερευνητής ΕΚΕΤΑ
Γ. Θαλασσινός – Υπ. Διδάκτορας Π.Θ.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αγγελάκη Αναστασία, Δρ. Ε.ΔΙ.Π., Π.Θ.
Αντωνιάδης Βασίλειος, Επ. Καθηγητής Π.Θ.
Αντωνόπουλος Βασίλειος, Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αρβανίτης Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Βλόντζος Γεώργιος, Α. Καθηγητής Π.Θ.
Βύρλας Παναγιώτης, Επ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας
Γέμτος Θεοφάνης, Ομ. Καθηγητής Π.Θ.
Γεωργίου Πανταζής, Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Γιαλαμάς Θεόδωρος, Επ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας
Γκόλια Ευαγγελία, Δρ. Ε.ΔΙ.Π. Π.Θ.
Γράβαλος Ιωάννης, Αν. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας
Δημήρκου Ανθούλα, Καθηγήτρια Π.Θ.
Ζήσης Θωμάς, Καθηγητής Α.Π.Θ.
Καβαλάρης Χρήστος, Δρ. Ε.ΔΙ.Π. Π.Θ.
Καλφούντζος Δημήτριος, Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας
Κάργας Γεώργιος, Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κατέρης Δημήτριος, Δρ. Γεωπόνος
Κατσούλας Νικόλαος, Αν. Καθηγητής Π.Θ.
Καυγά Αγγελική, Επ. Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας
Κίττας Κωνσταντίνος, Καθηγητής Π.Θ.
Κυπαρρίσης Αρης, Αναπ. Καθηγητής Π.Θ.
Κωστοπούλου Σοφία, Αν. Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Λεβίζου Ευθυμία, Λέκτορας Π.Θ.
Μπαλαφούτης Αθανάσιος, Ερευνητής ΕΚΕΤΑ
Μπαρμπαγιάννης Νικόλαος, Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαρτζάνας Θωμάς, Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μπόχτης Διονύσιος, Διευθυντής ΙΒΟ ΕΚΕΤΑ
Μπριασούλης Δημήτριος, Ομοτ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Ξανθόπουλος Γεώργιος, Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαδάκης Γεώργιος, Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαϊωάννου Χρυσούλα, Αν. Καθηγήτρια Π.Θ.
Παυλάτου Βε Αθηνά, Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Σακελλαρίου –Μακραντωνάκη Μαρία, Καθηγήτρια Π.Θ.
Ταγαράκης Αριστοτέλης – Ερευνητής ΕΚΕΤΑ
Φουντάς Σπύρος, Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ευχαριστίες

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος εκφράζει τις θερμές της ευχαριστίες προς όλους τους συγγραφείς των εργασιών, τους κριτές, τα μέλη της Οργανωτικής και της Επιστημονικής Επιτροπής που αφιέρωσαν τον πολύτιμο χρόνο τους για να συμμετάσχουν και να βοηθήσουν στο συνέδριο και στους χορηγούς που με την οικονομική τους συνδρομή συνέβαλαν στην άρτια διοργάνωση και την επιτυχία του συνεδρίου. Τέλος, ευχαριστούμε ιδιαίτερα το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που ανέλαβε την συνδιοργάνωση του 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΓΜΕ ενισχύοντας σημαντικά την όλη προσπάθεια

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

GaschkA.	Δόλιας Γ.
Kitić G.	Δουγκά Γ.
Kostić M.	Δουλγέρης Χ
Ljubičić N.	Ελβανίδη Α.
SihagP.	Ευθυμίου Ε.
ΑγγελάκηΑ.	Ζαλίδης Γ.
Αγγελοπούλου Θ.	Ζαχαρόπουλος Ι.
Αλεξόπουλος Δ.	Ζιάκας Ν.
Αληφραγκή Μ.	Ζούντα Δ.
Αναγνώστης Α.	Καβαλάρης Χ.
Αναγνωστόπουλος Δ.	Καλαμαράς Σ.
Αναστασίου Ε.	Καλορίζος Β.
Ανέστης Β.	Καλφούντζος Δ.
Αντωνιάδης Β.	Καμίτσος Ε.
Αντωνόπουλος Β.	Κάντζου Ο.Δ.
Αντωνόπουλος Β.Α.	Καράλη Ι.
Αντωνόπουλος Β.Ζ.	Καραμανώλη Κ.Ι.
Αντωνόπουλος Ζ.Β.	Καραμούζης Δ.
Αποστολίδου Η.Γ.	Καραμούτης Χ.
Αρβανίτης Κ.	Καραμπατζάκης Η.
Αρβανίτης Χ.	Καραπαναγιωτίδης Ι.
Ασημινάρη Γ.	Καρατσιβου Ε.
Ασλανίδου Μ.	Καργάς Γ.
Ασχονίτης Β.	Καρπούζος Δ.
Βαξεβάνου Σ.	Κατέρης Δ.
Βαρλάγκας Τ.	Κατκαρίδης Δ.
Βασιλειάδης Γ.	Κατσούλας Ν.
Βατσανιδου Α.	Καυγά Α.
Βλόντζος Γ.	Καυσοσιδέρης Φ.
Βύρλας Π.	Κίττα Ε.
Γέμτος Θ.	Κίττας Κ.
Γεωργακάκης Κ.	Κόκκορα Μ.
Γεωργίου Π.	Κολοβός Δ.
Γεωργίου Π.Ε.	Κοτσιφάκη Β.
Γιακουμάκης Σ.	Κουϊμτζή Μ.
Γιαλαμάς Θ.	Κούκουζας Ν.
Γιαννούλης Α.	Κουκούλη Π.
Γιοβά Ε.	Κωνσταντάκος Σ.
Γκόλια Ε.	Κωστάκος Ε.
Γκούση Ν.	Κωστοπούλου Σ.
Γράβαλος Ι.	Κωτσόπουλος Θ.
Γριβάκης Κ.	Λακιώτης Κ.
Δάρρα Ν.	Λαμπρίδη Μ.
Δεμερτζή Κ.	Λεβίζου Ε.
Δημήρκου Α.	Λιούπης Μ.

Λόντρα Π.
Λυκοσκούφης Ι.
Μαμαλούδης Χρ.
Μαρκούση Μ.
Μαρτζοπούλου Α.
Μενεξές Ι.
Μετσοβίτη Ν.Μ.
Μητρογιάννης Δ.
Μπαζιώτης Ι.
Μπαλαφούτης Α.
Μπαμπάκος Κ.
Μπανιάς Γ.
Μπαρτζάνας Θ.
Μπόλης Ι.
Μπόχτης Δ.
Μπριασούλης Δ.
Μυρεσιώτης Χ.
Μυστριώτης Α.
Μωυσιάδης Β.
Ντότα Δ.Α.
Ντυκέν Μ.Ν.
Ξανθόπουλος Γ.
Οικονομίδης Α.
Ορφανουδάκης Μ.
Παλλές Δ.
Παναγάκης Π.
Πανγκά Δ.
Παπαγεωργίου Ε.
Παπαδόπουλος Α.
Παπαιωάνου Ι.
Παπαμιχαήλ Δ.
Παπαναστασίου Δ.Κ.
Παπαπολυμέρου Γ.

Πικάση Α.
Παυλάτου-Βε Α.
Ραχμανίδης Κ.
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ.
Σιμιτζής Π.
Σιούρας Α.
Σκούφος Ι.
Σούλης Κ.
Σπαθάρας Σ.
Σπύρου Χρ.
Σταμούλης Δ.
Σταφύλη Ε.
Στεφανίδης Ρουσέτος Μ.
Στεφανοπούλου Μ.
Ταγαράκης Α.
Ταγαράκης Α.Χ.
Τζανιδάκης Χ.
Τζιάκας Σ.
Τζιόλας Ν.
Τζόρα Α.
Τσικνίδης Μ.
Τσούλιας Ν.
Τσουμαλάκου Ε.
Φιδάρος Δ.
Φιρφιρής Β.
Φουντάς Σπ.
Χαλκίδης Η.
Χαρτοδιπλωμένου Μ.Α.
Χατζηνικολάου Μ.
Χισκάκης Μ.
Χρήστου Μ.
Ψηρούκης Β.
Ψυχογιού Μ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 2^η

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Κατέρης Δ.& Δ. Μπόχτης.....179

ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΔΕΙΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Αναγνωστόπουλος, Δ.Β., Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, & Θ.Α. Γέμτος.....190

ΕΝΟΤΗΤΑ 2^η

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΔΙΑΝΥΟΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

Δ. Κατέρης[✉] & Δ. Μπόχτης

Ινστιτούτο Βιο-οικονομίας και Αγρο-τεχνολογίας (iBO), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη ✉d.kateris@certh.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξιολόγηση και η πρόβλεψη του βαθμού απόδοσης των γεωργικών μηχανημάτων είναι ουσιαστικής σημασίας για τη διαχείριση των καλλιεργητικών εργασιών. Ο βαθμός απόδοσης επηρεάζεται τόσο από απρόβλεπτους (π.χ. μηχανικές βλάβες) όσο και από στοχαστικούς (π.χ. παραγωγή) παράγοντες, και κατά συνέπεια, επιλέγεται από ένα εύρος τιμών. Ωστόσο, οι τιμές αυτές περιορίζονται σημαντικά όταν πρέπει να ληφθεί μια απόφαση σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού για μια συγκεκριμένη καλλιεργητική εργασία. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται μια νέα προσέγγιση του βαθμού απόδοσης με βάση την διανυόμενη απόσταση εντός του χωραφιού. Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των χαρακτηριστικών της καλλιεργητικής εργασίας στον προτεινόμενο βαθμό απόδοσης σχεδιάστηκε ένας μεγάλος αριθμός (864) σεναρίων με μεταβλητές το σχήμα του χωραφιού, το μοτίβο κίνησης, την κατεύθυνση κίνησης, την ακτίνα καμπυλότητας των τροφών στα κεφάλαια και το πλάτος κατεργασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν διακύμανση του νέου βαθμού απόδοσης έως και 23%.

Λέξεις κλειδιά: διαχείριση καλλιεργητικών εργασιών, κάλυψη πεδίου, σχεδιασμός διαδρομών, παραγωγικότητα

DISTANCE-BASED FIELD EFFICIENCY

D. Kateris[✉] & D. Bochtis

Institute for Bio-economy and Agri-Technology (iBO), Centre for Research & Technology Hellas (CERTH), Thessaloniki ✉d.kateris@certh.gr

ABSTRACT

The evaluation and prediction of the agricultural machinery field efficiency is essential for agricultural operations management and affected by unpredictable (e.g. machine breakdowns) and stochastic (e.g. yield) factors, and thus, it is generally selected by a range of values. However, the field efficiency is of limited value when a decision has to be made on the selection of the appropriate machinery system for a specific operational set up. In this paper, a new approach of the distance-based field efficiency is presented. In order to show the degree of the dependence of the distance-based field efficiency on the operational features, a number of 864 scenarios derived from the consideration of different sample field shapes, conventional fieldwork patterns, driving directions, machine unit kinematics and implement widths. The results showed that variation of the new field efficiency is up to 23% in tested scenarios.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα σύστημα καλλιεργητικών εργασιών αποτελείται από απτές οντότητες (π.χ. το χωράφι), οντότητες υλοποίησης (π.χ.τα μηχανήματα) και λειτουργικά χαρακτηριστικά (π.χ.την κατεύθυνση κίνησης, το σύστημα εκτέλεσης της εργασίας στο χωράφι, κλπ.). Ο βαθμός απόδοσης των μηχανημάτων στο χωράφι είναι ένα μέγεθος που βασίζεται στο χρόνο και υπολογίζει την παραγωγικότητα ενός καλλιεργητικού συστήματος. Ορίζεται δε ως ο λόγος μεταξύ του ενεργού (παραγωγικού) χρόνου προς τον συνολικό χρόνο (παραγωγικός χρόνος + μη παραγωγικός χρόνος) που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μιας καλλιεργητικής εργασίας (Hunt, 2001). Στα μηπαραγωγικά στοιχεία του χρόνου συμπεριλαμβάνεται: ο χρόνος των στροφών,ηπροετοιμασία του μηχανήματος στο χωράφι, ησυντήρηση, οιπροσαρμογές, οιβλάβες και οιεπισκευές, ο χρόνος μεταφοράς στο χωράφι, ο χρόνος φόρτωσης / εκφόρτωσης στο χωράφι και οχρόνος αναμονής της κύριας μονάδας (μηχανή συγκομιδής) που περιμένει μια μονάδα εξυπηρέτησης (πλατφόρμα μεταφοράς).

Ένας μεγάλος αριθμός αυτών των παραμέτρων, όπως οι προετοιμασίες εντός του χωραφιού, οι προσαρμογές, οι βλάβες κ.λπ., είναι παράγοντες που δεν είναι προβλέψιμοι και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ικανότητες και την εμπειρία του χειριστή, τις τρέχουσες συνθήκες στο χωράφι και από παράγοντες που είναι ιδιαίτερα στοχαστικοί (π.χ. οι βλάβες). Αυτός είναι και ο λόγος που ο βαθμός απόδοσης επιλέγεται από ένα εύρος τιμών.

Οι τυπικές μέσες τιμές του βαθμού απόδοσης των καλλιεργητικών εργασιών κυμαίνονταν μεταξύ 50% και 90% (ASABE, 2011).Οι τιμές αυτές περιορίζονται σημαντικά όταν πρέπει να ληφθεί μια απόφαση σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης καλλιεργητικής εργασίας(π.χ. σύστημα εκτέλεσης της εργασίας στο χωράφι, κατεύθυνση κίνησης, πλάτος εργασίας, ευελιξία μηχανήματος και σχήμα χωραφιού).

Αρκετές επιστημονικές εργασίεςέχουν ασχοληθεί με την ανάπτυξη δεικτών για την εκτίμηση τηςαποδοτικότητα των καλλιεργητικών εργασιών στο χωράφι(Martelloni et al., 2019; Oksanen, 2013). Ωστόσο, λόγω της παραλλακτικότητας στο σχήμα και στο μέγεθος των χωραφιών, δεν υπάρχουν γενικοί δείκτες σχήματος για την εκτίμηση του βαθμού απόδοσης σε οποιονδήποτε τύπο χωραφιού μέχρι στιγμής. Για το λόγο αυτό απαιτείται μέτρηση του βαθμού απόδοσης προσαρμοσμένου στο συγκεκριμένο καλλιεργητικό σύστημα. Ο βαθμός απόδοσης συνδέεται άμεσα με την οικονομική απόδοση του καλλιεργητικού συστήματος (Busatoetal., 2008;Bochtisetal., 2010; Lampridietal., 2019).

Η διανυόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια μιας καλλιεργητικής εργασίας είναι συνάρτηση των προαναφερθέντων λειτουργικών προδιαγραφών, π.χ. του σχήματος του χωραφιού, του πλάτους εργασίας και της ευελιξίας των γεωργικών μηχανημάτων (Martelloni et al., 2019),του συστήματος εκτέλεσης της εργασίας εντός του χωραφιού, και της κατεύθυνσης κίνησης, πράγμα που σημαίνει ότι αν προσδιοριστούν ποσοτικά αυτές οι προδιαγραφές τότε είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η απόσταση κίνησης. Επιπλέον, η διανυθείσα απόσταση αποτελείται από την παραγωγικήκαι την μη παραγωγική διανυθείσα απόσταση (απόσταση των στροφών στο κεφαλάρι και διανυθείσα απόσταση κατά την είσοδο/έξοδο από το χωράφι).

Στην παρούσα εργασία προτείνεται ένας νέος πιο αντικειμενικόςτρόπος μέτρησης του βαθμού απόδοσης στο χωράφι με βάση την διανυόμενη απόσταση εντός του χωραφιού,Distance-based Field

Efficiency–DFE, σε συνάρτηση με καλά ποσοτικοποιημένες λειτουργικές προδιαγραφές. Για τον υπολογισμό του νέου βαθμού απόδοσης, αναπτύχθηκε ένα ειδικό εργαλείο που δημιουργεί μια συνεχή διαδρομή καλύπτοντας όλο το χωράφι προκειμένου να εκτιμηθεί η συνολική διανυθείσα απόσταση και τα διάφορα στοιχεία απόστασης (π.χ. στροφές) από τα οποία αποτελείται αυτή η διαδρομή κατηγοριοποιώντας αυτές τις διαδρομές σε παραγωγικές και μη παραγωγικές. Το εργαλείο αποτελείται από τρεις δομικές ενότητες: α) την ενότητα αναπαράστασης του χωραφιού, β) την ενότητα δημιουργίας των συνδέσμων και γ) την ενότητα δημιουργίας συνεχούς διαδρομής. Στην πρώτη ενότητα, όλα τα στοιχεία σταθερής απόστασης (διαδρομές εντός του χωραφιού, διαδρομές στα κεφαλάρια) αναγνωρίζονται λαμβάνοντας υπόψη το σχήμα του χωραφιού, το πλάτος εργασίας και την κατεύθυνση κίνησης, ενώ στη δεύτερη ενότητα, δημιουργούνται όλες οι συνδέσεις μεταξύ των σταθερών στοιχείων λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα ελιγμών του μηχανήματος. Τέλος στην τρίτη ενότητα δημιουργείται μια συνεχής διαδρομή βασισμένη σε ένα μη κατευθυνόμενο γράφημα που μετατράπηκε από την γεωμετρική αναπαράσταση του χωραφιού.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κάθε τυπική καλλιεργητική εργασία αποτελείται από τα παραγωγικά (π.χ. άροση) και τα μη παραγωγικά μέρη (π.χ. στροφές). Όσον αφορά την περιοχή που καλύπτεται, αυτή μπορεί να διακριθεί σε δυο τμήματα, στην περιοχή στα κεφαλάρια και στην περιοχή του κυρίως τμήματος του χωραφιού. Κάθε μια από αυτές τις περιοχές καλύπτεται από μια σειρά από διαδρομές που ονομάζονται περάσματα στα κεφαλάρια ή διαδρομές εντός του κυρίως τμήματος του χωραφιού, αντίστοιχα. Επιπλέον, η περιοχή που καλύπτεται από το παρελκόμενο και διασχίζει ένα ευθύγραμμο τμήμα ενός του χωραφιού καλείται "σειρά".

Για να καλυφθεί ολόκληρη η επιφάνεια του χωραφιού θα πρέπει να δημιουργηθεί μια συνεχής διαδρομή που να ξεκινάει από το σημείο εισόδου στο χωράφι, να διασχίζει τα περάσματα στα κεφαλάρια και τις διαδρομές εντός του κυρίως τμήματος του χωραφιού (η σειρά αυτών των δύο εξαρτάται από την καλλιεργητική εργασία) και να τελειώνει ξανά στο σημείο εισόδου στο χωράφι. Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται υλοποιείται σε τρία βήματα προκειμένου να δημιουργηθεί μια τέτοια συνεχή πορεία:

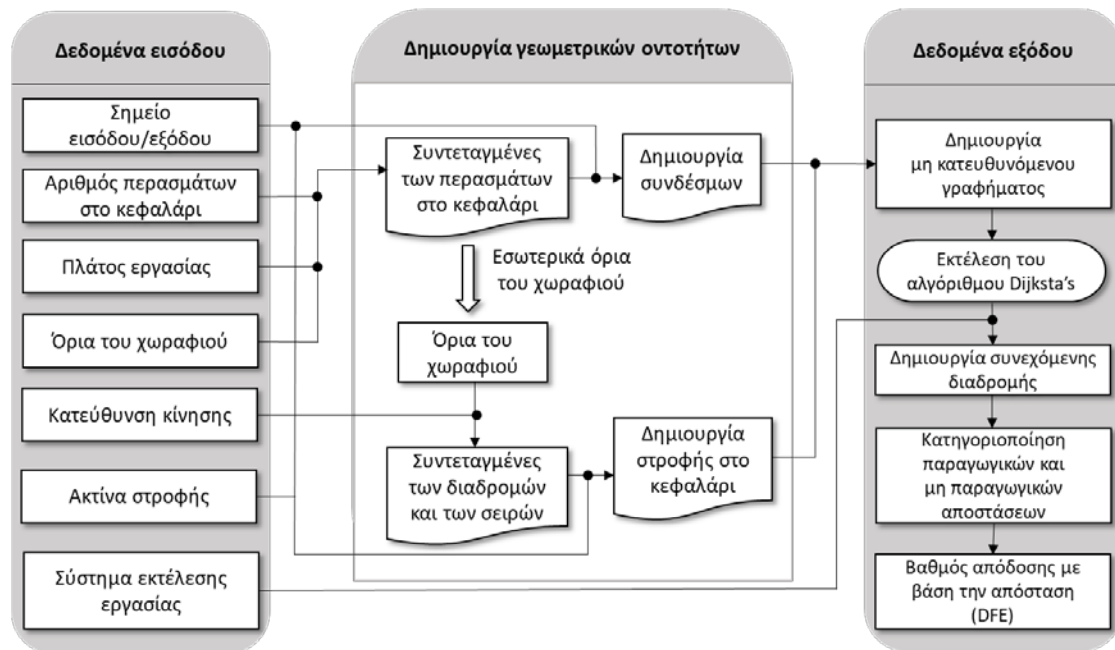
1. Δημιουργία των σταθερών οντοτήτων. Αυτό το βήμα περιλαμβάνει την δημιουργία των περασμάτων στα κεφαλάρια και των διαδρομών εντός του κυρίως τμήματος του χωραφιού.
2. Δημιουργία των συνδέσμων. Δημιουργία τεσσάρων τύπων συνδέσμων που συνδέουν τις σταθερές οντότητες.
3. Δημιουργία συνεχούς διαδρομής για κάλυψη του χωραφιού. Διαμόρφωση του προβλήματος κάλυψης του χωραφιού ως πρόβλημα διέλευσης ενός μη προσανατολισμένου σταθμισμένου γραφήματος.

Η μέθοδος σχεδιασμού περιλαμβάνει τις ακόλουθες παραμέτρους εισόδου:

- Τις συντεταγμένες των πλευρών του πολυγώνου που αντιπροσωπεύουν τα όρια του χωραφιού(B).
- Το πραγματικό πλάτος εργασίας του μηχανήματος(w).

- Τη γωνία κίνησης(θ), η οποία καθορίζει την κατεύθυνση των διαδρομών (σε σχέση με τον άξονα UTM-Easting).
- Τον αριθμό των περασμάτων στα κεφαλάρια(h).
- Την ελάχιστη ακτίνα στροφής του οχήματος(r).
- Τις συντεταγμένες του σημείου εισόδου-εξόδου των μηχανημάτων στο χωράφι(E).
- Το σύστημα εκτέλεσης της εργασίας στο χωράφι(F), το οποίο καθορίζει την αλληλουχία των διαδρομών.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται γραφικά η δομή του εργαλείου (Σχήμα 1).



Σχήμα 1.Γραφική περιγραφή του αναπτυσσόμενου εργαλείου.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία περιλαμβάνει τους ακόλουθους περιορισμούς:

- 1) Δεν υποστηρίζει δημιουργία διαδρομών για χωράφια με εμπόδια.
- 2) Η μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε καλλιεργητικές εργασίες στις οποίες δεν γίνεται συλλογή υλικού, όπως π.χ. η άροση κ.α.

2.1. Δημιουργία συνεχούς διαδρομής

2.1.1. Σταθερές οντότητες

Τα περάσματα στα κεφαλάρια, οι διαδρομές εντός του χωραφιού και οι σειρές αναφέρονται ως σταθερές οντότητες (Σχήμα 2α). Αυτές οι σταθερές οντότητες αναλύονται ως εξής:

- **Πέρασμα στο κεφαλάρι (H):** Πρόκειται για ομόκεντρη διαδρομή που καλύπτει την περιοχή του κεφαλαριού, έχει το ίδιο πλάτος με το πλάτος εργασίας (w) του παρελκόμενου, και αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών δεξιόστροφα διατεταγμένων σημείων. Το εσωτερικό όριο μεταξύ της περιοχής του κεφαλαριού και του χώρου εργασίας δημιουργείται σε απόσταση μισού πλάτους εργασίας ($w/2$) από τα τελευταία περάσματα στο κεφαλάρι, η περιοχή που περικλείεται από το

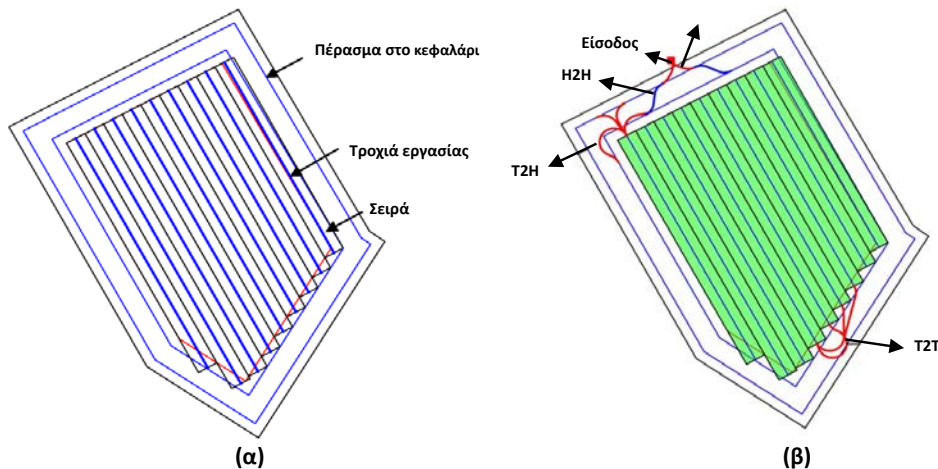
εσωτερικό όριο υποδηλώνει την περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η καλλιεργητική εργασία.

- **Σειρά (R):** Η περιοχή στην οποία πραγματοποιείται η καλλιεργητική εργασία καλύπτεται από παράλληλες σειρές που διαχωρίζουν την περιοχή. Το πλάτος κάθε σειράς ισούται με το πλάτος εργασίας του μηχανήματος.
- **Διαδρομή εργασίας (T):** Η διαδρομή αυτή ορίζεται από δύο τελικά σημεία, είναι η κεντρική γραμμή μιας σειράς, και χρησιμοποιείται ως γραμμή καθοδήγησης του μηχανήματος για να καλύψει την κάθε σειρά.

2.1.2. Δημιουργία συνδέσμων

Οι σύνδεσμοι (Σχήμα 2β) είναι καμπύλες διαδρομές που συνδέουν το σημείο εισόδου-εξόδου στο χωράφι, τις διαδρομές στο χωράφι και τα περάσματα στα κεφαλάρια. Οι σύνδεσμοι δημιουργούνται τόσο κατά τη φορά όσο και αντίθετα με τη φορά του ρολογιού. Οι διάφοροι τύποι συνδέσμων είναι:

1. Σύνδεσμος **Gate-to-Headland (G2H)**: Πρόκειται για μια διαδρομή σύνδεσης μεταξύ του σημείου εισόδου στο χωράφι και της πρώτης διαδρομής στο κεφαλάρι.
2. Σύνδεσμος **Headland-to-Headland (H2H)**: Πρόκειται για μια διαδρομή σύνδεσης μεταξύ δύο γειτονικών διαδρομών στο κεφαλάρι.
3. Σύνδεσμος **Track-to-Headland (T2H)**: Πρόκειται για μια διαδρομή σύνδεσης μεταξύ του τέλους της διαδρομής εντός του χωραφιού και της διαδρομής στο κεφαλάρι και αντίστροφα.
4. Σύνδεσμος **Track-to-Track (T2T)**: Πρόκειται για μια διαδρομή σύνδεσης μεταξύ δύο τελικών σημείων δυο διαδρομών εντός του χωραφιού.
- 5.



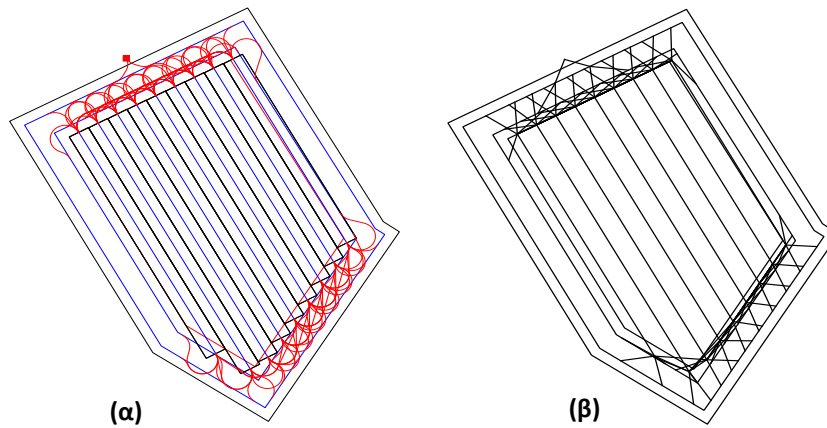
Σχήμα 2. Ενδεικτικό παράδειγμα (α) των σταθερών οντοτήτων και (β) των τεσσάρων τύπων συνδέσμων.

2.1.3. Δημιουργία συνεχόμενης διαδρομής

Με τις προαναφερθείσες σταθερές οντότητες και τους συνδέσμους, μπορεί να δημιουργηθεί μια συνεχόμενη διαδρομή η οποία να καλύπτει ολόκληρο το χωράφι σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο σύστημα εκτέλεσης εργασίας (Σχήμα 3α). Στη συνέχεια, το πρόβλημα της δημιουργίας μιας διαδρομής για την κάλυψη του χωραφιού είναι ισοδύναμο με το πρόβλημα της διέλευσης του μη κατευθυνόμενου, σταθμισμένου γραφήματος (Σχήμα 3β), $G = (V, E)$, όπου, $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$, $n \in Z$, είναι το σύνολο των κορυφών που αποτελείται από όλα τα τελικά σημεία των σταθερών

οντοτήτων και των συνδέσμων, με v_0 να αντιπροσωπεύει το σημείο εισόδου-εξόδου στο χωράφι, και $E = \{e = \{v_i, v_j\}, \dots\}, v_i, v_j \in V$, να είναι το σύνολο των τοπολογικών πλευρών που αντιπροσωπεύουν τις σταθερές οντότητες και τους συνδέσμους. Κάθε πλευρά $e = \{v_i, v_j\}, i \neq j$ χαρακτηρίζεται από τον τύπο $g \in \{G2H, H2H, T2H, T2H, H, T\}$, και το μήκος της που ισούται με το πραγματικό μήκος της αντίστοιχης πλευράς των σταθερών οντοτήτων ή των συνδέσμων. Στο μη κατευθυνόμενο γράφημα, όλες οι πλευρές μπορούν να διανυθούν και από τις δύο κατευθύνσεις με τη μορφή ακολουθίας $[s, t]$ όταν $m = 1$ ή $[t, s]$ όταν $m = -1$.

Ολόκληρη η συνεχής διαδρομή για την κάλυψη του χωραφιού αποτελείται από τέσσερις υποδιαδρομές: α) την διαδρομή που συνδέει την είσοδο-έξοδο στο χωράφι με το εξωτερικό πέρασμα στο κεφαλάρι, β) την διαδρομή (P_H) όπου συνδέει όλα τα περάσματα στο κεφαλάρι $H_{i=\{1, \dots, h\}}$ σαν μία διαδρομή η οποία ξεκινά από το σημείο εισόδου-εξόδου στο χωράφι, γ) την διαδρομή εντός του χωραφιού (P_T) που συνδέουν τις διατεταγμένες διαδρομές εργασίας εντός του χωραφιού και δ) τη διαδρομή εξόδου από το χωράφι (P_B) για το όχημα που εξέρχεται από το τελευταίο κομμάτι p όταν ολοκληρωθεί η καλλιεργητική εργασία.



Σχήμα 3. Οι σταθερές οντότητες και όλοι οι σύνδεσμοι (α) μετατρέπονται σε μη κατευθυνόμενο γράφημα (β).

2.1.4. Βαθμός απόδοσης με βάση την απόσταση (DFE)

Προκειμένου να προσδιοριστεί η αποδοτικότητα του συστήματος ελκυστήρας-παρελκόμενο ή αυτοκινούμενο μηχάνημα, ο βαθμός απόδοσης με βάση την διανυόμενη απόσταση καθορίζεται ως συνάρτηση του σχήματος του χωραφιού, των χαρακτηριστικών του μηχανήματος, του πλάτους εργασίας και του συστήματος εκτέλεσης των εργασιών στο χωράφι, $DFE: \rightarrow DFE(B, w, u, h, r, E, F)$, και εκφράζεται ως:

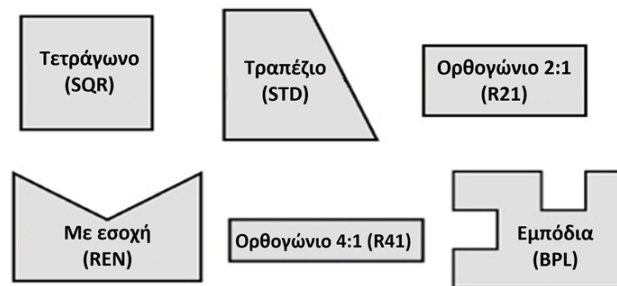
$$DFE = \frac{\sum_{i=1}^h d(H_i) + \sum_{i=1}^n d(T_i)}{d(p)} (1)$$

όπου $\sum_{i=1}^h d(H_i)$, $\sum_{i=1}^n d(T_i)$ είναι το συνολικό πραγματικό μήκος των περασμάτων στα κεφαλάρια και των διαδρομών αντίστοιχα, ενώ $d(p)$ είναι το συνολικό μήκος της συνεχόμενης διαδρομής.

2.2. Σενάρια χωραφιών με διαφορετικό σχήμα

Προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο εξαρτάται ο βαθμός απόδοσης από τα λειτουργικά χαρακτηριστικά, σχεδιάστηκε ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών σεναρίων. Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκαν 864 σενάρια τα οποία προέκυψαν από τον συνδυασμό έξι χωραφιών διαφορετικού σχήματος, τριών συμβατικών συστημάτων εκτέλεσης καλλιεργητικών εργασιών, τεσσάρων κατευθύνσεων κίνησης και δώδεκα συνδυασμών ακτίνας στροφής του μηχανήματος στα κεφαλάρια και πλάτους εργασίας. Οιεπιλεγμένες τιμές των παραμέτρων εισόδου ορίστηκαν ως:

- 1) Σχήμα του χωραφιού. Επιλέχθηκαν έξι διαφορετικά πρότυπα χωραφιών διαφορετικού σχήματος (Σχήμα 4) ίδιας επιφάνειας (10ha). Τα σχήματα αυτά αντιπροσωπεύουν τυπικά χωράφια και έχουν χρησιμοποιηθεί σε εργασίες διαχείρισης αγροτικού εξοπλισμού (Bochtisetal., 2013).
- 2) Σύστημα μηχανημάτων: Επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι μηχανημάτων με διαφορετικά παρελκόμενα όσον αφορά τα μεγέθη και την ευελιξία (ελάχιστη ακτίνα στροφής). Συγκεκριμένα, επελέγη ένα μεγάλης κλίμακας μηχάνημα με ελάχιστη ακτίνα στροφής 6 m, ένα μεσαίου μεγέθους με ελάχιστη ακτίνα στροφής 4,5 m και ένα μικρού μεγέθους με ελάχιστη ακτίνα στροφής 3 m. Το πλάτος εργασίας των επιλεγμένων παρελκόμενων κυμάνθηκε από 3 έως 12 μέτρα. Οι συγκεκριμένες τιμές για τα μηχανήματα και τα παρελκόμενα (Πίνακας 1) επιλέχθηκαν λόγω του ότι αποτελούν τυπικές διαμορφώσεις που έχουν εφαρμοσθεί στο χωράφι (Bochtisetal., 2013).



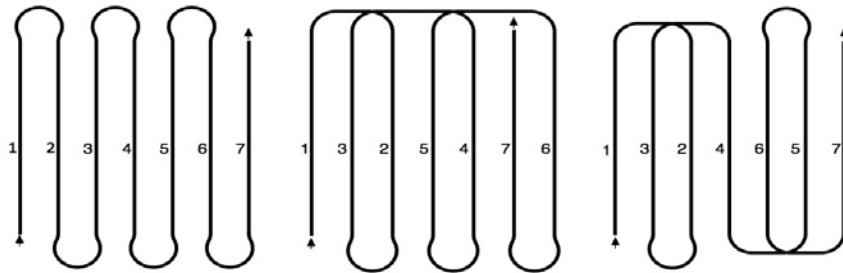
Σχήμα 4. Τα έξι διαφορετικού σχήματος χωράφια που επιλέχθηκαν ως πεδία δοκιμών.

Πίνακας 1. Παράμετροι που σχετίζονται με το μηχάνημα και το παρελκόμενο.

Ελάχιστη ακτίνα στροφής r (m)	Πλάτος εργασίας w (m)					
Μεγάλου μεγέθους παρελκόμενο	6,0	4,5	7,5	9,0	10,5	12,0
Μεσαίου μεγέθους παρελκόμενο	4,5	4,5	6,0	7,5	9,0	-
Μικρού μεγέθους παρελκόμενο	3,0	3,0	4,5	6,0	-	-

γ) Σύστημα εκτέλεσης εργασίας: Επιλέχθηκαν τρία διαφορετικά, ευρέως καθιερωμένα, συστήματα εκτέλεσης εργασίας (Σχήμα 5) για την αξιολόγηση του νέου βαθμού απόδοσης. Κάθε σύστημα εκτέλεσης εργασίας παρουσιάστηκε μαθηματικά με τη συνάρτηση διέλευσης, η οποία παράγει την αλληλουχία των διελεύσεων των διαδρομών εντός του χωραφιού. Οι συγκεκριμένες συναρτήσεις διέλευσης των τριών συστημάτων εκτέλεσης εργασίας παρουσιάστηκαν από τους Bochtis et al. (2013).

δ) Κατεύθυνση κίνησης: Επιλέχθηκαν τέσσερις κατευθύνσεις κίνησης ($\theta = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$).



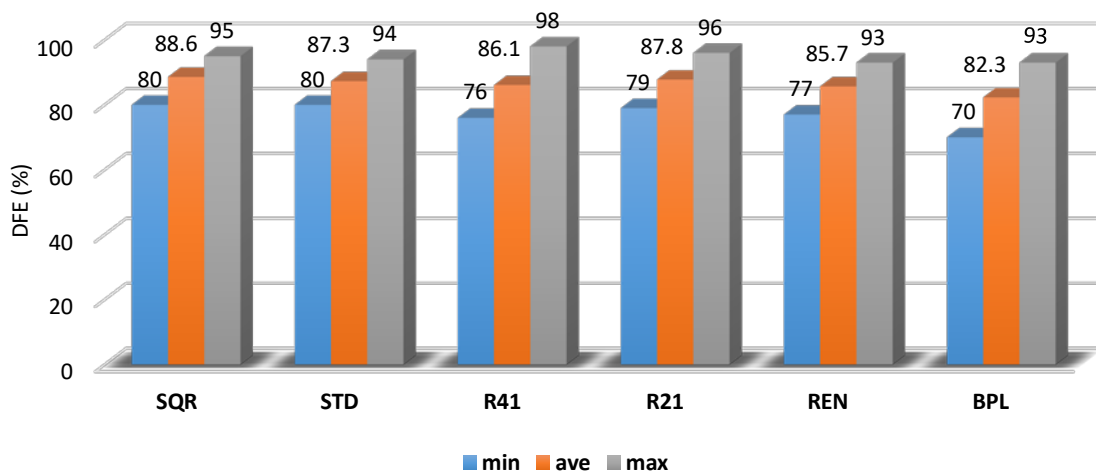
(α) AB –σύστημα εκτέλεσης (β)SF - σύστημα εκτέλεσης (γ)BL - σύστημα εκτέλεσης

Σχήμα 5. Τα τρία συμβατικά συστήματα εκτέλεσης εργασιών που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επίδραση του σχήματος του χωραφιού στον βαθμό απόδοσης (DEF)

Στο Σχήμα παρουσιάζονται οι ελάχιστες, οι μέσες και οι μέγιστες τιμές του νέου βαθμού απόδοσης για όλα τα σενάρια σε κάθε σχήμα χωραφιού (Σχήμα 4). Όπως αναμενόταν, τα “περίεργα” σχήματα, όπως το REN και το BPL, χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες μέσες τιμές του βαθμού απόδοσης σε σύγκριση με πιο “κανονικά” σχήματα, δηλαδή το SQR, STD, R21 και R41. Επίσης, διαπιστώθηκαν σημαντικές μεταβολές στη μέση τιμή του βαθμού απόδοσης οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το σχήμα του χωραφιού. Τα ίδια ευρήματα προκύπτουν και σε άλλες μελέτες (Oksanen, 2013; Zhou et al., 2015). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα σενάρια στα οποία ο βαθμός απόδοσης λαμβάνει τις ελάχιστες και τις μέγιστες τιμές για κάθε διαφορετικό σχήμα χωραφιού. Διαπιστώθηκε ότι ο βαθμός απόδοσης διέφερε σημαντικά στο ίδιο σχήμα χωραφιού όταν χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές παράμετροι δοκιμών. Η διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής του βαθμού απόδοσης στο ίδιο σχήμα χωραφιού κυμάνθηκε μεταξύ 15% (στην περίπτωση του σχήματος SQR) και 23% (στην περίπτωση του σχήματος BPL).



Σχήμα 6. Οι ελάχιστες (min), μέσες (ave) και μέγιστες (max) τιμές του DFE για κάθε σχήμα χωραφιού.

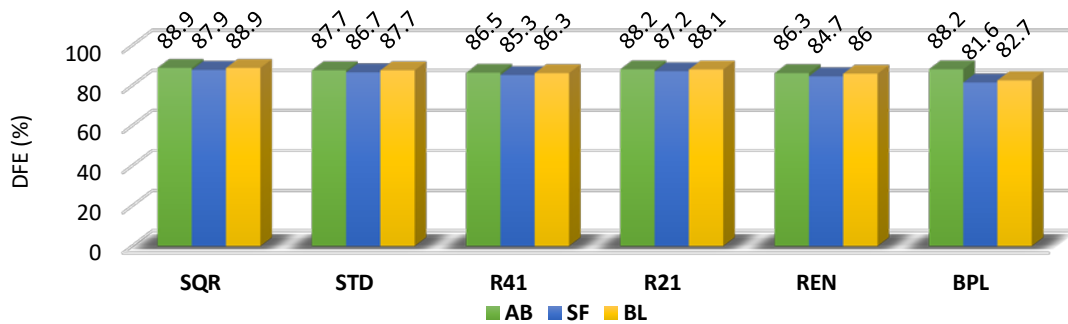
Πίνακας2. Σενάρια στα οποία καταγράφηκαν οι ελάχιστες και οι μέγιστες τιμές του νέου βαθμού απόδοσης με βάση την διανυόμενη απόσταση σε κάθε χωράφι.

Σχήμα του χωραφιού	Σενάριο με τις μικρότερες τιμές DFE	Σενάριο με τις μεγαλύτερες τιμές DFE
SQR	p= SF; w= 12,0; r= 6,0; d= 30°	p= BL; w= 4,5; r= 3,0; d= 0°
STD	p= SF; w= 12,0; r= 6,0; d= 30°	p= BL; w= 3,0; r= 3,0; d= 0°
R41	p= AB; w= 4,5; r= 6,0; d= 30°	p= AB; w= 6,0; r= 3,0; d= 90°
R21	p= SF; w= 12,0; r= 6,0; d= 30°	p= AB; w= 4,5; r= 3,0; d= 90°
REN	p= SF; w= 12,0; r= 6,0; d= 30°	p= BL; w= 3,0; r= 3,0; d= 0°

p: σύστημα εκτέλεσης καλλιεργητικής εργασίας; **w:** πλάτος εργασίας; **r:** ακτίνα καμπυλότητας των στροφών; **d:** διεύθυνση κίνησης

3.2 Επίδραση του συστήματος εκτέλεσης εργασίας στον βαθμό απόδοσης (DEF)

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το σύστημα εκτέλεσης των εργασιών είναι αυτό που καθορίζει την ακολουθία των διελεύσεων εντός του χωραφιού, προσδιορίζοντας τη συνολική μη παραγωγική απόσταση των στροφών στην περιοχή των κεφαλαριών. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται πόσο αποτελεσματική είναι η καλλιεργητική εργασία όσον αφορά την απόσταση που καλύπτεται. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η ανωτερότητα των συστημάτων AB και BL έναντι του SF συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των DFE που προέκυψαν κατά περίπτωση.

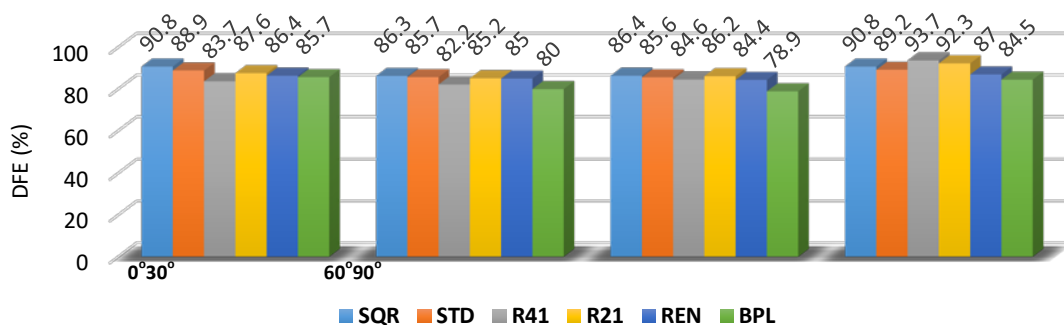


Σχήμα 7. Μέσες τιμές του DFE για τα τρία επιλεγμένα συστήματα εκτέλεσης εργασίας στο χωράφι (AB, SF και BL) για κάθε σχήμα χωραφιού.

Επομένως, η επιλογή ενός κατάλληλου συστήματος εκτέλεσης εργασίας για ένα συγκεκριμένο σχήμα χωραφιού μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την απόδοση του μηχανήματος. Για παράδειγμα, στο χωράφι BPL, ο μέσος όρος του DFE για το σύστημα εκτέλεσης εργασίας SF ήταν 7,6% υψηλότερος από τον αντίστοιχο για το σύστημα εκτέλεσης εργασίας AB. Το γεγονός αυτό έχει ήδη διαπιστωθεί και από άλλους ερευνητές. Για παράδειγμα, οι Zhou et al., (2015a) απέδειξαν ότι η βελτίωση του βαθμού απόδοσης στο χωράφι μπορεί να είναι έως και 7% υιοθετώντας ένα κατάλληλο σύστημα εκτέλεσης εργασίας.

3.3 Επίδραση της κατεύθυνσης οδήγησης στον βαθμό απόδοσης (DEF)

Η κατεύθυνση οδήγησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό του αριθμού των διαδρομών και του μήκους τους, επηρεάζοντας την τιμή του βαθμού απόδοσης. Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 8, η κατεύθυνση κίνησης των 90° απέδωσε τον υψηλότερο μέσο όρο DFE σε σχέση με τις άλλες κατευθύνσεις. Ακόμη και στην περίπτωση που το σχήμα του χωραφιού ήταν ίδιο, ο DFE διέφερε ουσιαστικά όταν χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές κατευθύνσεις.



Σχήμα 8. Μέσες τιμές του DFE για κάθε σχήμα χωραφιού και κάθε κατεύθυνση κίνησης.

Για παράδειγμα, η διαφορά του μέσου όρου του DEF ήταν περίπου έως και 10% όταν συγκρίνονται οι κατευθύνσεις κίνησης 0° και 90° στο χωράφι R41. Περισσότερες διαδρομές απαιτούν περισσότερες στροφές για να καλύφθει η ίδια επιφάνεια χωραφιού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη τιμή DEF. Λαμβάνοντας ως παράδειγμα το χωράφι R41, η κατεύθυνση κίνησης 0° παράγει 158 περισσότερες διαδρομές σε σχέση με την κατεύθυνση κίνησης 90° όταν το πλάτος εργασίας είναι 3 m.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένας νέος τρόπος υπολογισμού του βαθμού απόδοσης των καλλιεργητικών εργασιών με βάση την διανυόμενη απόσταση (DEF). Ο βαθμός απόδοσης αυτός παρέχει έναν πιο αντικειμενικό τρόπο μέτρησης της αποδοτικότητας των γεωργικών μηχανημάτων, δεδομένου ότι είναι συνάρτηση ντετερμινιστικών χαρακτηριστικών συμπεριλαμβανομένης της επιφάνειας και του σχήματος του χωραφιού, του πλάτους εργασίας, της ακτίνας στροφής στα κεφάλαια, της κατεύθυνσης κίνησης και του συστήματος εκτέλεσης της εργασίας.

Σχεδιάστηκε ένα μεγάλος αριθμός σεναρίων βασισμένα στην αλληλοεπίδραση των προηγούμενων χαρακτηριστικών, προκειμένου να διερευνηθεί η ευαισθησία του νέου βαθμού απόδοσης στα χαρακτηριστικά αυτά. Οι τιμές του νέου βαθμού απόδοσης κυμάνθηκαν μεταξύ 70% και 98%. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή των προς εξέταση χαρακτηριστικών των μηχανημάτων παρέχει αντιπροσωπευτικό εύρος όσον αφορά το πλάτος εργασίας των παρελκομένων (4,5 έως 12m) και το μέγεθος των ελκυστήρων (ελάχιστη ακτίνα στροφής μεταξύ 3 και 6m). Επίσης, επιλέχθηκαν τα πιο συνηθισμένα συστήματα εκτέλεσης εργασιών. Η μέση τιμή του νέου βαθμού απόδοσης υπολογίστηκε βάσει του συνόλου των λογικών συνδυασμών μεταξύ αυτών των δύο χαρακτηριστικών των μηχανημάτων. Για το λόγο αυτό, ο συγκεκριμένος μέσος όρος μπορεί να παρέχει ένα αντιπροσωπευτικό δείκτη για ένα συγκεκριμένο χωράφι αντιπροσωπεύοντας τη λειτουργικότητά του συναρτήσει του σχήματος και της συνολικής επιφάνειας του χωραφιού.

Αυτή η πρώτη προσέγγιση προσδιορισμού και εκτίμησης του DEF παρουσιάζει και ορισμένους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, οι περιορισμοί αυτοί επικεντρώνονται στη δημιουργία των διαδρομών σε χωράφια με εμπόδια και με ανομοιόμορφο έδαφος καθώς επίσης και σε καλλιεργητικές εργασίες που περιλαμβάνουν συλλογή υλικού. Αν και υπάρχουν μέθοδοι για την δημιουργία τέτοιων διαδρομών (χωράφι με εμπόδια (Zhouetal. (2014), τρισδιάστατος σχεδιασμός διαδρομής (Hameedetal., 2016), εργασίες με συλλογή υλικού (Jensenetal., 2015)), εμπεριέχουν διαδικασίες βελτιστοποίησης με αποτέλεσμα οι παραγόμενες διαδρομές να είναι σχεδόν βέλτιστες λύσεις επηρεάζοντας με τον τρόπο αυτό την αντικειμενικότητα της εκτίμησης του βαθμού απόδοσης. Με άλλα λόγια, η τιμή της εκτιμώμενης DEF θα εξαρτάται από τη μεθοδολογία που θα επιλεγεί.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Society of Agricultural and Biological Engineers ASAE D497.7 MAR2011, 2011.*Agricultural Machinery Management Data. Test*, 9.
- Bochtis, D.D., Sørensen, C.G., Busato, P., Berruto, R., 2013.*Benefits from optimal route planning based on B-patterns*. Biosystems Engineering, 115, 389–395.
- Bochtis, D.D., Sørensen, C.G., Busato, P., Hameed, I.A., Rodias, E., Green, O., Papadakis, G., 2010.*Tramline establishment in controlled traffic farming based on operational machinery cost*. Biosystems Engineering, 107 (3), 221-231.
- Busato, P., Berruto, R., Saunders, C., 2008.*Logistics and efficiency of grain harvest and transport systems in a south australian context*. In American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2008, ASABE 2008; American Society of Agricultural and Biological Engineers, 9, 5336–5347.
- Hameed, I.A., la Cour-Harbo, A., Osen, O.L., 2016. *Side-to-side 3D coverage path planning approach for agricultural robots to minimize skip/overlap areas between swaths*. Robotics and Autonomous Systems, 76, 36–45.
- Hunt, D., 2001.*Farm power and machinery management*. In; IOWA University Press, Vol. I, 77–93.
- Jensen, M.F., Bochtis, D., Sørensen, C.G., 2015. *Coverage planning for capacitated field operations, part II: Optimisation*. Biosystems Engineering, 139, 149–164.
- Lampridi, M.G., Kateris, D., Vasileiadis, G., Marinoudi, V., Pearson, S., Sørensen, C.G., Balafoutis, A., Bochtis, D., 2019.*A Case-Based Economic Assessment of Robotics Employment in Precision Arable Farming*. Agronomy, 9, 175.
- Martelloni, L., Fontanelli, M., Pieri, S., Frascioni, C., Caturegli, L., Gaetani, M., Grossi, N., Magni, S., Pirchio, M., Raffaelli, M., Volterrani, M., Peruzzi, A., 2019.*Assessment of the Cutting Performance of a Robot Mower Using Custom Built Software*. Agronomy, 9, 230.
- Oksanen, T., 2013.*Shape-describing indices for agricultural field plots and their relationship to operational efficiency*. Computers and Electronics in Agriculture, 98, 252–259.
- Zhou, K., Leck Jensen, A., Bochtis, D.D., Sørensen, C.G., 2015.*Simulation model for the sequential in-field machinery operations in a potato production system*. Computers and Electronics in Agriculture, 116, 173-186.
- Zhou, K., Leck Jensen, A., Sørensen, C.G., Busato, P., Bothtis, D.D., 2014.*Agricultural operations planning in fields with multiple obstacle areas*. Computers and Electronics in Agriculture, 109, 12–22.

ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΑ ΑΕΙΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Δ.Β. Αναγνωστόπουλος ✉, **Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, & Θ.Α. Γέμτος**

Παν. Θεσσαλίας, Τμήμα Φυτ. Παραγωγής και Αγρ. Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, Ν. Ιωνία.

✉dvanagnosto@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η αντίληψη παραγωγών γύρω από θέματα Αειφορικών Καλλιεργητικών Συστημάτων (ΑΚΣ) όπως η Κατεργασία Διατήρησης των Εδαφών (ΓΔτΕ) και η Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ). Πραγματοποιήθηκε έρευνα πεδίου με χρήση ερωτηματολογίου σε 215 αγρότες της Ελληνικής επικράτειας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ποσοστό υιοθέτησης των ΓΔτΕ και της ΓΑ είναι χαμηλά παρόλο που οι αγρότες διαβλέπουν τα πλεονεκτήματα των δύο συστημάτων. Η εφαρμογή ΓΑ είναι υψηλότερη σε σχέση με προηγούμενες έρευνες λόγω της νεαρής ηλικίας του δείγματος. Τα κύρια εμπόδια και στις δυο περιπτώσεις είναι το υψηλό κόστος των επενδύσεων, ο μικρός κλήρος, η έλλειψη γνώσεων, η απουσία συλλογικών σχημάτων και ειδικά για την ΓΔτΕ, οι δυσκολίες της σποράς κάτω από τις ιδιαίτερες συνθήκες της σποροκλινής. Παρόλα αυτά οι παραγωγοί έχουν την διάθεση να επιμορφωθούν και να εφαρμόσουν τα συστήματα (κυρίως της ΓΑ) αν τους δοθούν τα απαραίτητα κίνητρα και χρηματοδοτικά εργαλεία.

Λέξεις κλειδιά: *Γεωργία Διατήρησης Εδαφών; Αειφορία; Κατεργασία; Ακαλλιέργεια; Γεωργία ακριβείας; Υιοθέτηση*

FIELD OF RESEARCH ABOUT CONSERVATION TILLAGE AND PRECISION AGRICULTURE

D.V. Anagnostopoulos ✉, **C. Cavalaris, C. Karamoutis, T.A. Gemtos**

University of Thessaly, Department of Crop Production and Rural Environment,

Fytoko street, N. Ionia.

✉dvanagnosto@yahoo.gr

ABSTRACT

In this paper the perception of farmers about issues of Conservation Agriculture (CA) and Precision Agriculture (PA) are examined. A field research was carried out at 215 Greek farmers. The results showed that the rates of adoption of CA and PA in Greece are low, although farmers perceive the advantages of both. Nevertheless, the adoption of PA is higher than previous surveys have shown mainly due to the young age of the farmers on the present survey. The main drawbacks in both cases are the high cost of investment, the small size properties, the lack of knowledge, the absence of collective schemes and -in particular for CA- the difficulties of sowing. Producers however are willing to be trained and to implement the systems (mainly PA) if they are given the necessary financial incentives.

Keywords: *Conservation Agriculture, Sustainable; Tillage; No-tillage; Precision agriculture; Adoption*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υψηλό κόστος παραγωγής αποτελεί ένα από τα καίρια προβλήματα για τη βιωσιμότητα του αγροτικού τομέα στην Ελλάδα. Μια από τις παραμέτρους που συμβάλουν είναι το κόστος χρήσης του γεωργικού εξοπλισμού που προκύπτει από την εσφαλμένη διαχείρισή του (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2013). Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχει ένας απαρχαιωμένος στόλος γεωργικών ελκυστήρων και μηχανημάτων με υψηλότερο κόστος λειτουργίας εξαιτίας των υψηλών δαπανών για συντήρηση και επισκευές, της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου και της περιορισμένης αποδοτικότητας της εργασίας. Επιπλέον, η υψηλή απόσβεση του κεφαλαίου εξαιτίας της χρήσης των μηχανημάτων ως επί το πλείστον σε μικρές γεωργικές εκμεταλλεύσεις, επιδεινώνει ακόμη περισσότερο τη κατάσταση.

Η εισαγωγή καινοτόμων Αειφορικών Καλλιεργητικών Συστημάτων - ΑΚΣ όπως η Γεωργία Διατήρησης των Εδαφών - ΓΔτΕ (Conservation Agriculture) και η Γεωργία Ακριβείας - ΓΑ (Precision Agriculture) δίνουν σήμερα μια ευκαιρία στους έλληνες παραγωγούς να ανανεώσουν τον γεωργικό τους εξοπλισμό και να καταστήσουν αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη τη λειτουργία της αγροτικής τους εκμετάλλευσης. Η ΓΔτΕ χρησιμοποιώντας τεχνικές απ'ευθείας σποράς οι οποίες συχνά αναφέρονται ως ακατεργασία του εδάφους ή ακαλλιέργεια, προσφέρει αποδεδειγμένα μειωμένο κόστος παραγωγής σε σχέση τις παραδοσιακές μεθόδους προετοιμασίας του εδάφους (Ozpinar and Ozpinar, 2011, Sanchez-Giro et al., 2004). Υπάρχουν ωστόσο ορισμένες δυσκολίες που επιβραδύνουν την ευρεία υιοθέτησή της όπως: α) προβλήματα συμπίεσης στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους (Sessiz et al., 2008, Lopez-Garrido et al., 2014) β) το υψηλό κόστος αγοράς του κατάλληλου εξοπλισμού για τη σπορά και γ) ο έλεγχος των ζιζανίων (Hernanz et al., 1995). Όσον αφορά την ΓΑ τα πλεονεκτήματα υιοθέτησης έχουν να κάνουν κυρίως με την αύξηση της παραγωγικότητας, την μείωση των εισροών, την εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος και την προστασία του περιβάλλοντος. Και σε αυτή τη περίπτωση όμως εμφανίζονται εμπόδια όπως το κόστος απόκτησης του νέου εξοπλισμού, ο μικρός κλήρος και η έλλειψη τεχνογνωσίας και υποστήριξης των αγροτών. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να καταγράψει την εικόνα της διαχείρισης του εξοπλισμού στη χώρα μας και να εξετάσει τη στάση και την άποψη των αγροτών σε θέματα υιοθέτησης αειφόρων καλλιεργητικών συστημάτων όπως η ΓΔτΕ και η ΓΑ.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

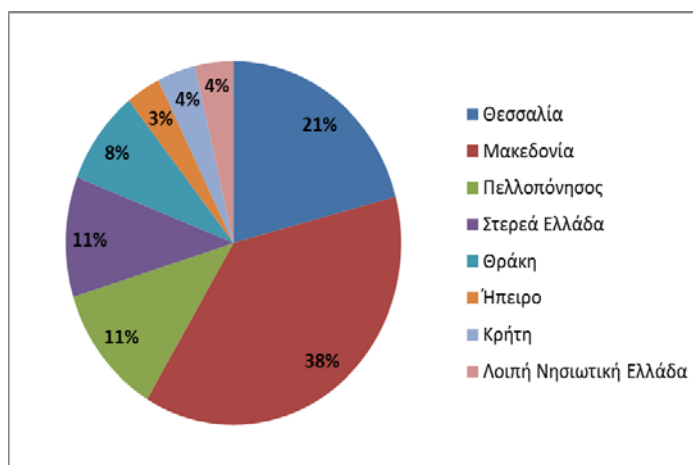
Η έρευνα διεξάχθηκε μέσω του διαδικτύου σε 215 τυχαίους παραγωγούς από όλη την Ελληνική επικράτεια με τους περισσότερους να προέρχονται από την περιοχή της Θεσσαλίας και της Μακεδονίας. Συνολικά υπήρχαν 31 ερωτήσεις, κλειστού και ανοικτού τύπου. Οι τομείς που καλύφθηκαν ήταν δημογραφικά στοιχεία, ο τύπος της εκμετάλλευσης, ο διαθέσιμος γεωργικός εξοπλισμός, η διαχείριση του, στοιχεία υιοθέτησης των ΑΚΣ της ΓΔτΕ και της ΓΑ. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε την Άνοιξη του 2019. Οι παραγωγοί είχαν ποικιλία καλλιεργειών. Έπειτα τα ερωτηματολόγια συγκεντρώθηκαν και τα δεδομένα αναλύθηκαν με το λογισμικά Google Form και Excel.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Δομή της Γεωργικής Εκμετάλλευσης

Οι μισοί από τους παραγωγούς που ερωτήθηκαν (47,4%) ήταν μικρής ηλικίας 18-30 ετών, ένα 40% ήταν 30-45 ετών και μόλις το 11% 45-60 ετών. Το ηλικιακό φάσμα των παραγωγών θεωρείται αρκετά χαμηλό καθώς σύμφωνα με την Eurostat (2012) μόλις το 8,3% των αγροτών στην Ελλάδα θεωρείται νεαρής ηλικίας ενώ το 33,5% είναι άνω των 65 ετών. Η νεαρή ηλικία του δείγματός

οφείλεται στον τρόπο διεξαγωγής της έρευνας (διαδίκτυο). Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο των ερωτηθέντων το 50% περίπου δήλωσε απόφοιτοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, το 40% απόφοιτοι λυκείου και ένα πολύ μικρό ποσοστό απόφοιτοι δημοτικού ή γυμνασίου. Αν κρίνουμε από το χαμηλό μέσο όρο ηλικίας είναι λογικό και το υψηλότερο επίπεδο εκπαίδευσης σε σχέση με άλλες έρευνες πεδίου (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2013). Σε κάθε περίπτωση όμως, το προφίλ της παρούσας έρευνας δεν αντικατοπτρίζει πλήρως το προφίλ του μέσου Έλληνα παραγωγού αλλά το νεαρότερο τμήμα του συνόλου. Θετικό για την παρούσα μελέτη είναι ότι προέκυψαν καλλιεργητές από όλη την Ελληνική επικράτεια με κύριους αντιπροσώπους εκείνους της Μακεδονίας (37,7%) και της Θεσσαλίας (20,9%) (Εικόνα 1). Το γενικότερο γεωγραφικό εύρος αποτυπώνεται και στην ποικιλία καλλιεργειών καθώς ναι μεν το 62% καλλιεργεί φυτά μεγάλης καλλιέργειας αλλά σχεδόν ένας στους δύο ενδέχεται να καλλιεργεί και δένδρα (48,8%), ένας στους πέντε περίπου (18%) καλλιεργεί και κηπευτικά ενώ το 10% περίπου έχει και αμπέλια. Ιδιαίτερα υψηλή παρουσιάζεται επίσης η μέση καλλιεργούμενη έκταση ανά εκμετάλλευση (300στρ.). Ποιο συγκεκριμένα, η μέση έκταση ήταν 560στρ. για τις αροτριαίες καλλιέργειες, 73στρ. για τις δενδρώδεις, 27στρ. για τα κηπευτικά και 30στρ. για τα αμπέλια. Οι αριθμοί είναι σίγουρα υψηλότεροι σε σχέση με τα στοιχεία της Eurostat (2012) (περίπου 67στρ. ανά εκμετάλλευση) και από προηγούμενες έρευνες (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2013, 179 στρ.) γεγονός που προφανώς οφείλεται στην ενοικίαση γεωργικών εκτάσεων, μια πρακτική που επεκτείνεται όλο και περισσότερο τα τελευταία έτη. Τέλος, στην παρούσα έρευνα προκύπτει ότι μόλις το 21% των εκμεταλλεύσεων απασχολεί μόνο ένα άτομο, πάνω από 55% απασχολούν 2 με 3 άτομα και περίπου 26%, 4 και άνω άτομα.



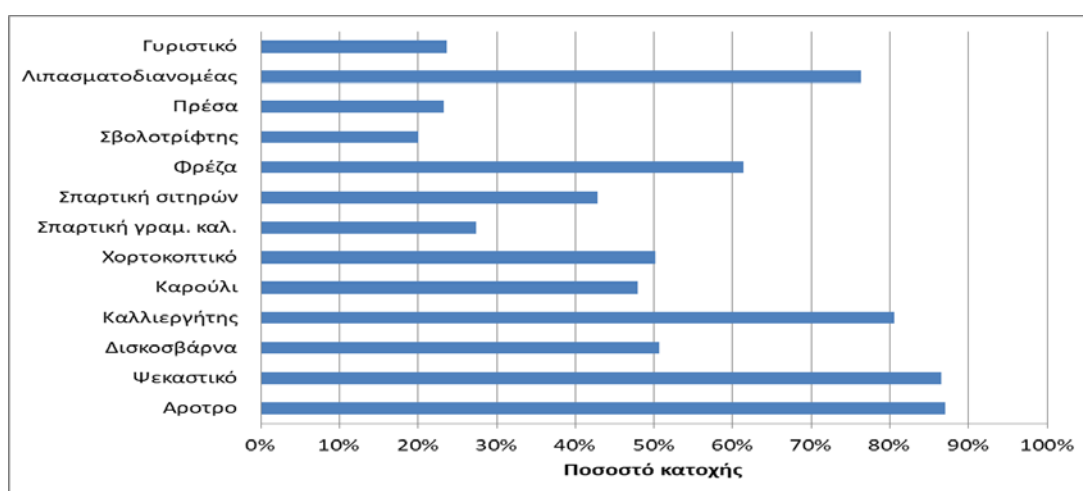
Εικόνα 1: Συμμετοχή των αγροτών της μελέτης από περιφέρειες της Ελλάδας

Σχολιάζοντας την δομή των εκμεταλλεύσεων και το προφίλ των παραγωγών μπορούμε να πούμε ότι δεν ανταποκρίνονται στο γενική εικόνα των αγροτικών εκμεταλλεύσεων της χώρας. Η χρήση του ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου απέδωσε δείγμα νεαρής σχετικά ηλικίας, υψηλότερου μορφωτικού επιπέδου το οποίο διαχειρίζεται μεγαλύτερες του μέσου όρου γεωργικές εκτάσεις. Δίνει όμως την ευκαιρία να εξεταστεί η στάση και η αντίληψη του νέου και δυνητικά πλέον δυναμικού υποσυνόλου του αγροτικού πληθυσμού, στην υιοθέτηση καινοτόμων αειφορικών καλλιεργητικών συστημάτων.

3.2. ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Σχετικά με τον διαθέσιμο γεωργικό εξοπλισμό το 42,3% των ερωτηθέντων διαθέτει έναν ελκυστήρα, το 30,2% διαθέτει δύο, το 15,8% διαθέτει τρεις ενώ το υπόλοιπο 12% πάνω από τέσσερις. Ο μέσος όρος ιπποδύναμης των γεωργικών ελκυστήρων που προέκυψε είναι 95Hp ενώ η μέση ηλικία του στόλου είναι 25 έτη με ετήσιες ώρες λειτουργίας περίπου 414. Προφανώς λόγω των μεγαλύτερων εκμεταλλεύσεων είναι φυσικό και επόμενο να παρουσιάζεται μεγαλύτερη ιπποδύναμη

σε σχέση με παλιότερες έρευνες (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2013, 84Hr, Βεντουρης και Τσακανίκας, 2011, 77Hr). Αναφορικά με την ηλικία του στόλου (25 έτη) και τις ώρες λειτουργίας (414) δεν διαφέρουν συγκρίνοντας με άλλες μελέτες. Η επιλογή του γεωργικού ελκυστήρα κατά βάση έγινε με βάση την καλλιέργεια αλλά και με βάση την αξιοπιστία του μηχανήματος Ένα αξιοσημείωτο στοιχείο που αποτυπώνει χαρακτηριστικά τις εσφαλμένες πεποιθήσεις των ελλήνων γεωργών, είναι το γεγονός ότι μόλις 10% θεώρησε σημαντική κριτήριο για την αγορά τη δυνατότητα μίσθωσης μηχανημάτων σε τρίτους, παρόλο που αυτά χρησιμοποιούνται ελάχιστα μέσα στο έτος. Σχετικά με τα παρελκόμενα, εκείνα που διαθέτουν οι περισσότεροι αγρότες είναι το άροτρο, ο αυτοκινούμενος αρδευτής (κοινώς καρούλι), το ψεκαστικό και ο περιστροφικός καλλιεργητής (κοινώς φρέζα) (Εικόνα 2). Το 74% των ερωτηθέντων όμως, δηλώνει ότι τα χρησιμοποιεί λιγότερο από 100 ώρες ετησίως και πιο συγκεκριμένα, πάνω από ένας στους δύο (54%) λιγότερο από 50 ώρες. Όσον αφορά το κόστος συντήρησης και επισκευών των μηχανημάτων αυτό διαμορφώνεται στα 2947 ευρώ ανά έτος και εκμετάλλευση (ή 9,82 ευρώ/στρ.) ενώ το κόστος καυσίμου είναι 6018 ευρώ ανά έτος και εκμετάλλευση (ή 20 ευρώ/ στρ).



Εικόνα 2: Ποσοστά κατοχής παρελκόμενων μηχανημάτων από του παραγωγούς

Σε γενικές γραμμές τα στοιχεία του διαχείρισης εξοπλισμού δεν διαφέρουν από προηγούμενες μελέτες. Θα περίμενε κάποιος ότι η εξέταση δείγματος με μεγαλύτερες γεωργικές εκτάσεις θα έδειχνε καλύτερη αξιοποίηση των μηχανημάτων αλλά και πάλι, παρουσιάζονται χαμηλές ώρες λειτουργίας άρα υψηλός ρυθμός απόσβεσης. Τέλος, για άλλη μια φορά αναδεικνύεται ο γηρασμένος στόλος με τα υψηλά έξοδα συντήρησης και καυσίμου.

3.3. Θέματα υιοθέτησης αειφορικών συστημάτων κατεργασίας του εδάφους

Το κύριο πρόβλημα που συναντάνε οι παραγωγοί σχετικά με την κατεργασία είναι το υψηλό κόστος καυσίμου και συντήρησης των μηχανημάτων (52% των ερωτηθέντων), εν συνεχεία πρόβλημα για το 24% αποτελεί ο απαρχαιωμένος και μη ευέλικτος στόλος, έπειτα, το 14% θεωρεί κύριο πρόβλημα τα ιδιαίτερα προβληματικά εδάφη που διαθέτουν και τέλος, το 10% θεωρεί βασικό εμπόδιο τη δυσκολία αντιμετώπισης των ζιζανίων. Αναφορικά με τα συστήματα κατεργασίας που εφαρμόζουν οι παραγωγοί οι περισσότεροι, σε ποσοστό 72,1% προτιμούν την συμβατική κατεργασία με άροτρο, ακολουθεί το σύστημα της πρωτογενούς κατεργασίας με υπεδαφοκαλλιεργητή (19,1%), και έπονται τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας με καλλιεργητές διαφόρων τύπων (7,4%) ενώ τέλος, μόλις το 1,4% επιλέγει το σύστημα της απευθείας σποράς (που χρησιμοποιεί η ΓΔτΕ). Ωστόσο το 80% δηλώνει ότι ενδέχεται να διαφοροποιούν τα συστήματα κατεργασίας μεταξύ εαρινών και χειμερινών καλλιεργειών. Σχετικά με τους λόγους που ορισμένοι

παραγωγοί επιλέγουν υπεδαφοκαλλιεργητή έναντι αρότρου το 37% δηλώνει ότι κύριος λόγος είναι το χαμηλότερο κόστος καυσίμου και η υψηλότερη ταχύτητα της εργασίας, το 36% πιστεύει ότι έτσι καταφέρνει και αποσυμπιέζει το έδαφος, το 20% ότι με τον υπεδαφοκαλλιεργητή έναντι του αρότρου ισοπεδώνεται ο αγρός καλύτερα ενώ μόλις το 8% θεωρεί ότι μέσω του υπεδαφοκαλλιεργητή βελτιώνεται η δομή του εδάφους και γίνεται και καλύτερη διαχείριση των ζιζανίων.

Σχετικά με την κατάσταση συμπίεσης που προκαλούν τα συστήματα κατεργασίας τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέροντα. Το μεγαλύτερο ποσοστό (30%) θεωρεί το σύστημα της απευθείας σποράς είναι αυτό που προκαλεί την μικρότερη συμπίεση στο έδαφος και ακολουθούν η συμβατική κατεργασία με άροτρο σε συνδυασμό με καλλιεργητή (23%), η μειωμένη κατεργασία με καλλιεργητή (18%), η συμβατική κατεργασία με περιστροφική σβάρνα ή κοινώς σβολοτρίφτη (16%) και τέλος ο συνδυασμός αρότρου με δισκοσβάρνα (13%) (Πίνακας 1)

Πίνακας 1: Κατάταξη κατεργασιών ανάλογα με την συμπίεση που προκαλούν σύμφωνα με τους παραγωγούς (από χαμηλότερη στην υψηλότερη συμπίεση).

Κατάταξη κατεργασιών	Συμπίεση (Χαμηλότερη-Υψηλότερη)
1	Ακαλλιέργεια
2	Συμβατική-καλλιεργητής
3	Μειωμένη Κατεργασία
4	Συμβατική-Σβολοτρίφτης
5	Συμβατική-Δισκοσβάρνα

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι έλληνες παραγωγοί, παρά την ελάχιστη εμπειρία τους, θεωρούν ότι το σύστημα της απ'ευθείας σποράς ή ακατεργασίας, προκαλεί τη μικρότερη συμπίεση του εδάφους. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία η οποία καταγράφει υψηλά επίπεδα συμπίεσης στα επιφανειακά στρώματα κατά τα πρώτα έτη εφαρμογής του συστήματος, η οποία όμως μειώνεται προοδευτικά με την πάροδο των ετών καθώς το έδαφος αυξάνει την οργανική του ουσία, βελτιώνει τη δομή του και ανακτά τη φυσική του κατάσταση (Sessiz et al., 2008, Lopez-Garrido et al., 2014, Botta et al., 2004, Murdock and James, 2008). Δεύτερο στην κατάταξη από άποψη συμπίεσης του εδάφους τοποθετούν το σύστημα της συμβατικής κατεργασίας με άροση και καλλιεργητή. Πράγματι σε αρκετές έρευνες επιβεβαιώνεται ότι η συμβατική κατεργασία διορθώνει πρόσκαιρα τη συμπίεση (Καβαλάρης, 2007, Abu-Hamdeh and Al-Widyan, 2000) μόνο όμως στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Το σύστημα μειωμένης κατεργασίας μόνο με καλλιεργητές κατατάσσεται τρίτο από άποψη συμπίεσης του εδάφους σύμφωνα με τους έλληνες παραγωγούς. Είναι αλήθεια ότι τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας του εδάφους πολλές φορές σχετίζονται με υψηλή συμπίεση του εδάφους διότι συνεχίζουν να χρησιμοποιούν βαριά μηχανήματα, ιδίως στην Ελλάδα που το μέσο μέγεθος των γεωργικών εκμεταλλεύσεων είναι μεγαλύτερο από το ενδεικνυόμενο, τη στιγμή που δεν γίνεται έντονη αναμόχλευση του εδάφους όπως στη συμβατική κατεργασία (Horne et al., 1992). Τέλος, τα συστήματα που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συμπίεση σύμφωνα με τους παραγωγούς είναι εκείνα του συνδυασμού συμβατικής κατεργασίας με σβολοτρίφτη ή δισκοσβάρνα. Είναι γεγονός ότι τόσο τα άροτρα όσο και οι σβολοτρίφτες είναι μηχανήματα που επιδρούν πολύ έντονα στο έδαφος καταστρέφοντας τα εδαφικά συσσωματώματα και εντέλει, υποβαθμίζοντας τη δομή του εδάφους.

Σχετικά με το κόστος των συστημάτων, ένας στους τέσσερις δηλώνει ότι η συμβατική κατεργασία με όργωμα και καλλιεργητή (26%) είναι η πλέον δαπανηρή, ακολουθεί ο συνδυασμός

άροτρου-σβολοτρίφτη (23%), έπεται η μέθοδος με άροτρο και δισκοσβάρνα (16%), ακολουθεί ο συνδυασμός υπεδαφοκαλλιεργητή με καλλιεργητή (14%) και τέλος τα συστήματα υπεδαφοκαλλιεργητής-σβολοτρίφτης (12%) και υπεδαφοκαλλιεργητής-δισκοσβάρνα (10%). Σχολιάζοντας την κατάταξη κόστους από την πλευρά των παραγωγών, αυτή συμφωνεί εν μέρει με στοιχεία από πραγματικές δοκιμές. Πράγματι, η κατεργασία με άροτρο παρουσιάζει υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με άλλες μεθόδους (Cavalaris and Gemtos, 2004; Sanchez-Giro et al., 2004, Καβαλάρης κ.α., 2005). Στην έρευνα όμως των Cavalaris and Gemtos, 2004 αποδεικνύεται επίσης ότι η χρήση του σβολοτρίφτη είναι πιο ενεργοβόρος από τη χρήση καλλιεργητή ή δισκοσβάρνας, αντίθετα δηλαδή με αυτό που δήλωσαν οι παραγωγοί. Μπορεί το βάθος εργασίας του καλλιεργητή να είναι μεγαλύτερο από του σβολοτρίφτη, η ένταση όμως της εργασίας είναι πολύ μεγαλύτερη στη δεύτερη περίπτωση. Παράδοξο είναι επίσης ότι θεωρούν τη δισκοσβάρνα το ίδιο ενεργοβόρο με το σβολοτρίφτη. Η πεποίθησή τους αυτή όμως εν μέρει μπορεί να είναι δικαιολογημένη αν αναλογιστούμε ότι με παθητικά μηχανήματα όπως οι δισκοσβάρνες και οι καλλιεργητές χρειάζονται πολύ περισσότερα περάσματα σε σχέση με ενεργητικά μηχανήματα που ισχυοδοτούνται από το δυναμοδότη όπως ο σβολοτρίφτης.

Αναφορικά με την μη υιοθέτηση της απ' ευθείας σποράς ο κύριος λόγος σύμφωνα με το 35% των παραγωγών είναι η δυσκολία σποράς σε συμπαγή, μη ψιλοχωματισμένη σποροκλίνη (Πίνακας 2) ενώ ένα 18% πιστεύει ότι το κύριο πρόβλημα είναι η διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων στην επιφάνεια του εδάφους. Ένα 26% ωστόσο δηλώνει απλά άγνοια για τα συστήματα απ' ευθείας σποράς και ένα 23% αναφέρει ότι κύριο εμπόδιο μη χρήσης των συστημάτων είναι ο ακριβός εξοπλισμός. Είναι αλήθεια, ότι είναι δύσκολο οι παραγωγοί να πειστούν να επενδύσουν σε νέες και ιδιαίτερα δαπανηρές μηχανές απ' ευθείας σποράς όταν ήδη έχουν επενδύσει σε έναν πολυποίκιλο και δαπανηρό εξοπλισμό για την κατεργασία του εδάφους όπως άροτρα, καλλιεργητές, σβολοτρίφτες ή δισκοσβάρνες. Πάντως, παρά το χαμηλό ποσοστό υιοθέτησης και τις αμφιβολίες απέναντι στα συστήματα αειφορικής διαχείρισης των εδαφών, το 76% των παραγωγών δηλώνει πρόθυμο να διαθέσει πιλοτικά 10-20 στρέμματα για την δοκιμή τους. Επίσης, ένα 35% δηλώνει ότι ένα ισχυρό κίνητρο θα ήταν η επιδότηση αγοράς εξειδικευμένου εξοπλισμού ενώ επίσης ένα 26% θεωρεί ότι εξίσου σημαντικές θα ήταν οι εγγυήσεις με τη μορφή αποζημιώσεων στη περίπτωση απώλειας παραγωγής.

Πίνακας 2: Κατάταξη εμποδίων υιοθέτησης γεωργίας διατήρησης των εδαφών σύμφωνα με τους παραγωγούς (από περισσότερο σε λιγότερο σημαντικό).

Κατάταξη (Περισσότερο Σημαντικό-Λιγότερο)	Εμπόδια υιοθέτησης Γεωργίας Συντήρησης
1	Δημιουργία μη ιδανικής σποροκλίνης
2	Άγνοια γύρω από τα συστήματα
3	Ακριβός Εξοπλισμός
4	Έντονη Παρουσία Ζιζανίων

3.4. Θέματα υιοθέτησης Γεωργίας Ακριβείας

Σχετικά με τη Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ) το 77,7% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι δεν χρησιμοποιεί τέτοια συστήματα ή μεθοδολογίες. Ένα 12% περίπου δήλωσε ότι κατέχει συστήματα μεταβαλλόμενων εισροών, ένα 7% σύστημα χαρτογράφησης παραγωγής, 6,5% σύστημα ισοπέδωσης αγρού, 4,2% σύστημα πλοήγησης στο αγρό, και 3,7% συστήματα εκτίμησης εδαφικών παραμέτρων. Το 22,3% των παραγωγών που δήλωσε ότι διαθέτει συστήματα ΓΑ είναι ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα (Κουρτίδη κ.α., 2016, Μουρτζίνης κ.α., 2007) γεγονός που προφανώς σχετίζεται με τη νεαρή ηλικία του δείγματος.

Όσον αφορά τους λόγους μη υιοθέτησης της ΓΑ ο κύριος ανασταλτικός παράγοντας σύμφωνα με τους περισσότερους παραγωγούς είναι το υψηλό κόστος (25%) και ακολουθεί η έλλειψη χρηματοδοτικών κινήτρων (20%). Ένα 17% εστιάζει στο γεγονός του μικρού και κατακερματισμένου κλήρου που δεν έχει την δυνατότητα να αποσβέσει τον εξοπλισμό, το 14% αναφέρει ως κύρια αιτία την έλλειψη γνώσεων γύρω από αυτά τα συστήματα, 12% δηλώνει ως ανασταλτικό παράγοντα την έλλειψη συλλογικών σχημάτων και τέλος, ένα 12% πιστεύει ότι ο απαρχαιωμένος στόλος που διαθέτει δεν έχει συμβατότητα με συστήματα ΓΑ. Πράγματι όλα τα παραπάνω ισχύουν ως ανασταλτικοί παράγοντες για την υιοθέτηση της ΓΑ και αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους (Γέμτος και Φουντάς, 2015).

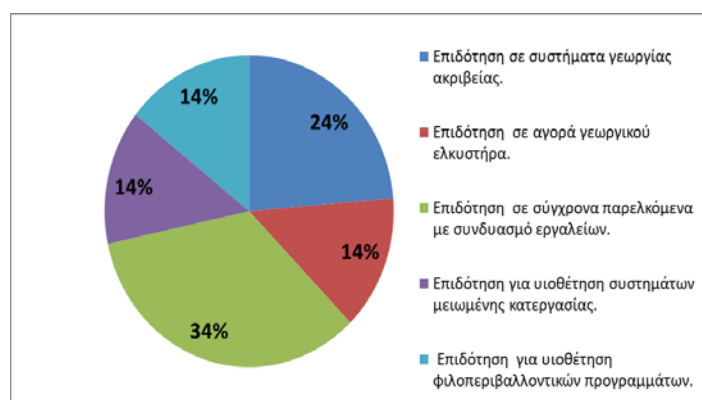
Πίνακας 3: Κατάταξη εμποδίων υιοθέτησης και πλεονεκτημάτων χρήσης της ΓΑ σύμφωνα με τους παραγωγούς (από περισσότερο σε λιγότερο σημαντικό).

Κατάταξη (Περισσότερο Σημαντικό-Λιγότερο)	Εμπόδια Υιοθέτησης	Πλεονεκτήματα Χρήσης
1	Κόστος Υιοθέτησης	Εξοικονόμηση Χρόνου
2	Έλλειψη Κινήτρων	Εξοικονόμηση Χρήματος
3	Μικρός Κλήρος	Μείωση Αγροχημικών
4	Έλλειψη Γνώσεων	Αποτελεσματικές Επεμβάσεις
5	Απουσία Σουλ. Σχημάτων	Υψηλότερες Αποδόσεις
6	Απουσία Συμβατότητας	Μακροχρόνια οφέλη

Εξετάζοντας τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα τα οποία, σύμφωνα με τους αγρότες, αναμένονται από την χρήση νέων τεχνολογιών, αυτά είναι η εξοικονόμηση χρόνου (21%), χρήματος (18%) και αγροχημικών (17%) ενώ επίσης αρκετοί είναι εκείνοι που αναφέρουν υψηλότερες αποδόσεις (14%), αποτελεσματικότερες επεμβάσεις (15%) και βιώσιμα αγροκτήματα (14%).

3.5. Γεωργία Διατήρησης των Εδαφών έναντι Γεωργίας Ακριβείας

Όσον αφορά την επιμόρφωση του δυναμικού πάνω από το 50% των παραγωγών έδειξαν ενδιαφέρον να ενημερωθούν σε θέματα ΓΑ και διαχείρισης γεωργικού εξοπλισμού παρά σε θέματα ΓΔτΕ Αντίστοιχα και σε πιθανές χρηματοδοτήσεις ενδιαφέρονται κυρίως για αγορές σύγχρονων τεχνολογικά παρελκόμενων και συστημάτων ΓΑ παρά για μηχανήματα αειφορικής γεωργίας και μειωμένης κατεργασίας (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Ενδιαφέρον παραγωγών γύρω από χρηματοδοτικά κίνητρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το δείγμα που προέκυψε στη παρούσα μελέτη περιελάμβανε κυρίως παραγωγούς νεαρής ηλικίας και υψηλού μορφωτικού επιπέδου σε σχέση με την μέσο όρο του αγροτικού πληθυσμού της χώρας καθώς επίσης με μεγαλύτερες καλλιεργούμενες εκτάσεις. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η έρευνα έγινε διαδικτυακά. Είναι όμως ιδιαίτερα ενδιαφέρον να εξεταστεί ή άποψη του συγκεκριμένου τμήματος του αγροτικού πληθυσμού καθώς αυτό το τμήμα θα αποτελέσει τη «ραχοκοκαλιά» της ελληνικής γεωργίας στο άμεσο μέλλον.

Εξετάζοντας τη διάρθρωση του μηχανολογικού εξοπλισμού, διαπιστώνεται και πάλι η ύπαρξη ενός απαρχαιωμένου στόλου μηχανημάτων με υψηλά έξοδα συντήρησης και επισκευών και χαμηλές ώρες λειτουργίας. Και παρά το γεγονός ότι στο συγκεκριμένο δείγμα το μέγεθος της εκμετάλλευσης ήταν έξι σχεδόν φορές μεγαλύτερο από το μέσο μέγεθος για τη χώρα, αυτό και πάλι δεν αποδεικνύεται ικανό να απορροφήσει το υψηλό κόστος λειτουργίας. Επιβάλλεται επομένως η αναζήτηση νέων εναλλακτικών μεθόδων παραγωγής όπως η Γεωργία Διατήρησης των Εδαφών και η Γεωργία Ακριβείας που θα καταστήσουν τη λειτουργία των αγροκτημάτων ακόμη πιο αποτελεσματική και οικονομική.

Η έρευνα όμως ανέδειξε ότι το ποσοστό εφαρμογής της απ'ευθείας σποράς είναι ιδιαίτερα χαμηλό (1,4%). Αν και οι παραγωγοί αναγνωρίζουν ότι το σύστημα της συμβατικής κατεργασίας με άροτρο είναι σαφώς πιο ενεργοβόρο και δαπανηρό, εμφανίζονται διστακτικοί να το εγκαταλείψουν. Τα κύρια εμπόδια στην υιοθέτηση των αειφορικών συστημάτων κατεργασίας είναι οι δυσκολίες σποράς με τα συμβατικά μηχανήματα, ο ακριβός εξοπλισμός και η έλλειψη γνώσεων. Ενθαρρυντικό ωστόσο είναι το γεγονός ότι πολλοί παραγωγοί εμφανίζονται πρόθυμοι να δοκιμάσουν πρακτικές ΓΔτΕ εάν τους δοθούν κίνητρα αγοράς εξοπλισμού, ορθές κατευθύνσεις και εγγυήσεις παραγωγής.

Τέλος, σχετικά με τη Γεωργία Ακριβείας στην παρούσα μελέτη αποδείχτηκε ότι το ποσοστό κατοχής ανάλογων συστημάτων ήταν υψηλότερο σε σχέση με ευρήματα από προηγούμενες μελέτες. Αυτό όμως οφείλεται στη νεαρή του δείγματος η οποία ασφαλώς είναι πιο συμφιλωμένη με τις νέες τεχνολογίες. Παρόλα αυτά, τα κύρια εμπόδια υιοθέτησης της ΓΑ είναι και πάλι το υψηλό κόστος, η έλλειψη γνώσεων και η έλλειψη κινήτρων αγοράς. Από την άλλη όμως, θετικό είναι το γεγονός ότι οι παραγωγοί αναγνωρίζουν τα πλεονεκτήματα χρήσης των νέων τεχνολογιών και διαβλέπουν θετικά τις προοπτικές επιμόρφωσης και τις χρηματοδοτήσεις για επενδύσεις σε τεχνολογίες Γεωργίας Ακριβείας.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abu-Hamdeh NH; Al-Widyan M I. 2000. Effect of axle load, tire inflation pressure and tillage system on soil physical properties and crop yield of a Jordanian soil. Transactions of the ASAE, 43(1), 13–21
- Botta, G., Rivero, D., Tourn, M., Bellora Melcon, F., Pozzolo, O., Nardon, G., Balbuena, R., Becera, A., Rosatto, H., Stadler, S., 2008. Soil compaction produced by tractor with radial and cross-ply tyres in two tillage regimes. Soil Till. Res. 101, 44–51.
- Cavalari C.C. and T.A. Gemtos (2004). Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop. Balkan Agricultural Engineering Review Vol.4 2004, Published in EE&AE 2004 Proceedings. pp 110-16.
- Eurostat. 2012. Agricultural census in Greece. Eurostat Statistics Explained. Available: http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Agricultural_census_in_Greece

- Hernández, J.L., Giron, V.S. & Cerisola, C. 1995. Long term energy use and economic valuation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil and Tillage Research*. 66, 183-198
- Horne, D.J., Ross, C.W., Hyghes, K.A., 1992. Ten years of a maize-oats rotation under three tillage systems on a silt loam in New Zealand: I. A comparison of some soil properties. *Soil Tillage Res.* 22, 131- 143.
- Lopez-Garrido R., E. Madejon, M. Leon-Camacho, I. Giron, F. Moreno, J.M. Murillo. 2014. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study. *Soil & Tillage Research* 140, 40–47
- Murdock L. and James J.. 2008. Compaction, tillage method and subsoiling effects on crop production. University of Kentucky- Cooperative Extension Service.
- Ozpinar S. and A.Ozpinar. 2011. Influence of Tillage and Crop Rotation Systems on Economy and Weed Density in a Semi-arid Region. *J. Agr. Sci. Tech.*. Volume 13, Pages 769-784
- Sanchez F.J., de Andres E.F., Tenorio J.L., Ayerbe L.. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crop Res* 86: 81–90
- Sessiz A., Sogut T., Alp A., Esgici R.. 2008. Tillage effects on sunflower (*Helianthus Annuus*, L.) emergence, yield, quality, and fuel consumption in double cropping system. *Journal of Central European Agriculture*, vol. 9(40), pp. 697 – 710.
- Αναγνωστόπουλος Δημήτρης, Φουντάς Σπύρος, Γέμος Θεοφάνης, 2013. Διαχείριση γεωργικού εξοπλισμού στην Ελλάδα και η συμβολή στο κόστος παραγωγής. Πρακτικά 8ου συνεδρίου ΕΓΜΕ. Βόλος
- Βεντούρης Ν., Τσακανίκας Α..2011.Αγροτικά Μηχανήματα και Ανταγωνιστικότητα του Πρωτογενούς τομέα. IOBE. Αθήνα
- Καβαλάρης Χ., Μυγδάκος Ε. και Γέμος Θ.Α. (2005). Διερεύνηση των περιθωρίων μείωσης του κόστους παραγωγής για την καλλιέργεια βαμβακιού με την εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα 2005.σ107-116 <http://www.egme.gr>
- Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελούπουλου, Θ.Α. Γέμος. 2007. Επίδραση της αλλαγής της κατεργασίας στο έδαφος, τα φυτά και την παραγωγή. Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου ΕΓΜΕ, Λάρισα: 18 – 20 Οκτωβρίου
- Κουτρίδη Ε. , Χριστοπούλου Ο., Ντυκέν Μ-Ν., (2016). Διερεύνηση των στάσεων και των απόψεων των παραγωγών στην Γεωργία Ακριβείας- Η περίπτωση της Στερεάς Ελλάδας. Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Αγροτικής Οικονομίας , σελ 13-14.
- Μουρτζίνης Σπ., Φουντάς Σπ., Γέμος Θ., 2007. Αντίληψη ελλήνων αγροτών για την Γεωργία Ακριβείας. Πρακτικά 5^{ου} Συνεδρίου ΕΓΜΕ, (185) 850-857.
- Φουντάς Σπ., Γέμος Θ., 2015. Γεωργία Ακριβείας. Εκδόσεις ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ, ΣΕΑΒ, Αθήνα

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

11^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΒΟΛΟΣ, 2019

