



Διατμηματικό τμήμα μεταπτυχιακών σπουδών

Τίτλος πτυχιακής διατριβής:

Η επίδραση της λίπανσης της αγριαγκινάρας στην παραγωγή σπόρου και βιομάζας στο Βελεστίνο το 2009.



Επιμέλεια: Σπαθή Έλενα

ΒΟΛΟΣ 2010

ΕΙΣΗΓΗΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ν. Δαναλάτος, Καθηγητής, Εισηγητής

Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια, Μέλος

Αθανάσιος Σφουγγάρης, Καθηγητής, Μέλος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή κ. Ν. Δαναλάτο για τις πολύτιμες συμβουλές, τη συνεχή καθοδήγηση κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, για τη βοήθεια που μου παρείχε μέχρι την ολοκλήρωση της Πτυχιακής μου Διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κα. Ανθούλα Δημήρκου και τον Καθηγητή κ. Αθανάσιο Σφουγγάρη για την εμπιστοσύνη να επιβλέψουν την πτυχιακή μου διατριβή.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Αρχοντούλη Σωτήρη για την πολύτιμη βοήθεια καθόλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, καθώς επίσης και τους φοιτητές Μπατσογιάννη Δημήτρη και Σάββα Ευάγγελο για την αρμονική συνεργασία κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια για να ανταπεξέλθω στις όποιες δυσκολίες συνάντησα κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στη Γεωπονική Σχολή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή διατριβή αναφέρεται στην αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*). Μελετάτε η επίδραση της άρδευσης και λίπανσης στην παραγωγή σπόρου και βιομάζας, στο Βελεστίνο το 2009.

Αρχικά δίδεται μια περιγραφή της καλλιέργειας και των απαιτήσεων της σε περιβαλλοντικές συνθήκες και καλλιεργητικές φροντίδες, και μετέπειτα αναλύεται ο όρος της βιομάζας. Ακολουθεί το πειραματικό μέρος, υλικά και μέθοδοι, που περιγράφει τις εργασίες που έγιναν στον αγρό και το εργαστήριο κατά την καλλιεργητική περίοδο 2008-2009. Τέλος παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα του πειράματος, ενώ αναλυτικοί πίνακες στατιστικής ανάλυσης δίνονται στο παράρτημα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	6
1.1.1 Γενικά.....	6
1.1.2 Ταξινόμηση.....	8
1.1.3 Βιοενεργειακές καλλιέργειες.....	8
1.2 Παραγωγή-κύκλος φυτού.....	13
1.3 Θερμοκρασία.....	14
1.4 Φώς	16
1.5 Νερό.....	16
1.6 Έδαφος.....	17
1.7 Καλλιεργητικές φροντίδες	17
1.8 Λίπανση	18
1.9 Παραγωγές αγριαγκινάρας.....	19
1.10 Σκοπός μελέτης.....	20
1.11 Καταγωγή και ταξινόμηση.....	20
2. Υλικά και Μέθοδοι.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.22
2.1 Πειραματικό σχέδιο	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.22
3. Αποτελέσματα και Συζήτηση.....	29
3.1 Κλιματικές συνθήκες.....	29
3.2 Σχέση βάρους απόρων-βάρους κεφαλής.....	29
3.3 Σχέση αριθμού σπόρων-βάρους κεφαλής.....	30
3.4 Σχέση λόγου βάρους σπόρων/βάρους κεφαλιού-βάρους κεφαλιού.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.31
3.5 Σχέση βάρους σπόρου-βάρους κεφαλιού.....	32
3.6 Ολικό χλωρό βάρος (τόνους/εκτάριο).....	33
3.7 Ολικό ξηρό βάρος (τόνους/εκτάριο).....	

3.8 Ολικό ξηρό βάρος κεφαλιών (τόνους/εκτάριο).....	34
3.9 Ολικό ξηρό βάρος σπόρου (κιλά/στρέμα).....	35
3.10 Ολικό ξηρό βάρος βλαστών (τόνους/εκτάριο).....	36
3.11 Δείκτης συγκομιδής ΗΙ (λόγος βάρους σπόρων/ολικό βάρος).....	37
3.12 Αριθμός μεγάλων κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο).....	38
3.13 Αριθμός μεσαίων κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο).....	39
3.14 Αριθμός μικρών κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο).....	39
3.15 Συνολικός αριθμός κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο).....	40
3.16 Ύψος φυτού (εκατοστά).....	
3.17 Μέσο βάρος κεφαλής.....	
 4. Συμπεράσματα.....	 42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ	44
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	45

Εισαγωγή

1.1.1 Γενικά

Η αναγκαιότητα της προστασίας του περιβάλλοντος από τα προβλήματα υπερθέρμανσης του πλανήτη, εξαιτίας της ρυπογόνου δράσης των ορυκτών καυσίμων, καθώς και η εξάντληση των αποθεμάτων πετρελαιοειδών και φυσικού αερίου, έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια τόσο την ΕΕ, όσο και άλλες χώρες του πλανήτη, σε πολιτικές με σκοπό την μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) φιλικές προς το περιβάλλον (EUR 21350, 2005). Έτσι λοιπόν οι ΑΠΕ καλούνται πλέον να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο συνεχώς μεταβαλλόμενο γεωπολιτικό χάρτη της ενέργειας. Στα πλαίσια αυτά, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο για το 2010, το 12% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας να προέρχεται από τις ΑΠΕ. Μεταξύ των ΑΠΕ, η βιομάζα καταλαμβάνει περισσότερο από το 65%. Υπάρχουν 3 κύριοι τύποι βιοκαυσίμων από βιομάζα, τα υγρά (βιοντίζελ, βιοαιθανόλη), τα αέρια (βιοαέριο, βιομεθάνιο) και τα στερεά βιοκαύσιμα (πέλλετς, μπριγκέτες, τσιπς), τα οποία καταλαμβάνουν περισσότερο από το 90% της βιομάζας (EUR 21350, 2005, BRAC, 2006).

Η χρήση της βιομάζας ως καύσιμη ύλη μπορεί να αποτελέσει μέρος της λύσης του προβλήματος, εξαιτίας των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν, τόσο για τους παραγωγούς (μικρότερο κόστος παραγωγής, λόγω μικρότερων εισροών σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες), όσο και για το περιβάλλον (χαμηλότερες εισροές λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, καθώς και μικρότερες εκπομπές αερίων κατά την καύση τους σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα).

Σε πολλές χώρες της Ευρώπης (ιδιαίτερα στα Σκανδιναβικά κράτη, αλλά και στην Μ.Βρετανία, την Γερμανία και την Αυστρία), η χρήση πελλετών για την παραγωγή ενέργειας (π.χ. ηλεκτρικής) είναι ήδη αρκετά διαδεδομένη, τόσο σε βιομηχανικούς, όσο και σε οικιακούς καταναλωτές. Αντίθετα, στα Βαλκάνια και ειδικότερα στην Ελλάδα η χρήση ΑΠΕ και ειδικότερα βιομάζας βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο. Μεταξύ των διαφόρων τύπων βιομάζας, τα στερεά παρουσιάζουν την μεγαλύτερη αύξηση.

Για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε δασικές καλλιέργειες (ευκάλυπτος, ψευδακακία, ιτιά και λεύκα), είτε ετήσιες (ινώδες σόργο και κενάφ) ή και πολυετείς καλλιέργειες (όπως αγριαγκινάρα, μίσχανθος, καλάμι και switchgrass).

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει όλους τους ορισμούς βιο-ενέργειας που χρησιμοποιούνται διεθνώς (Karp & Shield, 2008).

Ορισμοί βιοενέργειας σύμφωνα με τους Karp & Shield, 2008.

Αγγλικός όρος	Ελληνικός όρος	Ορισμός
Bioenergy	Βιοενέργεια	Παραγωγή κάθε μορφής ανανεώσιμης ενέργειας από βιολογικούς οργανισμούς.
Biomass	Βιομάζα	Φυτομάζα από την οποία μπορεί να παραχθεί ενέργεια.
Lignocellulose	Λιγνοκυτταρίνη	Μορφή βιομάζας.
Bioenergy crops	Βιοενεργειακές καλλιέργειες	Καλλιέργειες για παραγωγή υγρών και στερεών καυσίμων.
Biomass crops	Φυτά βιομάζας	Καλλιέργειες για παραγωγή φυτομάζας που βρίσκουν διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές.
Biofuel crops	Βιοκαύσιμο	Καλλιέργειες για παραγωγή υγρών καυσίμων.
Biopower crops	—	Καλλιέργειες για παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρισμού.
First generation	1 ^{ης} γενιάς βιοκαύσιμα	Αλυσίδες παραγωγής βιο-ενέργειας από φυτά βασιζόμενη στην υπάρχουσα τεχνογνωσία.

Second generation	2 ^{ης} βιοκαύσιμα	γενιάς	Αλυσίδες παραγωγής βιο-ενέργειας από φυτά βασιζόμενη σε αναπτυσσόμενες νέες τεχνολογίες (π.χ. βιοαιθανόλη).
Third generation	3 ^{ης} βιοκαύσιμα	γενιάς	Αλυσίδες παραγωγής βιο-ενέργειας από φυτά βασιζόμενη σε μελετητικές τεχνολογίες (π.χ. υδρογόνο).

Ο όρος «βιοενέργεια» επανήλθε στο προσκήνιο πρόσφατα (μετά το 2003), αλλά η παραγωγή ενέργειας από τα φυτά ήτανε και είναι γνωστή από τους αρχαίους χρόνους. Σύμφωνα με τους Sims *et al.*, 2006, σήμερα, μόλις το 46 EJ yr⁻¹ (1 EJ = 10¹⁸ joules) ενέργειας, το οποίο ισοδυναμεί με το 13.4% της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής ενέργειας παράγεται από τα φυτά. Το δυναμικό παραγωγής ενέργειας από τα φυτά παγκοσμίως ανέρχεται στα 200–400 EJ yr⁻¹ (Jurginger *et al.*, 2006), γεγονός που δείχνει ότι τα φυτά/καλλιέργειες δεν αξιοποιούνται πλήρως, τουλάχιστον όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας.

1.1.2 Ταξινόμηση

Η αγριοαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L., Αγγ. Cardoon ή Spanish thistle artichoke) είναι ένα πολυετές φυτό Μεσογειακής προέλευσης, καλά προσαρμοσμένο στις ξηροθερμικές συνθήκες της Ν. Ευρώπης. Η αγριοαγκινάρα ανήκει στην οικογένεια Asteraceae (*Compositae*) και συγκεκριμένα στο γένος *Cynara*. Το γένος *Cynara* περιλαμβάνει δυο καλλιεργούμενα είδη την αγκινάρα (*Cynara scolymus*) και την αγριοαγκινάρα (*Cynara cardunculus*), καθώς και αλλά 5-6 άγρια είδη. Τα δυο καλλιεργούμενα είδη χρησιμοποιούνται στη λαχανοκομία, αλλά και ως διακοσμητικά φυτά. Η αγριοαγκινάρα είναι ο πρόγονος της καλλιεργούμενης αγκινάρας, και από διασταυρώσεις που έγιναν μεταξύ της *Cynara scolymus* και των άλλων ειδών του γένους, η μόνη πλήρως συμβατή και γόνιμη διασταύρωση ήταν αυτή με την *Cynara cardunculus*. Όλα τα άγρια είδη του γένους *Cynara* είναι ιθαγενή της λεκάνης της Μεσογείου. Η αγριοαγκινάρα ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγυπτίους, Έλληνες και Ρωμαίους. Σήμερα μπορεί να βρεθεί ως αυτοφυής σε παραποτάμιες περιοχές της Μεσογείου, αλλά και σε άλλες περιοχές που έχουν Μεσογειακό κλίμα.

Προσαρμοσμένες ποικιλίες βρίσκονται επίσης στην Καλιφόρνια, το Μεξικό, την Αυστραλία, τη Βραζιλία, την Αργεντινή, τη Χιλή και την Ουρουγουάη (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.1.3 Βιο-ενεργειακές καλλιέργειες

Γενικά ως βιομάζα χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε υλικό έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Συνεπώς, περιλαμβάνει μία μεγάλη ποικιλία υλικών (υπολείμματα ή παραπροϊόντα φυτικής ή ζωικής προέλευσης), που προέρχονται άμεσα ή έμμεσα από τον φυτικό κυρίως κόσμο. Ειδικότερα η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και αέριων καυσίμων. Η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Αναλυτικότερα οι φυτικοί οργανισμοί με τη βοήθεια του ήλιου και των θρεπτικών συστατικών του εδάφους μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και το νερό σε σάκχαρα (υδρογονάνθρακες) και οξυγόνο, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Στη συνέχεια η σχηματισθείσα βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας (θερμότητας, κίνησης, ηλεκτρική).

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας, οι υπολειμματικές μορφές (δηλαδή τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και απορρίμματα) και η βιομάζα, η οποία παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες (Mardikis et al., 2004).

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

1. Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο των σιτηρών, τα βαμβakoστελέχη, τα κλαδοδέματα κ.λ.π.
2. Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια κ.λ.π.
3. Απορρίμματα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.λ.π (Sims *et al.*, 2006). Οι παραδοσιακές καλλιέργειες, των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι (*Triticum aestivum* L.), το κριθάρι (*Hordeum sativum* / *Vulgare* L.), ο αραβόσιτος (*Zea mays* L.), τα ζαχαρότευτλα (*Beta Vulgaris* L.) και ο ηλίανθος, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντήζελ).

Οι νέες ενεργειακές καλλιέργειες με καλή έως υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα διακρίνονται σε:

- Δασικές πολυετείς καλλιέργειες: Ευκάλυπτος (*Eucalyptus globules* Labill, *Eucalyptus camaldufensis* Dehnh), Ψευδακακία (*Robinia Psedoacacia* L.), λεύκη (*P. Deltoides*), κλπ.
- Πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες: Καλάμι (*Arundo donax* L.), Μίσχανθος (*Miscanthus giganteus*), Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.), Switchgrass (*Panicum Virgatum* L.).
- Ετήσιες γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες: Γλυκό και χορτοδοτικό σόργο (*Sorgum bicolor* L.), Κενάφ (*Hibiscuse cannubinus* L.), Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*), Ηλίανθος (*Helianthus annus* L.).

Ενεργειακή καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα (τόνοι/στρέμμα)
Ευκάλυπτος	19.0	1.8-3.2
Ψευδακακία	19.4	0.24-1.34
Καλάμι	18.6	2.0-3.0
Μίσχανθος	17.3	0.8-3.0
Αγριαγκινάρα	14.5	1.7-3.3
Switchgrass	17.4	2.6
Πηγή : Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην ΕΛΛΑΔΑ, ΚΑΠΕ, Danalatos et al., 2006, Danalatos et al., 2007, Danalatos, 2008.		

Η βιομάζα αποτελεί σπουδαιότατη πηγή ενέργειας, που λόγω των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών και της κατανόησης περιβαλλοντικών προβλημάτων καλείται πλέον να αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τα ορυκτά καύσιμα σύμφωνα με διεθνή πρωτόκολλα και ευρωπαϊκά προγράμματα. Πράγματι η βιομάζα έχει ένα τεράστιο δυναμικό που ισοδυναμεί με το δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως για εμπορικούς σκοπούς και το διακοσιαπλάσιο της ενέργειας που χρησιμοποιείται για παραγωγή τροφής, πρακτικά χωρίς καμία περιβαλλοντική επιβάρυνση αναφορικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι μέχρι το 2020, η ενεργειακή γεωργία προβλέπεται να καλύπτει περί το 31,1 % των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, ενώ η ενέργεια μεταφορών στην Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση θα καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές κατά ποσοστά που υπερβαίνουν το 2% το 2006 και το 5,75% το 2010 (Δαναλάτος, 2006).

Σύμφωνα με πολυάριθμες μελέτες, η βιομάζα μελλοντικά θα καλύπτει το 10-50% των παγκόσμιων αναγκών πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό που θα εξαρτηθεί

από παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα των πόρων, το κόστος της βιομάζας ως πρώτη ύλη, η τεχνολογική ανάπτυξη και το κόστος των μεθόδων μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια, καθώς και από κοινωνικούς παράγοντες (Hoogwijk et al., 2005). Διάφορα σενάρια και μελέτες προβλέπουν ότι κατά τη διάρκεια του αιώνα που διανύουμε, το 25-100% των σημερινών ποσοτήτων ενέργειας (100-400 EJ) θα μπορούσε να καλυφθεί με τη χρήση βιομάζας (Faaij, 2006). Επίσης σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο το 8% της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να προέρχεται από βιομάζα το 2010 (Panopoulos και Koukios, 2001).

Όμως παρά τη βελτιωμένη τεχνολογία στον ευρύτερο αγροτικό τομέα, η οικονομική βιωσιμότητα των ενεργειακών καλλιεργειών είναι αβέβαιη κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες αγοράς, ενώ από την άλλη πλευρά είναι προφανής η ανάγκη για αντικατάσταση των παραδοσιακών καλλιεργειών λόγω της σημαντικής μείωσης του γεωργικού εισοδήματος με τη μείωση των τιμών, την ελαχιστοποίηση των επιδοτήσεων και την αύξηση του κόστους παραγωγής (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία κ.λ.π.). Επίσης οι παραδοσιακές μονοκαλλιέργειες ευθύνονται για σημαντικές περιβαλλοντικές εκροές. Είναι απόλυτα κατανοητό, ότι οποιοσδήποτε σχεδιασμός και ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων χρήσης γης αναφορικά με την εισαγωγή εναλλακτικών καλλιεργειών φιλικών προς το περιβάλλον, βασίζονται σε ποσοτικές εκτιμήσεις των δυναμικών παραγωγής των καλλιεργειών αυτών κάτω από τις συγκεκριμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες και τις απαιτούμενες εισροές για την υλοποίηση των δυναμικών αυτών, έτσι ώστε να μπορούν να προσδιοριστούν οι λόγοι κόστους / απόδοσης. Έτσι δίδεται ιδιαίτερη έμφαση σε μη διατροφικές καλλιέργειες πολλαπλών χρήσεων και αυξημένη οικονομική βιωσιμότητα που θα εξασφαλίσουν την εναλλακτική χρήση του εδάφους και το γεωργικό εισόδημα.

Υγρά-καύσιμα - Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περισσότερη έρευνα στον τομέα της βιοενέργειας καταναλώθηκε για τα βιοκαύσιμα, μιας και αυτά μπορούν άμεσα να αντικαταστήσουν τα συμβατικά καύσιμα. Παγκοσμίως η Βραζιλία και η ΗΠΑ κατέχουν την 1^η θέση στην παραγωγή βιοαιθανόλης, ενώ η Γερμανία την 1^η θέση στην παραγωγή βιοντίζελ με 2.8 δις λίτρα το 2006 (175 petajoules), ή αλλιώς το 48% της παγκόσμιας παραγωγής. Οι υπόλοιπες χώρες της ΕΕ συνολικά παράγουν το 30%

της παγκόσμιας παραγωγής βιοντίζελ. Η Αμερική παράγει μόλις το 15% της παγκόσμιας παραγωγής βιοντίζελ. (REN21. 2008, Howartha, et al., 2008).

Τρόφιμα εναντίον καυσίμων - Το 2007 μόλις το 5% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών (σιτάρι, καλαμπόκι, ρύζι και σόργο) διοχετεύθηκε για παραγωγή βιοκαυσίμων, ενώ το 95% χρησιμοποιήθηκε για ανθρώπινη κατανάλωση ή ως ζωοτροφή (FAO 2008).

Ενεργειακό ισοζύγιο – Σύμφωνα με τους Howartha, et al., 2008, το ενεργειακό ισοζύγιο των πιο δημοφιλών ενεργειακών συστημάτων παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα .

Τύπος πρώτης ύλης	Αναλογία καθαρού ενεργειακού ισοζυγίου (εκροές/εισροές)
Σπόροι καλαμποκιού	1,25
Ζαχαροκάλαμο	8
Κυτταρινική βιομάζα	5,4
Σογιέλαιο	1,9
Φοινικέλαιο	9
Ελαιοκράμβη	2,5
Αργό πετρέλαιο	10..15

Πηγή: Howartha, et al., 2008

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί ότι το καθαρό ενεργειακό ισοδύναμο παραγωγής βιομάζας σε μορφή πέλλετς από την αγριαγκινάρα υπολογίστηκε περί το 27:1 (Born, 2007, Danalatos, 2008). Δεδομένου ότι η Γερμανία, η οποία είναι πρωταθλήτρια στην παραγωγή βιοντίζελ παγκοσμίως, καλλιεργεί ελαιοκράμβη με ενεργειακό ισοδύναμο 2.5:1, φαίνεται ότι υπό Μεσογειακές συνθήκες η βιωσιμότητα της καλλιέργειας της αγριαγκινάρας για παραγωγή βιομάζας και βιοκαυσίμων θεωρείται μια πολύ συμφέρουσα επιλογή. Έτσι σε αυτή την μελέτη το αντικείμενο της έρευνας είναι η αγριαγκινάρα και ως εκ τούτου τα παρακάτω κεφάλαια θα επικεντρωθούν σε αυτό το πολυετές φυτό.

1.2 Παραγωγή- Κύκλος Φυτού

Η αγριαγκινάρα είναι ένα πολύ δυνατό πολυετές φυτό (8-12 έτη) το οποίο μπορεί και ανέχεται την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού με υψηλή παραγωγή βιομάζας κατά την περίοδο από Οκτώβριο έως Ιούνιο. Ο βλαστικός κύκλος του φυτού αρχίζει με το φύτευμα του σπόρου μετά τις πρώτες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα σχηματίζει μια ροζέτα φύλλων. Το ανθικό στέλεχος αρχίζει να επιμηκύνεται την άνοιξη και οι πρώτες ανθοκεφαλές εμφανίζονται το Μάιο. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το υπέργειο μέρος του φυτού ξηραίνεται και το υπόγειο μέρος εισέρχεται σε λήθαργο, μέχρι να αρχίσει ένας νέος κύκλος με την έκπτυξη των φύλλων από τις ρίζες μετά τις πρώτες βροχοπτώσεις του φθινοπώρου. Αναλυτική περιγραφή των σταδίων ανάπτυξης της αγριοαγκινάρας σύμφωνα με το διεθνές αναγνωρισμένο σύστημα BBCH code δίνεται από τους Archontouli et al. (2010).

Λόγω του γεγονότος ότι η αγριοαγκινάρα είναι η ίδια ισχυρό ζιζάνιο (εισβολέας) δεν επιτρέπει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων, ενώ σε μακροχρόνια πειράματα δεν εμφανίστηκαν ασθένειες και εχθροί του φυτού, κι έτσι η καλλιέργειά της μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων (Danalatos, 2008).

Επίσης, η αγριαγκινάρα λόγω του πλούσιου ριζικού της συστήματος που εκμεταλλεύεται άριστα τους εδαφικούς πόρους, χρειάζεται λιγότερο άζωτο (Danalatos et al., 2007).

Η απόδοση σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1200-1600 κιλά σε μη αρδευόμενα χωράφια ενώ με 2-3 αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή σε πολλές περιοχές) οι αποδόσεις κυμαίνονται από 2000 – πάνω από 2500 κιλά ξηρής ουσίας ανά στρέμμα (Archontoulis et al., 2008; Archontoulis et al., 2009). Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αντιπαράθεση με άλλες καλλιέργειες, η καλλιέργεια της αγριοαγκινάρας έχει πολύ μικρό κόστος (Danalatos, 2008).

Πρέπει να αναφερθεί, η συμβολή της καλλιέργειας στην αύξηση της γονιμότητας των εδαφών (εμπλουτισμός τους με οργανική ουσία, δημιουργία καλής δομής), και την προστασία κατά της διάβρωσης εδαφών, της νιτρορύπανσης και απομάκρυνση του κινδύνου της ερημοποίησης.

1.3 Θερμοκρασία

Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της αγριοαγκινάρας (θερμοκρασία κάτω από την οποία δεν αναπτύσσεται το φυτό/σπόρος) είναι περίπου 6-8°C (το σιτάρι έχει από 0 έως 5°C) και αυτός είναι ο λόγος που ενδημεί κυρίως στην Μεσόγειο. Το φύτρωμα του σπόρου σε θερμοκρασίες 15-20°C διαρκεί μόνο 1-2 εβδομάδες, και γι'αυτό συνίσταται σπορά από αρχές Σεπτεμβρίου έως μέσα Νοεμβρίου (φθινοπωρινή σπορά) ή από Μάρτιο έως Απρίλιο (ανοιξιάτικη σπορά) Σε χειμωνιάτικες σπορές, έχει παρατηρηθεί ότι ο σπόρος της αγριοαγκινάρας είναι πολύ ανθεκτικός και μπορεί να διατηρηθεί ζωντανός στο έδαφος για πολλές εβδομάδες, έως ότου φυτρώσει (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Η άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση της αγριοαγκινάρας είναι 19-23°C Archontoulis et al., 2008b), ενώ σε θερμοκρασίες ημέρας περί τους 22°C παρατηρείται η μέγιστη αύξηση του φυτού σε βάρος (Απρίλιο-Μάιο). Η θερμοκρασία νυκτός διαδραματίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην αύξηση και ανάπτυξη της αγριοαγκινάρας, καθώς υψηλές νυχτερινές θερμοκρασίες (>25°C) αυξάνουν την κατανάλωση υδατανθράκων (χάσιμο βάρους). Η αγριοαγκινάρα έχει συντελεστή αναπνοής (Q_{10} factor) περί το 2.2, γεγονός που σημαίνει ότι, με αύξηση της νυχτερινής θερμοκρασίας κατά 10°C (π.χ. από 20 στους 30 °C) διπλασιάζεται η απώλεια σε ξηρό βάρος.

Η αγριαγκινάρα είναι πολύ ανθεκτική και στο ψύχος (χιονοπτώσεις, παγετούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα) με την προϋπόθεση να έχει εισέλθει στο φαινολογικό στάδιο 3-4. Στο στάδιο πλήρους ανάπτυξης της ροζέτας, το φυτό αντέχει ακόμα και σε θερμοκρασίες έως και -20°C . Γενικώς, σε θερμοκρασίες $<-5^{\circ}\text{C}$ παρατηρείται μια κάμψη των φύλλων, που ξεκινά από την τοπική νέκρωση του μίσχου, ο οποίος περιέχει υψηλές ποσότητες νερού. Σε περιόδους παρατεταμένου ψύχους ή έντονης χιονόπτωσης παρατηρείται σπάσιμο των μίσχων και ολική καταστροφή της εναέριας βιομάζας. Με την άνοδο των θερμοκρασιών η καλλιέργεια επανέρχεται με την έκφυση νέων φύλλων από την κεντρική ρίζα του φυτού, τη δημιουργία ροζέτας, κοκ. Αναλόγως της χρονικής περιόδου εκδήλωσης και της έντασης του φαινομένου η τελική παραγωγή μειώνεται (10-30% αν γίνει τον χειμώνα, έως 50% αν συμβεί τον Μάρτιο).

Προσοχή θα πρέπει να δίνεται και στο υψόμετρο, καθώς μεταβάλλονται οι θερμοκρασίες. Συνήθως, σε υψόμετρα πάνω από 500 μέτρα, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών, ο βιολογικός κύκλος της αγριαγκινάρας επιμηκύνεται μέχρι και ένα μήνα, με τη συγκομιδή να πραγματοποιείται το Σεπτέμβριο (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008).

1.4 Φως

Η αγριαγκινάρα είναι απαιτητική σε φως και θεωρείται ως φυτό μεγάλης ημέρας. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης του φυτού μεγιστοποιείται ($50\text{ kgCO}_2\text{ha}^{-1}\text{h}^{-1}$) σε εντάσεις ολικής ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από 600 W/m^2 (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008)

Φωτοσύνθεση-αναπνοή-φώς

Η αναπνοή των φύλλων αγριαγκινάρας βρέθηκε ότι είναι σε συνάρτηση/εξάρτηση με τη θερμοκρασία και την περιεκτικότητα των φύλλων σε άζωτο. Σε πρόσφατη μελέτη η σχέση της αναπνοής με τη θερμοκρασία σε διάφορα επίπεδα αζώτου ποσοτικοποιήθηκε με βάση το Q10 (Archontoulis, et al, 2008). Έτσι το Q10 για την αγριαγκινάρα κυμαίνεται από 2,26 έως 2,38, ενώ τα αντίστοιχα

επίπεδα αζώτου στο φύλλο κυμαίνονται από 0,9 έως 3,9 g N m⁻² (Archontoulis, et al, 2008). Στους 25⁰C (θερμοκρασία αναφοράς) η αναπνοή του φύλλου της αγριαγκινάρας κυμαίνεται από 1,21 (ελάχιστο άζωτο=0,9) έως 2,72 (μέγιστο άζωτο=3,9). Η περιεκτικότητα του αζώτου στα φύλλα της αγριαγκινάρας έχει βρεθεί ότι

α) για τους μήνες Σεπτέμβριος έως Νοέμβριος κυμαίνεται από 2,0-3,4

β) για τους μήνες Δεκέμβριος έως Απρίλιος κυμαίνεται από 2,5-3,9

γ) για τους μήνες Μάιος έως Ιούνιος κυμαίνεται από 0,9-1,7

1.5 Νερό

Η αγριαγκινάρα τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες αναπτύσσεται εκμεταλλευόμενη άριστα τις βροχοπτώσεις. Σε αυτό συντελεί η κλειστή φυλλοστοιβάδα, που καλύπτει πλήρως το έδαφος, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες εξάτμισης και τις απώλειες απορροής. Μεγάλη είναι επίσης η συμβολή του εκτεταμένου ριζικού συστήματος. Έχει υπολογιστεί ότι το ελάχιστο εύρος βροχοπτώσεων (από τη σπορά ή το φύτευμα έως το τέλος της ανθοφορίας, συνήθως Μάιο) πρέπει να είναι τουλάχιστον 400 χιλιοστά προκειμένου να μην καταστεί περιοριστικός παράγοντας η διαθεσιμότητα υγρασίας (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008)

Η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας συνήθως καλλιεργείται ως ξηρική, κάνοντας χρήση των χειμερινών και των ανοιξιάτικων βροχοπτώσεων. Εφαρμογή 1 -2 αρδεύσεων τον Απρίλιο-Μάιο ανεβάζουν θεαματικά την απόδοση σε πολύ υψηλά επίπεδα (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008). Σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη, το βαθύ ριζικό της σύστημα κάνει χρήση των επιπλέον αποθεμάτων νερού αυξάνοντας θεαματικά τις αποδόσεις σε βιομάζα. Το κρίσιμο βροχομετρικό ύψος είναι τα 400 χιλιοστά / καλλιεργητική περίοδο (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008).

Σε πείραμα που έγινε στον Παλαμά το 2007 (Archontoulis et al, 2008) παρατηρήθηκε ότι εφαρμογή 2-3 αρδεύσεων τον Μάιο (130 χιλιοστά νερού) αύξησε τη βιομάζα περί το 10% και την παραγωγή σπόρου σε σημαντικό βαθμό περί το 25%.

1.6 Έδαφος

Η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί στους περισσότερους τύπους εδαφών από ελαφρά έως βαριά, ασβεστούχα, ακόμα και σε άγονα πετρώδη και επικλινή. Γενικώς αρέσκεται σε ελαφρώς όξινα έως αλκαλικά πηλώδη εδάφη ($\text{pH}=6.5-8.2$) ενώ δεν ενδείκνυται για βαριά, όξινα εδάφη. Σε αλατούχα εδάφη, η αγριαγκινάρα θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που θα ακολουθήσουν, γιατί, ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη, μετακινεί τα άλατα από τα βαθύτερα στρώματα (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008).

1.7 Καλλιεργητικές φροντίδες

Επειδή η καλλιέργεια είναι πολυετής, η προετοιμασία και η σπορά του αγρού θα γίνει μια φορά στα επτά έως δώδεκα χρόνια. Παρόλα αυτά απαιτείται προσοχή και φροντίδα, καθώς λάθη κατά την προετοιμασία και τη σπορά είναι μη αναστρέψιμα και μπορούν να μειώσουν την παραγωγικότητα και τη διάρκεια ζωής της καλλιέργειας (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Η αγριαγκινάρα πρέπει να σπέρνεται από τα μέσα Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου, πριν η θερμοκρασία πέσει σε χαμηλά επίπεδα (τουλάχιστον $< 6-8^{\circ}\text{C}$). Εναλλακτικά πρέπει να σπέρνεται τον Μάρτιο-Απρίλιο, αλλά σε αυτή την περίπτωση το φυτό δεν θα συγκομισθεί το καλοκαίρι (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.8 Λίπανση

Η αγριαγκινάρα, σε αντίθεση με πολλές άλλες καλλιέργειες, έχει ένα πολύ βαθύ και εκτεταμένο ριζικό σύστημα (έως 5 μέτρα), γεγονός που της προσδίδει συγκριτικό πλεονέκτημα στην ικανότητα απορρόφησης θρεπτικών συστατικών από βαθιά εδαφικά στρώματα (Δαναλάτος, Αρχοντούλης, 2008). Έτσι, η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας, έχει μικρές έως ελάχιστες απαιτήσεις σε χημικά λιπάσματα τα πρώτα 2-3 έτη μετά την εγκατάσταση. Σύμφωνα με ερευνητικά αποτελέσματα του Εργ.

Γεωργίας Π.Θ, στο Βελεστίνο, όπου το δυναμικό παραγωγής ήταν της τάξεως 1-1.5 τ/στρ, δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση των λιπασμάτων στην αύξηση της παραγωγής κατά τα 4-5 πρώτα έτη της καλλιέργειας (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Επιπρόσθετα, η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας παράγει μεγάλη ποσότητα φυτομάζας (έως και 1.000 κιλά ξ.ο. φύλλων/στρ) στο φαινολογικό στάδιο από το 1 έως 4 (δες πίνακα 1), τα οποία τα εναποθέτει στο έδαφος («χούμος»). Η πτώση των φύλλων, υπό φυσιολογικές συνθήκες, πραγματοποιείται όταν η περιεκτικότητα σε άζωτο στους φυτικούς ιστούς έχει ελαχιστοποιηθεί (0.7-1.1 %). Δηλαδή, η καλλιέργεια μπορεί να «αυτολιπανθεί» μέχρι και με 8 κιλά αζώτου/στρ σε αγρούς που η διαθεσιμότητα νερού δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Σε ένα μέσης σύστασης και περιεκτικότητας σε οργανική ουσία έδαφος ορυκτοποιούνται περί τις 3-7 μονάδες αζώτου ανά έτος. Έτσι, λοιπόν, η τελική απορρόφηση των φυτών μπορεί να φθάσει τις 10-15 μονάδες αζώτου (παραγωγή βιομάζας 1-1,5τόνο/στρέμμα). Η απορρόφηση θρεπτικών από το φυτό εξαρτάται επίσης από την περίοδο συγκομιδής και τον καταμερισμό της ξηρής ουσίας σε βλαστό, φύλλα, σπόρο κτλ., καθώς τα διάφορα φυτικά τμήματα έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά (π.χ. οι σπόροι περιέχουν 3.2% άζωτο, ενώ οι βλαστοί μόνο 0.65%). Έτσι, αν η συγκομιδή πραγματοποιηθεί τον Αύγουστο, όταν η καλλιέργεια είναι ξηρή (υγρασία <15%) θα αφαιρεθεί το ελάχιστο των θρεπτικών στοιχείων (nutrients remobilization) σε αντίθεση με μια πρόωμη συγκομιδή νωρίς την Άνοιξη για χλωρή ζωοτροφή (υγρασία >60% Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Σε πειράματα στο Π.Θ. πολύ υψηλές αποδόσεις πραγματοποιήθηκαν με μηδενικές λιπάνσεις μέχρι το τρίτο έτος της καλλιέργειας και μέχρι 5-7 μονάδες N μετά το τέταρτο έτος (Danalatos et al., 2007). Σε αντίθεση σε πείραμα που έγινε στον Παλαμά (Archontoulis, et al., 2008) παρατηρήθηκε ότι εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης στο στάδιο της ανθοφορίας αύξησε την παραγωγή κεφαλιών καθώς και την απόδοση σε σπόρο, ενώ η παραγωγή βλαστικών οργάνων (π.χ. βλαστός βραχίονας) δεν αυξήθηκε σημαντικά.

1.9 Παραγωγές αγριαγκινάρας

Το 2007-2008 πραγματοποιήθηκε πείραμα, σε 3 περιοχές της Ελλάδας, στο Κιλκίς, την Καρδίτσα και το Αγρίνιο για δυο χρόνια, το οποίο παρέχει τις αγρονομικές βάσεις δεδομένων όσον αφορά την απόδοση και την παραγωγή βιομάζας τριών καλλιεργειών, αγριαγκινάρας, σόργου και ηλίανθου. Τα αποτελέσματα, έδειξαν πολύ καλές αποδόσεις αγριαγκινάρας στην Καρδίτσα με παραγωγή ξηρής βιομάζας έως και 35 t/ha.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι αποδόσεις σε χλωρό βάρος, ξηρό καθώς και η παραγωγή σπόρου. Παρουσιάστηκαν στατιστικά μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις περιοχές. Όπως φαίνεται οι μεγαλύτερες αποδόσεις ληφθήκαν στην Καρδίτσα. Οι υψηλές αποδόσεις μπορεί να οφείλονται σε: α)Μεγαλύτερη διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος β) υψηλή γονιμότητα του εδάφους σε αντίθεση με το Κιλκίς εξαιτίας της μέτριας πίεσης νερού, ενώ στο Αγρίνιο η παραγωγή περιορίστηκε εξαιτίας της έλλειψης φωσφόρου.

Παραγωγές αγριαγκινάρας σε 3 περιοχές της Ελλάδας (Danalatos and Archondoulis 2009)

Περιοχή	Ύψος Εκατοστά	Ολικό χλωρό βάρος (τ/εκτάριο)	Ολικό ξηρό βάρος (τ/εκτάριο)
Κιλκίς	121,7	14,7	13.6
Καρδίτσα	293,3	47,8	35.1
Αγρίνιο	54.4	5.9	5.2

1.10 Σκοπός της μελέτης

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η παραγωγή σπόρου αγριαγκινάρας δεν έχει μελετηθεί σε βάθος, καθώς επίσης ότι ο διαχωρισμός του σπόρου από τη κεφαλή είναι πολύ δύσκολη εργασία. Κύριος σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να

καθορίσει συσχετίσεις προκειμένου η περιεκτικότητα των κεφαλιών σε σπόρο να υπολογίζεται από απλές αλλομετρικές συναρτήσεις.

Μετάπειτα και εφόσον καθοριστεί η παραγωγή του σπόρου σε κιλά/στρ, δεύτερος στόχος της μελέτης είναι να διερευνήσει την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης καθώς και της άρδευσης στην παραγωγή σπόρου βιομάζας στο Βελεστίνο Μαγνησίας το 2009.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Πειραματικό σχέδιο

Για τους σκοπούς της μελέτης έγινε πείραμα αγρού στο Πειραματικό Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Το πειραματικό σχέδιο είναι παραγοντικό 2 x 5 διχαζομένων τεμαχίων (split-plot) με έξι επαναλήψεις (blocks).

Οι παράγοντες είναι:

α) άρδευση (I):

- Επίπεδο I₁: Απότιστο
- Επίπεδο I₂: Συμπληρωματικά αρδευόμενο

β) Αζωτούχος λίπανση (N):

- Επίπεδο N1: 0 kg N/στρ
- Επίπεδο N2: 6 kg N/στρ.
- Επίπεδο N3: 12 kg N/στρ
- Επίπεδο N4: 18 kg N/στρ.
- Επίπεδο N5: 24 kg N/στρ

Κάθε πειραματικό τεμάχιο έχει διαστάσεις 4m x 9 m δηλαδή εμβαδόν 40 m², Επομένως, η συνολική έκταση του πειράματος είναι 40 m² x 60 = 2400 m² και μαζί με τους διαδρόμους (πλάτους 2 m) m². Το πειραματικό σχέδιο παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.

***Cynara cardunculus* Experiment (Velesino 2008/2009)**

■ = dry Experiment , ■ = wet Experiment

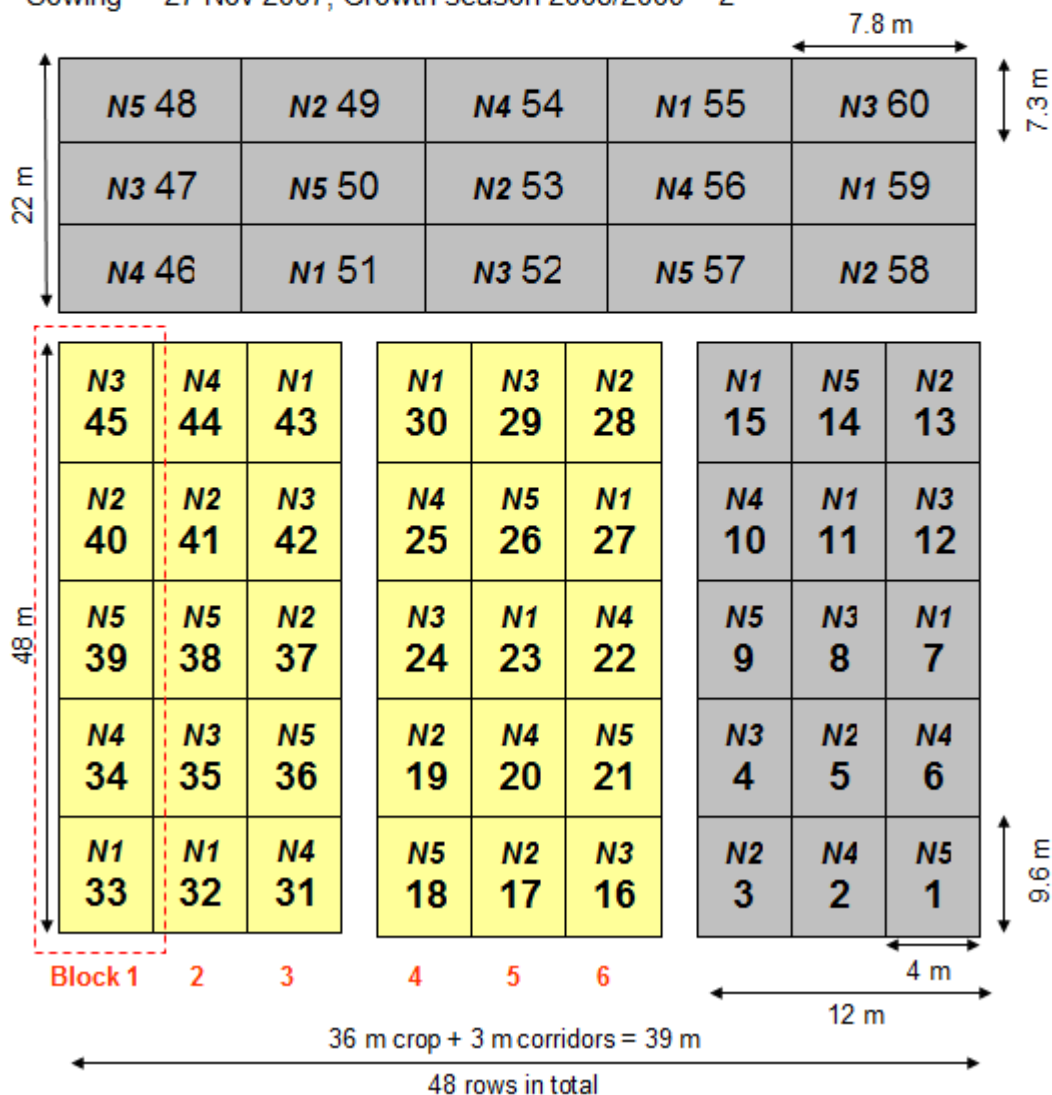
Combined Split-Plot Experiment in 6 blocks:

2 Irrigations x 5 Nitrogen levels x 6 blocks = 60 plots

Plots 16-45 = irrigated and plots 1-15 and 46-60 = rainfed plots

N-application date = 28 Apr 2009 at rates 0, 60, 120, 180 and 240 kg N/ha

Sowing = 27 Nov 2007; Growth season 2008/2009 = 2nd



Αφορά την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας την περίοδο 2008/2009 στο Βελεστίνο. Η καλλιέργεια σπάρθηκε το Νοέμβριο του 2007, και η καλλιεργητική περίοδος του 2008/2009 αφορά το 2^ο έτος πειραματικό σχέδιο είναι split-plot σε 6

επαναλήψεις ($2 \times 5 \times 6 = 60$ πειραματικά τεμάχια). Ο κύριος παράγοντας ήταν η άρδευση σε 2 επίπεδα (I_1 =απότιστο και I_2 =ποτισμένο με 3 με τρεις εφαρμογές άρδευσης, συνολική ποσότητα νερού 140mm). Ο δευτερεύον παράγοντας αφορά την αζωτούχο λίπανση με τη μορφή νιτρικής αμμωνίας (σκεύασμα 34-0-0) σε 5 επίπεδα ($N_1=0$, $N_2=6$, $N_3=12$, $N_4=18$, $N_5=24$ kg N/στρεμ.). Η έκταση κάθε πειραματικού τεμαχίου ήταν περί τα $4 \times 9.7 = 40$ m², η δε συνολική έκταση του πειράματος συμπεριλαμβανομένου και των διαδρόμων ήταν $70 \times 39 = 3$ στρεμ. Η εφαρμογή αζώτου πραγματοποιήθηκε 28 Απριλίου 2009, όταν το φυτό ήταν στο στάδιο ανάπτυξης BBCH 51 (Archontoulis et al., 2010). Η εφαρμογή της άρδευσης πραγματοποιήθηκε από τις 20/5 έως τις 15/6, η δε καλλιέργεια βρίσκονταν στο στάδιο ανάπτυξης BBCH 57–69.

❖ Έδαφος

Το έδαφος όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα κατατάσσεται ταξινομικά στα Xerochrept και συγκεκριμένα στις υποομάδες Typic και Calcic Xerochrept (Μήτσιος κ.α., 2000) και χαρακτηρίζεται από μέσης έως λεπτόκοκκης μηχανικής σύστασης και εμφανίζεται με υφή που είναι: πηλώδης, αμμοαργιλοπηλώδης, αργιλοπηλώδης έως αργιλώδης. Η περιεκτικότητα των ανθρακικών αλάτων μειώνεται με το βάθος και στα επιφανειακά τμήματα όπου και το ριζόστρωμα των φυτών, βρίσκεται σε ποσοστά που δεν προκαλούν προβλήματα στην καλλιέργεια. Η κατάσταση υδρομορφίας είναι άριστη (Μήτσιος κ.α., 2000).

Το έδαφος είναι επίπεδο οριζόντιο, χωρίς προβλήματα διάβρωσης, αλλά με κάποιο κίνδυνο απόθεσης νέων υλικών σε συνθήκες έντονων και πλημμυρικών βροχοπτώσεων. Ο βαθμός οξύτητας είναι αλκαλικός, αλλά κάτω των ορίων επικινδυνότητας για απόθεση αλάτων και δημιουργία παθογένειας. Το έδαφος είναι εφοδιασμένο με θρεπτικά στοιχεία σε ικανοποιητικά μέχρι μέτρια επίπεδα (Μήτσιος κ.α., 2000). Λεπτομερειακά στοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Υποομάδα : **Typic Xerochrept**

Βάθος ς (cm)	Οργ. ουσία gr/100 gr εδάφους .	CaCO 3 %	p H	K me/10 0 gr. εδαφ.	Na me/10 0 gr. εδαφ.	Ca me/10 0 gr. εδαφ.	Mg me/10 0 gr. εδαφ.	ΙΑΚ me/10 0 gr. εδαφ.
0-32	1,3	9	7,7	1,15	0,07	23,32	3,06	27,60
32-63	0,63	12,3	7,9	1,10	0,18	18,5	4,93	24,7
63-88	0,6	9,4	8,0	1,21	0,19	15,57	3,73	20,7
88-131	0,56	11,2	8,1	1,55	0,24	17,98	5,43	25,2
131-162	1,07	9,2	8,1	2,30	0,20	14,77	8,03	25,3

*ΙΑΚ= ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Βάθος (cm)	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
0-32	3,00	2,40	1,44	8,40
32-63	2,00	1,58	0,52	2,60

* Fe,Cu,Zn,Mn ιχνοστοιχεία

Υποομάδα : **Calcic Xerochrept**

Βάθος ς (cm)	Οργ. ουσία gr/100 gr εδάφους .	CaCO 3 %	p H	K me/10 0 gr. εδάφ.	Na me/10 0 gr. εδάφ.	Ca me/10 0 gr. εδάφ.	Mg me/10 0 gr. εδάφ.	ΙΑΚ me/10 0 gr. εδάφ.
0-30		3,1	7,9	0,15	0,17	23,27	3,71	27,30
30-53	1,5	6,1	8	0,16	0,19	21,06	4,84	26,25
53-70	1,17	14,1	8,1	0,29	0,26	23,12	7,83	31,50
70-99	1,1	19,3	7,9	0,26	0,24	25,04	8,66	34,20
99-126	0,93	10,3	8,	0,23	0,39	27,43	9,45	37,50

*ΙΑΚ= ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

Βάθος (cm)	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
0-30	3,40	1,32	0,78	7,40
30-53	4,00	1,36	0,58	4,80

* Fe,Cu,Zn,Mn ιχνοστοιχεία

Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (3/8/09), όπου το φυτό βρισκόταν στο στάδιο της συγκομιδής (BBCH 95), 60 πειραματικά τεμάχια, έκτασης 1 m² το καθένα, συγκομίστηκαν. Αρχικά κάθε δείγμα (3-6 φυτά/δείγμα) διαχωρίστηκε σε βλαστούς (συνυπολογιζόμενους και τους βραχίονες) και σε κεφάλια (όργανα καρποφορίας) και ζυγίστηκαν στον αγρό αμέσως. Ο αριθμός των φυτών/δείγμα και το ύψος των φυτών μετρήθηκε. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι ξεροί μίσχοι και τα ξερά φύλλα δεν υπολογίστηκαν κατά την επεξεργασία, διότι ήταν ξερά και τρίβονταν. Κατόπιν τα υλικά τοποθετήθηκαν σε σακούλες και μεταφέρθηκαν σε ένα στεγνό χώρο για ξήρανση 1-2 εβδομάδες. Μετά την ξήρανση, οι βλαστοί και τα κεφάλια ξαναζυγίστηκαν για να καθορίσουν τα ξερά βάρη. Στην περίπτωση των κεφαλιών δεν μετρήθηκε ολικό βάρος αλλά ζυγίστηκαν τα κεφάλια ένα προς ένα και το τελικό άθροισμα καθόρισε το ολικό ξηρό βάρος των κεφαλιών ανά δείγμα, δηλαδή ανά m².



Εικόνα 1. Κεφαλές αγριαγκινάρας προς διαχωρισμό σπόρου.

Στη συνέχεια 3 τυχαία κεφάλια (μικρό, μεσαίο, μεγάλο) ανά δείγμα επιλέχθηκε για περαιτέρω επεξεργασία. Τα επιλεγμένα κεφάλια (3*60=180) ξαναζυγίστηκαν και η διάμετρος της βάσης τους μετρήθηκε. Στη συνέχεια

ακολούθησε η εξαγωγή των σπόρων από κάθε κεφάλι. Οι σπόροι μετρήθηκαν για να καθορίσουν τον αριθμό των σπόρων που περιέχονται σε κάθε κεφάλι και ζυγίστηκαν για να καθορίσουν το βάρος των σπόρων ανά κεφάλι.

Μετέπειτα και προκειμένου α καθορίσουμε την παραγωγή του σπόρου σε μονάδα έκτασης (δηλαδή kg/στρεμ) και όχι σε κάθε κεφάλι χωριστά (gr σπόρου/κεφάλι) η καλύτερη συσχέτιση που προέκυψε από συνάρτηση βάρους κεφαλής σε σχέση με το βάρος των σπόρων και η διάμετρος κεφαλής σε σχέση με το βάρος των σπόρων χρησιμοποιήθηκε για να υπολογίσει την περιεκτικότητα σε σπόρο κάθε κεφαλιού χωριστά και μετέπειτα αθροίστηκε για να δώσει την ολική παραγωγή σπόρου ανά μονάδα έκτασης.

❖ **Μετεωρολογικά δεδομένα**

Ωριαία μετεωρολογικά δεδομένα πάρθηκαν από αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό που ήταν εγκατεστημένος στην περιοχή του αγροκτήματος και αφορούν: θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση, ταχύτητα ανέμου και ηλιοφάνεια.

❖ **Στατιστική ανάλυση**

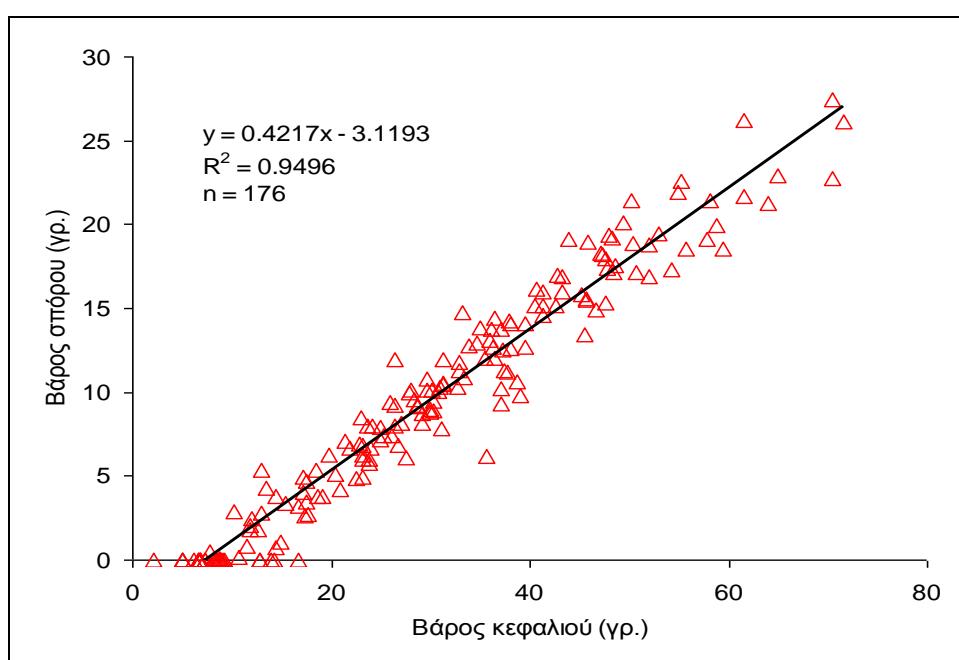
Μετά την συλλογή των πειραματικών δεδομένων, έγινε στατιστική ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) με την χρήση του στατιστικού πακέτου GENSTAT (Version 7) ακολουθώντας διπαραγοντικό σχέδιο ανάλυσης (split-plot).

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1 Κλιματικές συνθήκες

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικό Μεσογειακό κλίμα με ψυχρούς και υγρούς χειμώνες και πολύ ξηρά και θερμά καλοκαίρια. Η Θεσσαλία, η οποία αποτελεί το γεωγραφικό τόπο του πειράματός μας, χαρακτηρίζεται από πιο ηπειρωτικά κλιματικά χαρακτηριστικά, με ψυχρότερους χειμώνες και θερμότερα καλοκαίρια.

3.2 Σχέση βάρους σπόρων – βάρους κεφαλής

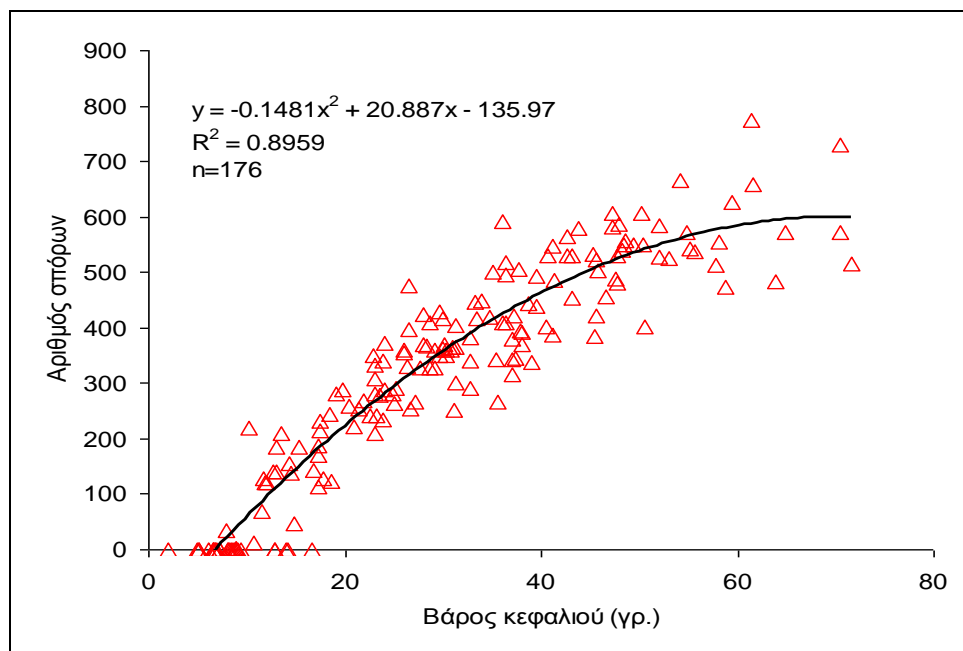


Σχήμα 1. Βάρος σπόρου που περιέχεται στην κεφαλή σε συνάρτηση του βάρους της.

Φαίνεται λοιπόν ότι ακολουθεί μια γραμμική συνάρτηση, όπου καταδεικνύει ότι το βάρος του σπόρου αυξάνεται αναλογικά με το βάρος του κεφαλίου. Το R^2 υποδηλώνει το ότι η σχέση μας είναι ακριβής σε ποσοστό 95% περίπου. Σύμφωνα με την πτυχιακή διατριβή της Τσιτσιμπίκου στην οποία το ποσοστό επιτυχίας ήταν ομοίως αξιόλογο ($R^2=96\%$) βλέπουμε ότι κυμαινόμαστε σε ικανοποιητικά επίπεδα. επίσης κατά την έρευνα του Αρχοντούλη (Archontoulis ..et al, 2009) όπου $R^2=96\%$ φαίνεται ότι το ποσοστό επιτυχίας είναι παρόμοιο της παραπάνω έρευνας.

Πέραν ενός σημείου όσο αυξάνεται το βάρος της κεφαλής αυξάνεται και το βάρος του σπόρου με συντελεστή 42,17%. Το μέγιστο βάρος του σπόρου μια κεφαλής στο Βελεστίνο είναι περί τα 70 gr (100 gr είναι για τον Παλαμά) (Archontoulis ..et al, 2008), η δε μέγιστη περιεκτικότητα σε σπόρο του μεγαλύτερου κεφαλιού είναι 26 gr (41 είναι για το Παλαμά). Αυτά τα δεδομένα είναι τα πρώτα που προκύπτουν για την περιοχή του Βελεστίνου καθώς οι προηγούμενες μελέτες (Σκούρας, 2003, Γιαννούλης, 2007) δεν μελέτησαν τα όργανα καρποφορίας αλλά επικεντρώθηκαν στην παραγωγή βιομάζας. Δεδομένου ότι η παραπάνω σπόρου μπορεί να περιγραφεί κατά 94% από το βάρος του σπόρου, εφαρμόσαμε αυτή τη σχέση σε κάθε κεφαλή που περιέχονταν σε κάθε δείγμα και το άθροισμα των υπολογισμών έδωσε την τελική παραγωγή σπόρου ανά δείγμα η αλλιώς ανά τετραγωνικό μέτρο η αλλιώς σε kg/στρ. Παρόμοιες μελέτες (Archontoulis ..et al, 2008), (Τσιτσιμπίκου, 2009) δείχνουν όμοιες συναρτήσεις γεγονός που αυξάνει τα ευρήματά μας.

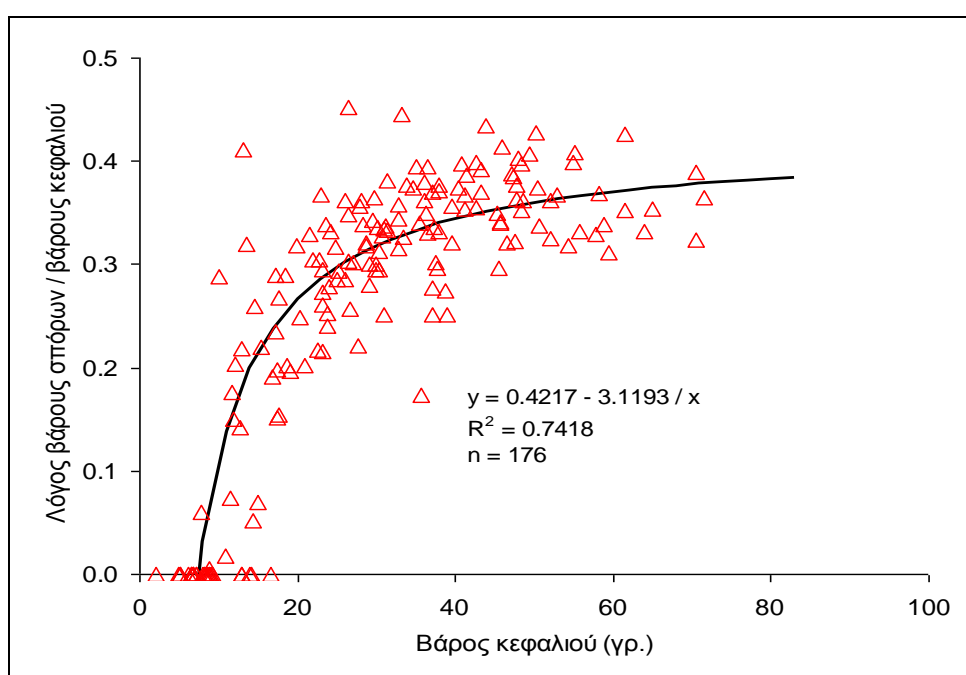
3.3 Σχέση αριθμού σπόρων-βάρος κεφαλιού



Σχήμα 2. Αριθμός σπόρων που περιέχεται στην κεφαλή σε συνάρτηση του βάρους της.

Συσχετίζοντας τον αριθμό του σπόρου με το βάρος της κεφαλής βρήκαμε μια μη-γραμμική συνάρτηση. Η παραλλακτικότητα είναι μεγάλη και για τη σωστή περιγραφή της απαιτείται μη γραμμικό μοντέλο. Ένα σημαντικό εύρημα από αυτή την μελέτη είναι ότι ο μέγιστος αριθμός σπορών ανέρχεται στα 680 σπόρια ανά κεφάλι. Στον Παλαμά τα μεγάλα κεφαλιά μπορούν να περιέχουν έως και 800 σπόρους (Archontoulis ..et al, 2008).

3.4 Σχέση λόγου βάρους σπόρων/βάρος κεφαλιού-βάρος κεφαλιού

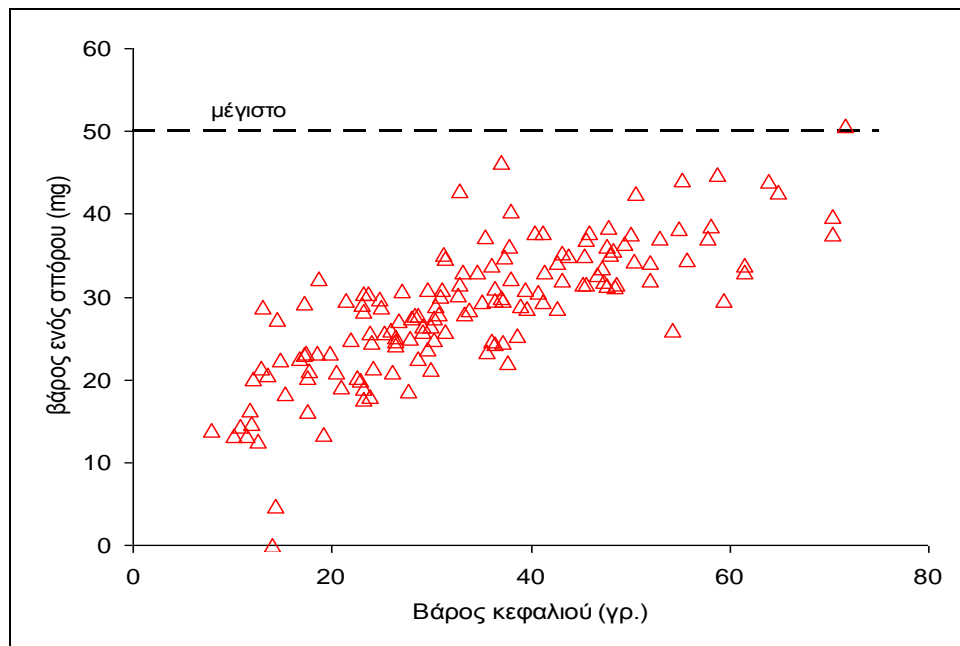


Σχήμα 3. Λόγος βάρους σπόρων/βάρους κεφαλιού που περιέχεται στην κεφαλή σε συνάρτηση του βάρους της.

Συσχετίζοντας το λόγο βάρους σπόρου/κεφαλής (=δείκτης συγκομιδής στο επίπεδο της κεφαλής) με το βάρος της κεφαλής βρήκαμε ότι ο λόγος είναι περί το 15% για τα μικρά κεφάλια (<20 gr), περί το 30% για τα μεσαία κεφάλια (20-40 gr) και περί το 38% για τα μεγάλα κεφάλια (>40 gr). Η εξίσωση αυτή μας δείχνει ότι το y αυξάνεται όσο αυξάνεται και το x, έως ένα κρίσιμο σημείο και μετά παραμένει σταθερό.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι προτιμότερο να έχουμε μεγάλα κεφάλια, η αλλιώς λίγα μεγάλα κεφάλια και όχι παρά πολλά και μικρά. Δίνεται λοιπόν σημασία στην ποιότητα πιο πολύ και όχι τόσο στην ποσότητα. Αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε επόμενες μελέτες.

3.5 Σχέση βάρος σπόρου-βάρος κεφαλιού



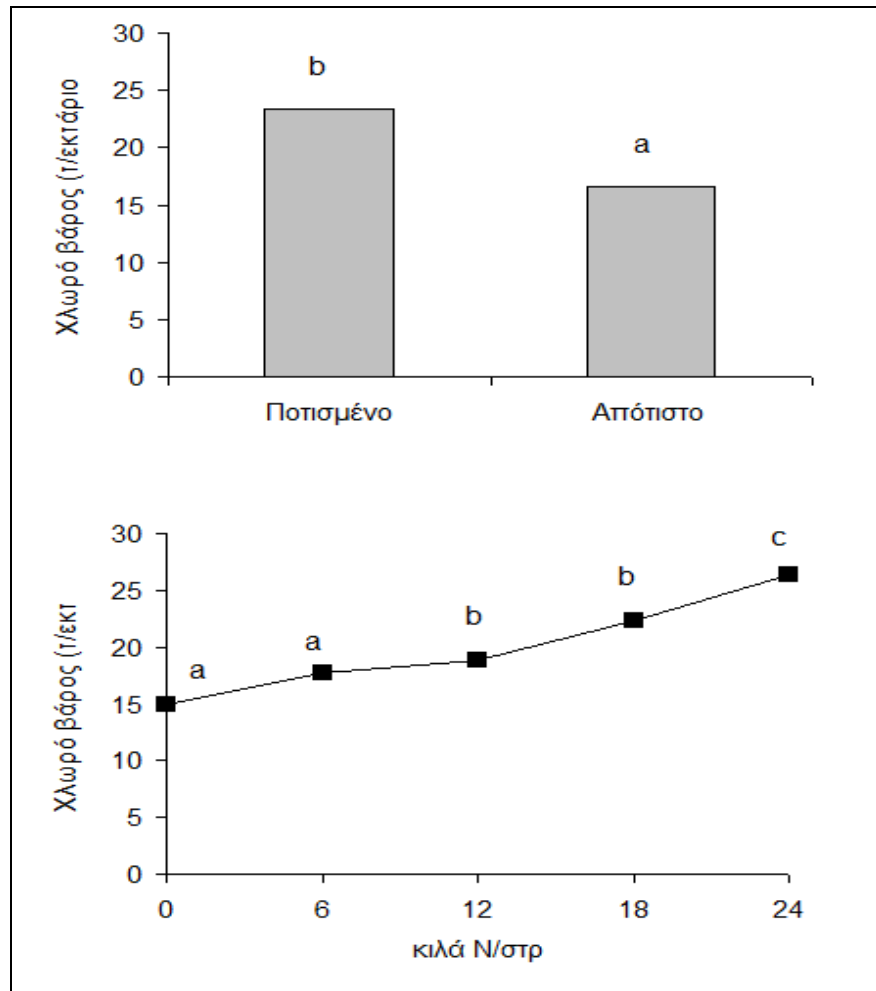
Σχήμα 4. Βάρος ενός σπόρου που περιέχεται στην κεφαλή σε συνάρτηση του βάρους της.

Διαιρώντας το βάρος του σπόρου που περιέχεται σε ένα κεφάλι ως προς τον αριθμό του σπόρου που περιέχεται στο ίδιο κεφάλι, βρίσκουμε το ειδικό βάρος του σπόρου. Το ειδικό βάρος του σπόρου κυμαίνεται από 17 έως 47 mg/σπόρος για το Βελεστίνο, μέσο όρο περί το 28.

3.6 Ολικό χλωρό βάρος (τόνους/εκτάριο)

Η άρδευση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά την παραγωγή σε χλωρό βάρος ($P=0.011$). Η λίπανση ($P<.001$) είχε θετική επίδραση στην αύξηση της χλωρής

βιομάζας. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 12 μονάδες λίπανσης.

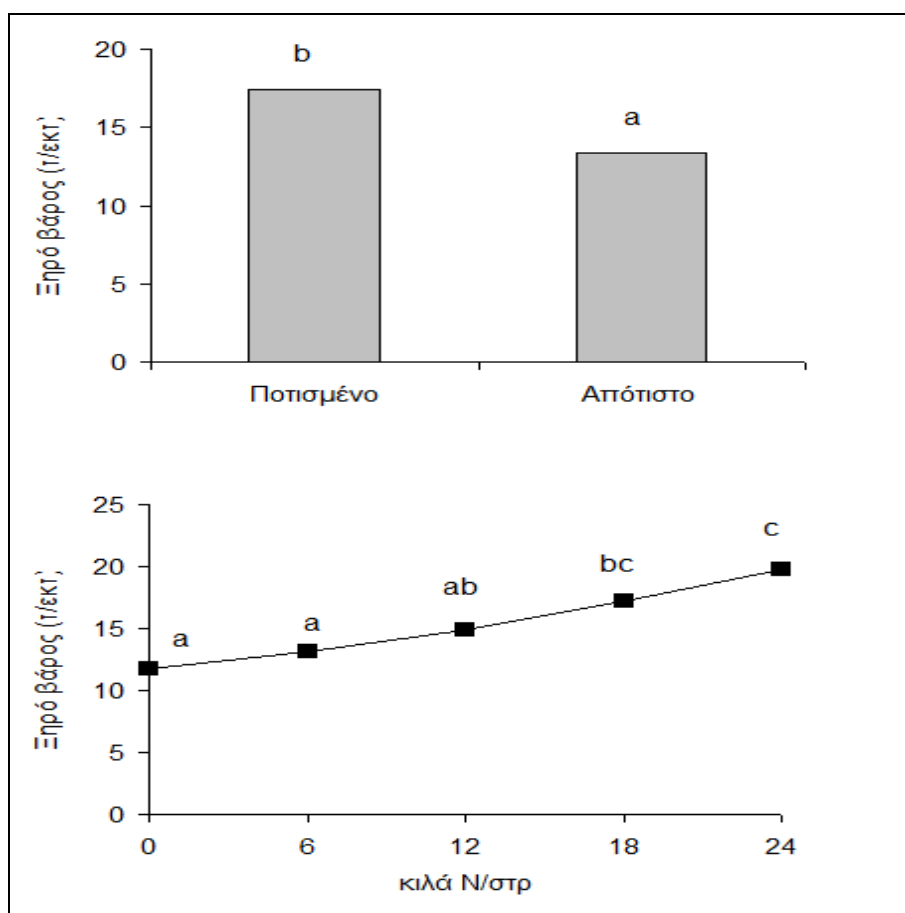


Σχήμα 5. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ολικό χλωρό βάρος στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P < 0.05$).

3.7 Ολικό ξηρό βάρος (τόνους/εκτάριο)

Η άρδευση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά την παραγωγή σε ξηρό βάρος ($P=0.009$). Η λίπανση είχε θετική επίδραση στην αύξηση της ξηρής βιομάζας. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 12 μονάδες λίπανσης.

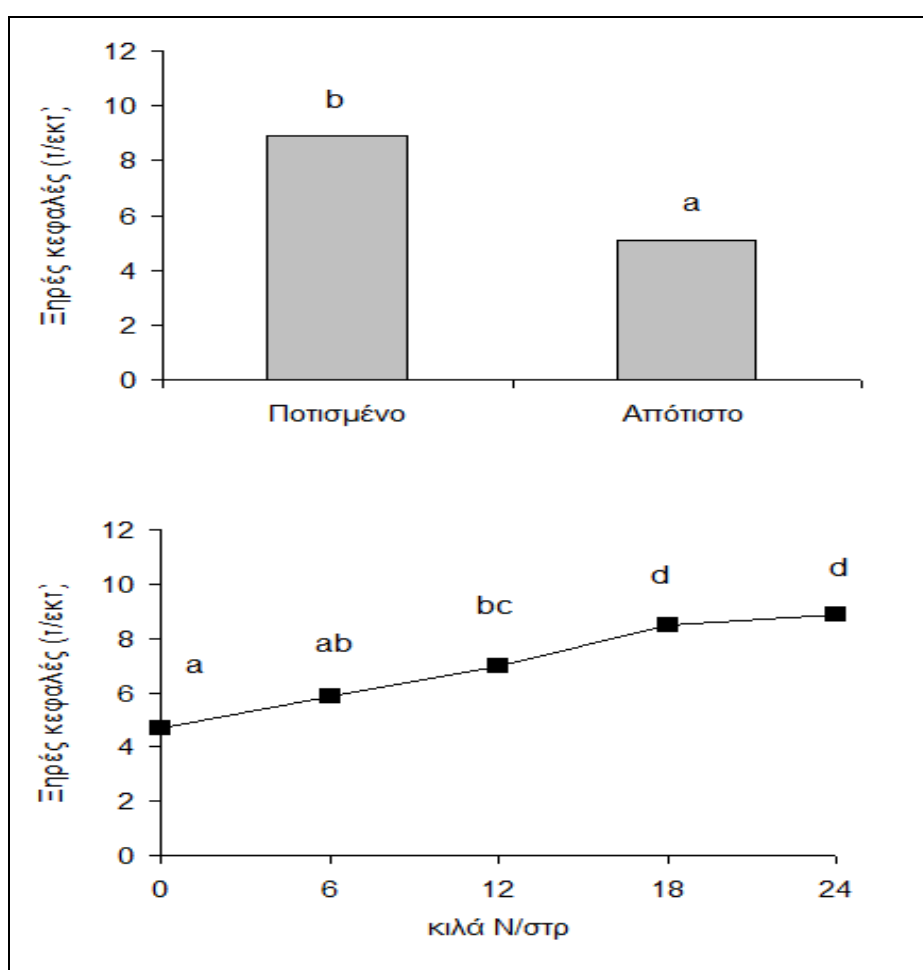
Παρακάτω παρουσιάζονται οι μέσοι όρους του ολικού ξηρού βάρους σε τόνους ανά εκτάριο σε σχέση με 2 εφαρμογές άρδευσης και 5 αζωτούχου λίπανσης. Με εφαρμογή άρδευσης τον Μάιο η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε κατά 23%. Η εφαρμογή αζώτου κατά το κρίσιμο στάδιο της ανθοφορίας του φυτού αύξησε την παραγωγή σπόρου από 11,7 σε 19,8 τ/εκτ η αλλιώς κατά 41%. Αυτό είναι σε αντίθεση με προηγούμενα πειράματα που έγιναν (Σκούρας, 2003, Γιαννούλης, 2004, Γιαννούλης, 2007) και προφανώς οφείλεται στο ,ότι οι δειγματοληψίες γίνανε πριν την τελική ωρίμανση του φυτού (π.χ αρχές Ιουλίου) όπου ο σπόρος δεν είχε ωρίμανση και επιπλέον στο γεγονός ότι το μελετώμενο εύρος αζώτου ήταν 0-10 μονάδες. Ως γνωστόν ο σπόρος έχει 3% περιεκτικότητα σε άζωτο σε σχέση με το βλαστό που έχει 0,4% (Archontoulis ..et al, 2008).



Σχήμα 6. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ολικό ξηρό βάρος στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P < 0.05$).

3.8 Ολικό ξηρό βάρος κεφαλιών (τόνους/εκτάριο)

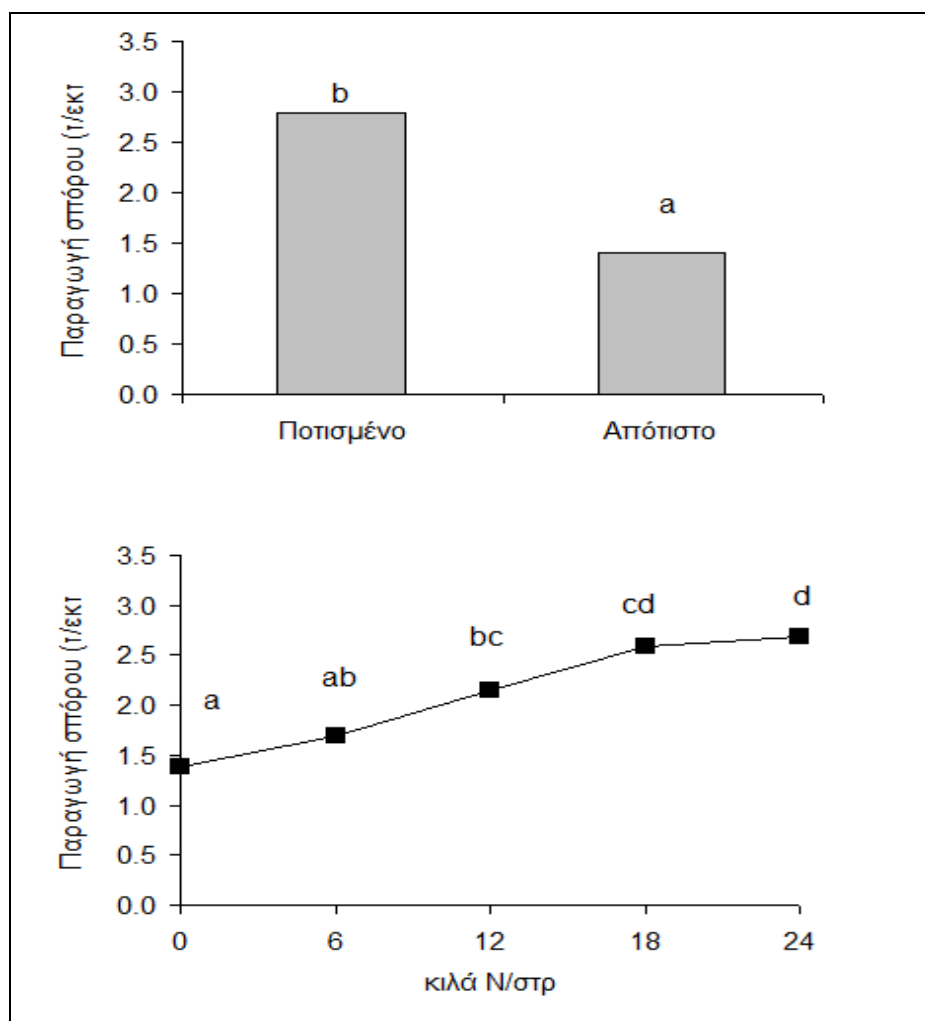
Η άρδευση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά το ολικό ξηρό βάρος κεφαλιών ($P<.001$). Η λίπανση είχε θετική επίδραση στην αύξηση του ολικού ξηρού βάρους κεφαλιών. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 6 μονάδες λίπανσης. Με εφαρμογή άρδευσης η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε κατά 42%. Η εφαρμογή αζώτου κατά το κρίσιμο στάδιο της ανθοφορίας του φυτού αύξησε την παραγωγή σπόρου από 4.71 σε 8.89 τ/εκτ η αλλιώς κατά 47%.



Σχήμα 7. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ολικό ξηρό βάρος κεφαλιών στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P<0.05$).

3.9 Ολικό ξηρό βάρος σπόρου (κιλά/στρέμμα)

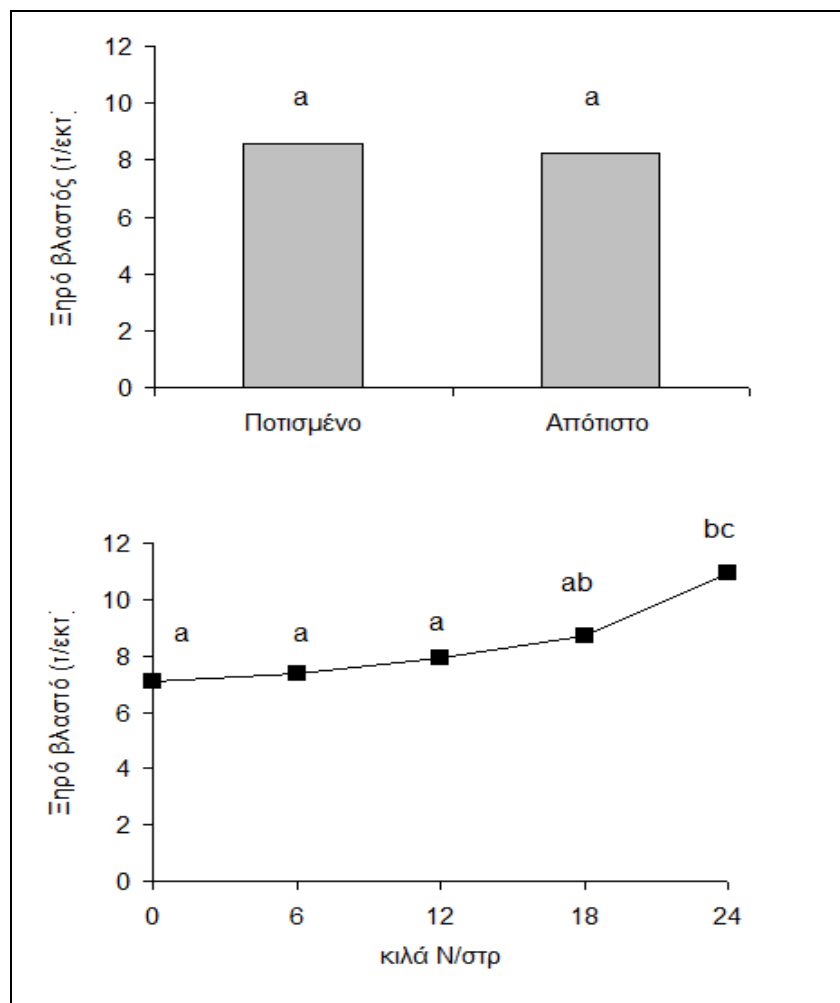
Η άρδευση επηρέασε στατιστικά σημαντικά το ολικό ξηρό βάρος σπόρου ($P<0.001$). Η λίπανση είχε θετική επίδραση στην αύξηση της ξηρής βιομάζας σπόρου. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικά σημαντική μόνον πέραν από τις 6 μονάδες λίπανσης. Η εφαρμογή άρδευσης το Μάιο αύξησε την παραγωγή βιομάζας κατά 49%. Η εφαρμογή αζώτου αύξησε την παραγωγή σπόρου από 1,387 σε 2,693 τον/εκτ, ή αλλιώς κατά 48%.



Σχήμα 8. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ολικό ξηρό βάρος σπόρου στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικές σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P<0.05$).

3.10 Ολικό ξηρό βάρος βλαστών (τόνους/εκτάριο)

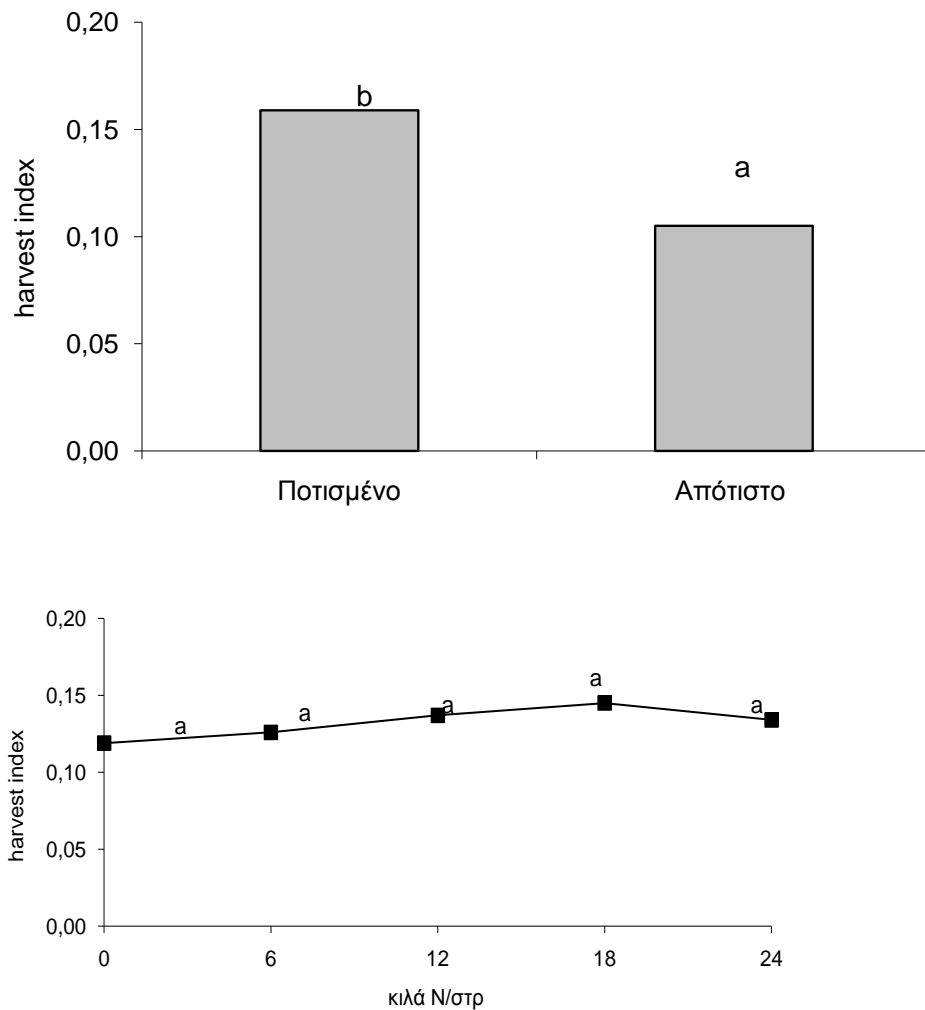
Η άρδευση δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά το ολικό ξηρό βάρος βλαστών ($P=0,639$). Η λίπανση είχε θετική επίδραση στην αύξηση της ξηρής βιομάζας βλαστών. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 18 μονάδες λίπανσης. Η εφαρμογή του αζώτου αύξησε το ολικό ξηρό βάρος βλαστών από 7,07 σε 10,9 ή αλλιώς κατά 35%.



Σχήμα 9. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ολικό ξηρό βάρος βλαστών στο Βελεστίνο το 2009.

3.11 Δείκτης συγκομιδής ΗΙ (λόγος βάρους σπόρων/ολικό βάρος)

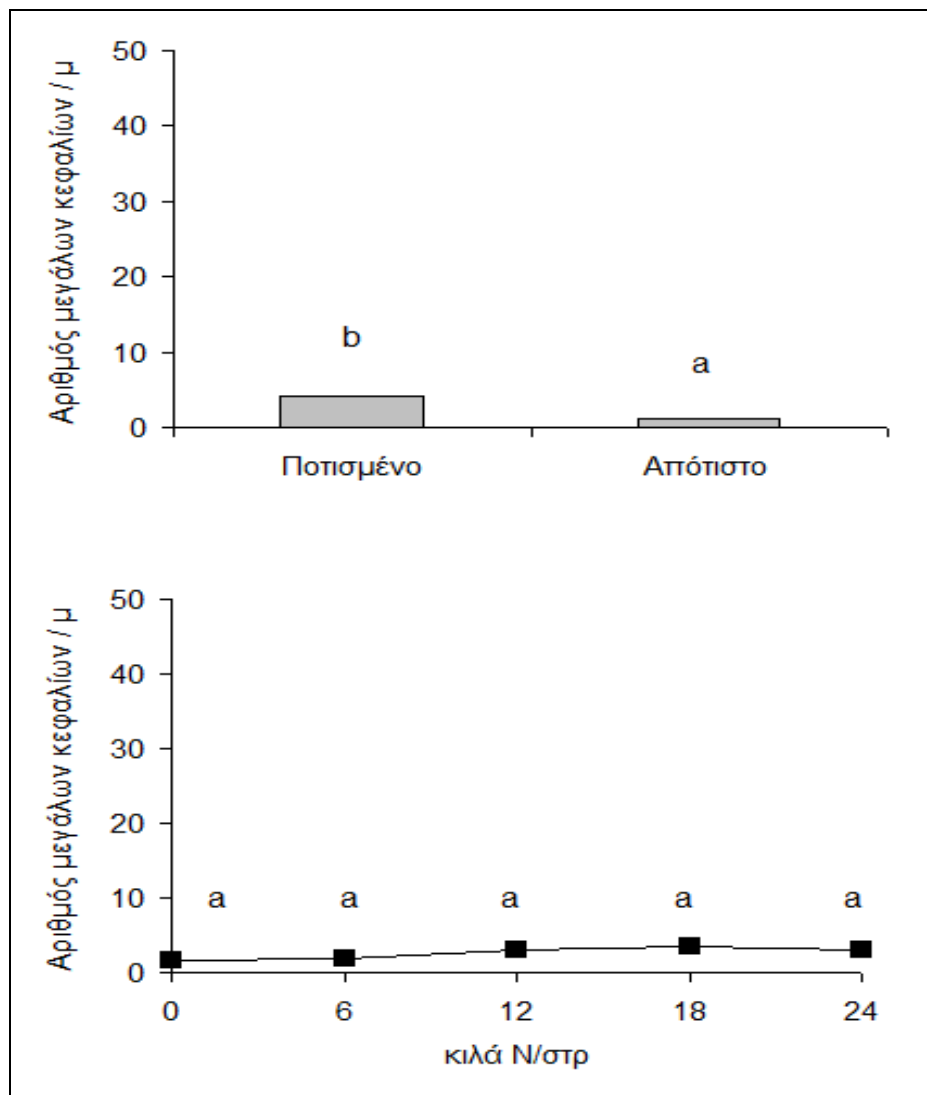
Η άρδευση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά το δείκτη συγκομιδής ($P < .001$). Ως αποτέλεσμα προκύπτει αύξηση της βιομάζας κατά 34%. Η λίπανση δεν είχε θετική επίδραση στην αύξηση του δείκτη συγκομιδής.



Σχήμα 10. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο δείκτη συγκομιδής σπόρου στο Βελεστίνο το 2009.

3.12 Αριθμός μεγάλων κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο).

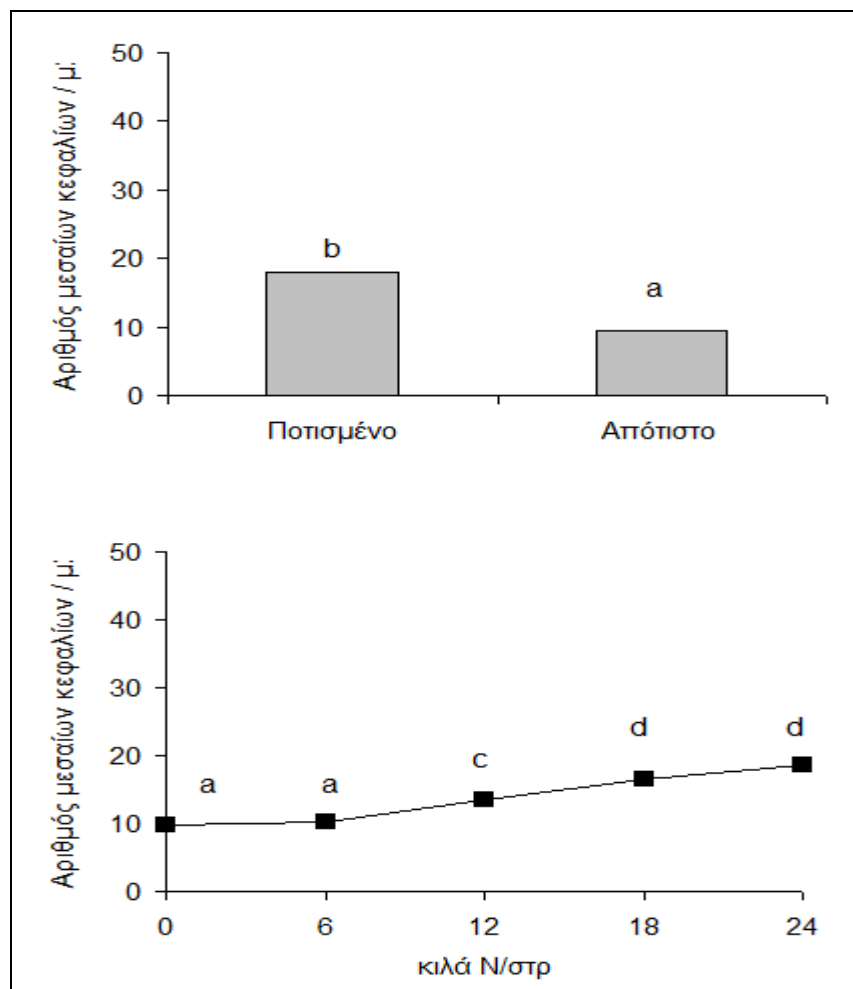
Η άρδευση επηρέασε στατιστικά σημαντικά το συνολικό αριθμό μεγάλων κεφαλιών. Με εφαρμογή άρδευσης η παραγωγή βιομάζας αυξάνεται κατά 73%. Η λίπανση δεν είχε θετική επίδραση στο συνολικό αριθμό μεγάλων κεφαλιών ($P=0.292$).



Σχήμα 11. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στον αριθμό μεγάλων κεφαλιών στο Βελεστίνο το 2009.

3.13 Αριθμός μεσαίων κεφαλών (τετραγωνικό μέτρο)

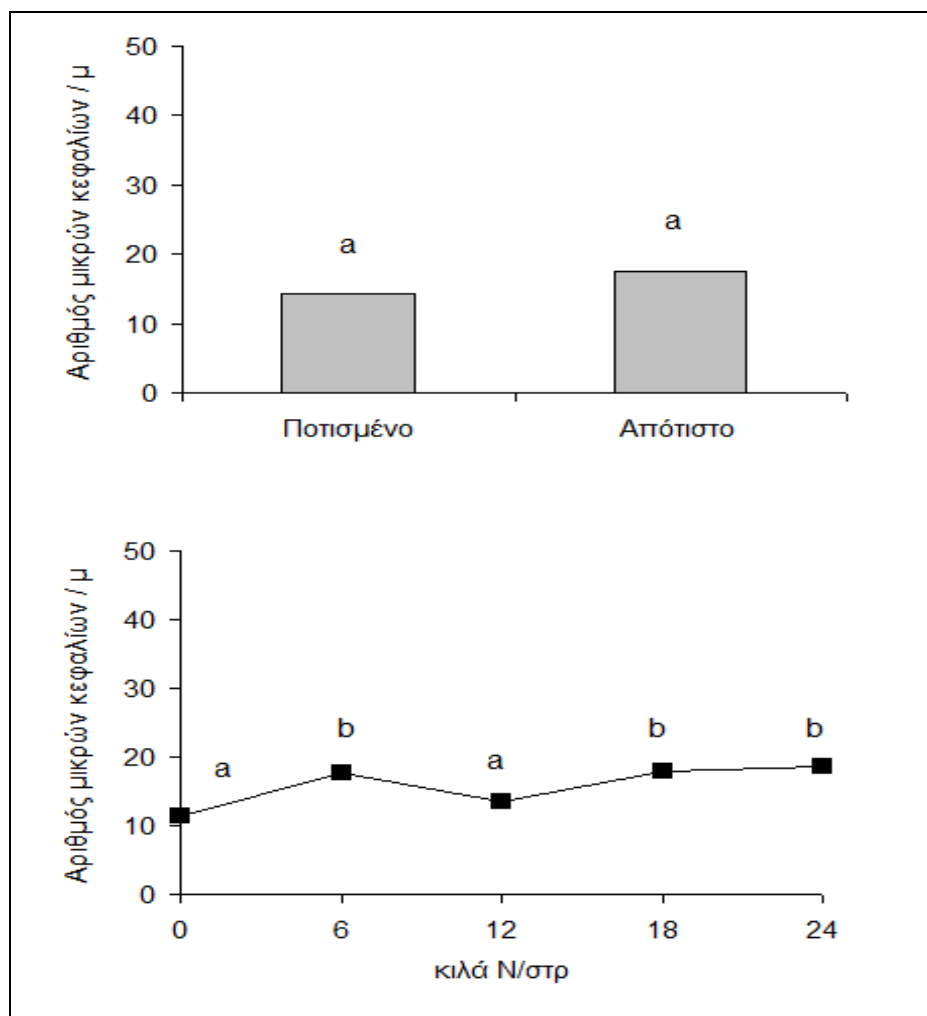
Η άρδευση και η λίπανση επηρέασαν στατιστικώς σημαντικά την παραγωγή μεσαίων κεφαλιών ($P < .001$). Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 12 μονάδες λίπανσης. Η παραγωγή βιομάζας και σπόρων αυξάνονται κατά 48%.



Σχήμα 12. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στον αριθμό μεσαίων κεφαλιών στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P < 0.05$).

3.14 Αριθμός μικρών κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο)

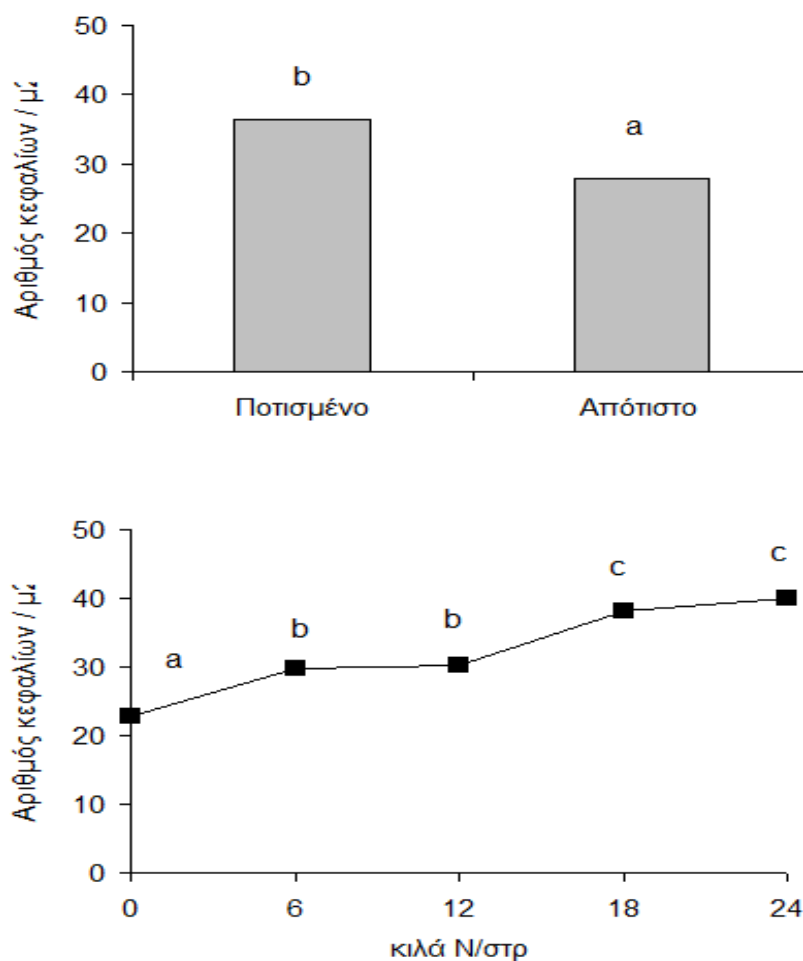
Η άρδευση δεν επηρέασε στατιστικώς σημαντικά την παραγωγή των αριθμό μικρών κεφαλιών ($P=0.184$). Η λίπανση είχε θετική επίδραση στην αύξηση του αριθμού μεγάλων κεφαλιών ($P=0.008$). Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 6 μονάδες λίπανσης. Η εφαρμογή αζώτου αύξησε τον αριθμό μικρών κεφαλιών κατά 38%.



Σχήμα 13. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στον αριθμό μικρών κεφαλιών στο Βελεστίνο το 2009.

3.15 Συνολικός αριθμός κεφαλιών (τετραγωνικό μέτρο)

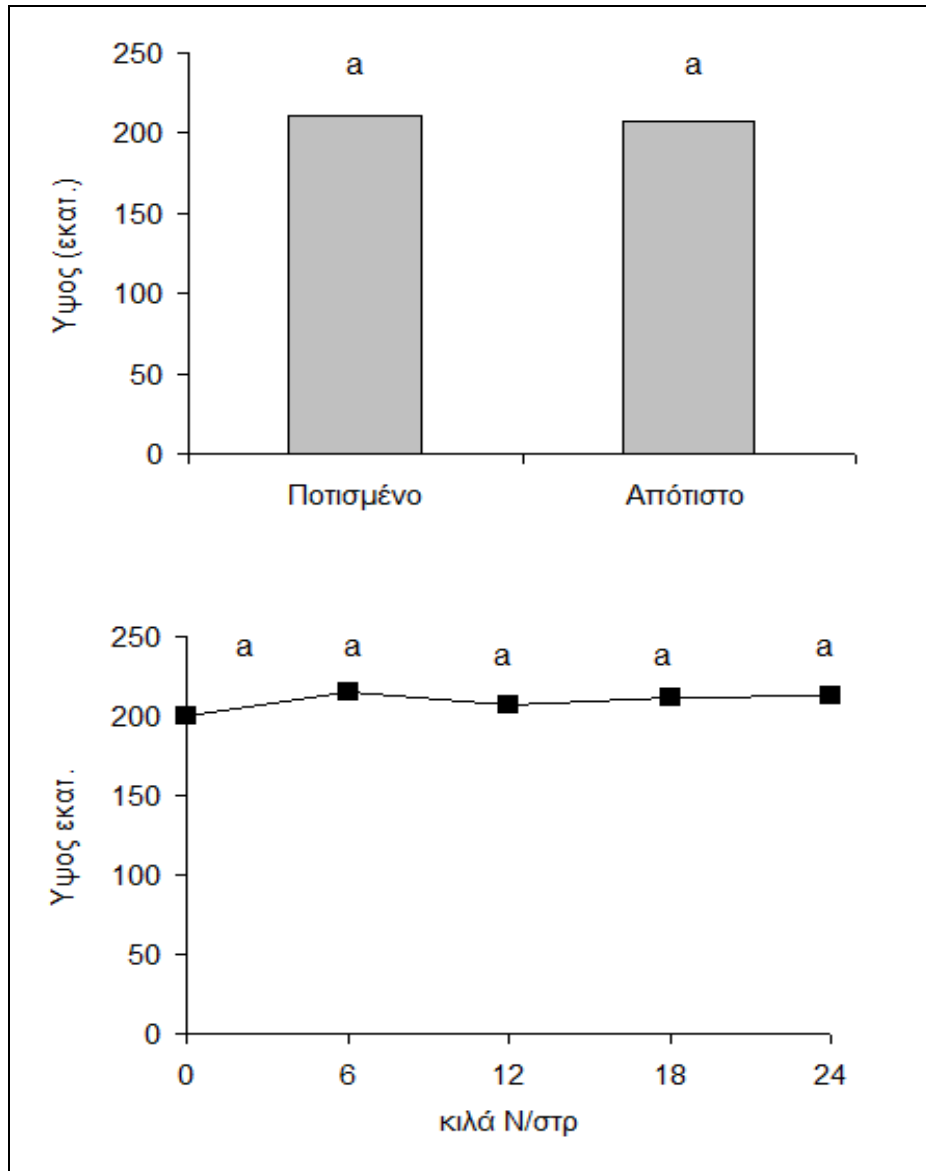
Η άρδευση επηρέασε στατιστικώς σημαντικά το συνολικό αριθμό κεφαλιών ($P=0.016$). Η παραγωγή βιομάζας αυξάνεται κατά 23%. Ομοίως η λίπανση είχε θετική επίδραση στο συνολικό αριθμό κεφαλιών. Η επίδραση της λίπανσης ήταν στατιστικώς σημαντική μόνον πέραν από τις 6 μονάδες λίπανσης.. Η παραγωγή σπόρου αυξάνεται από 22.75 σε 40 τον/εκτ, ή αλλιώς κατά 43%.



Σχήμα 14. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο συνολικό αριθμό κεφαλιών στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P<0.05$).

3.16 Ύψος φυτού (εκατοστά)

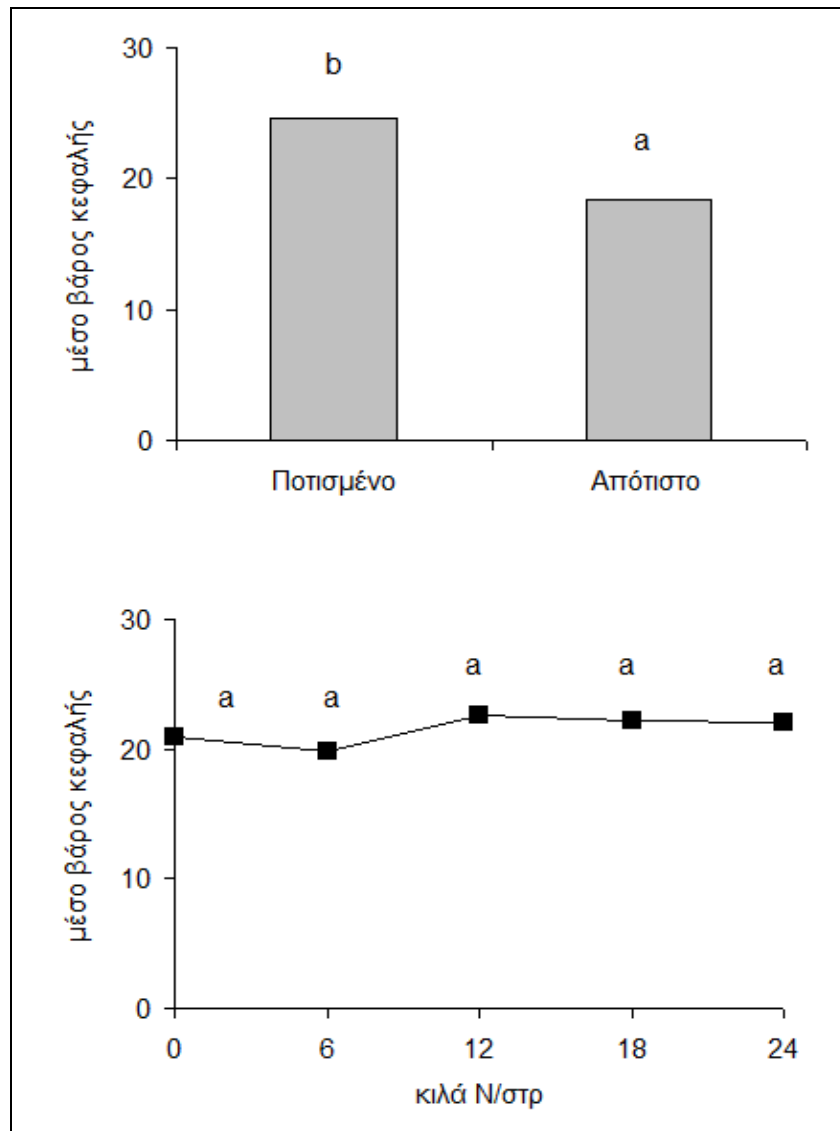
Η άρδευση ($P=0.544$) και λίπανση ($P=0.265$) δεν επηρέασαν στατιστικώς σημαντικά το ύψος του φυτού.



Σχήμα 15. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο ύψος φυτών στο Βελεστίνο το 2009. Διαφορετικά γράμματα δεν δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων ($P>0.05$).

3.17 Μέσο βάρος κεφαλής

Η άρδευση επηρέασε στατιστικά σημαντικά το μέσο βάρος κεφαλής ($P < .001$). Η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε από 18,4 σε 24,6 ή αλλιώς κατά 25%. Αντιθέτως η λίπανση ($P > 0.05$) δεν είχε θετική επίδραση στην αύξηση του μέσου βάρους κεφαλής.



Σχήμα 16. Η επίδραση 2 επιπέδων άρδευσης (επάνω) και 5 επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (κάτω) στο μέσο βάρος κεφαλής στο Βελεστίνο το 2009.

4. Συμπεράσματα

Η αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus*) είναι ένα σημαντικό φυτό βιοενέργειας, ιδιαίτερα υποσχόμενο στις Ελληνικές συνθήκες. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει πρωτογενή δεδομένα που ελήφθησαν από τον πειραματικό αγρό με αγριαγκινάρα στην περιοχή του Βελεστίνου και αφορά την παραγωγικότητα της αγριαγκινάρας κάτω από διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (αρδευόμενα και μη), καθώς και κάτω από διαφορετικά επίπεδα λίπανσης.

Επιγραμματικά τα πιο ουσιαστικά συμπεράσματα από την μελέτη είναι τα παρακάτω:

- Η άρδευση και η λίπανση έχουν σημαντική επίδραση στο συνολικό αριθμό των κεφαλιών αγριαγκινάρας. Επιπρόσθετη άρδευση την περίοδο του σχηματισμού των κεφαλιών (Μάιος-Ιούνιος) επιδρά ουσιαστικά στην αύξηση του αριθμού και του βάρους των κεφαλιών και κατ'επέκταση στην αύξηση της συνολικής ξηρής βιομάζας. Αυτό είναι λογικό αν αναλογιστούμε το βαθύ και εκτεταμένο ριζικό σύστημα της αγριαγκινάρας, γεγονός που της προσδίδει μεγάλο πλεονέκτημα όσον αφορά την απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από βαθιά εδαφικά στρώματα.
- Στα μεσαία κεφάλια η επίδραση της άρδευσης και λίπανσης είναι σημαντική.
- Στα μεγάλα κεφάλια η επίδραση του νερού είναι σημαντική, ενώ της λίπανσης δεν είναι.
- Ο δείκτης συγκομιδής HI (λόγος βάρους σπόρων/ολικό βάρος) επηρεάζεται από την άρδευση σε αντίθεση από τη λίπανση.
- Το ολικό ξηρό βάρος βλαστών δεν επηρεάζεται σημαντικά ούτε από την άρδευση ούτε από τη λίπανση. Αυτό οφείλεται στο ότι ο βλαστός ολοκληρώνει την αύξηση του σε βάρος περί τα μέσα Ιουνίου.
- Όσο αυξάνεται το βάρος της κεφαλής αυξάνεται και το βάρος του σπόρου με συντελεστή 42,17%.. Το μέγιστο βάρος του σπόρου μια κεφαλής στο Βελεστίνο είναι περί τα 70 gr η δε μέγιστη σε περιεκτικότητα σε σπόρο του μεγαλύτερου κεφαλιού είναι 26 gr

- Όσο αφορά το ολικό ξηρό βάρος, η εφαρμογή αζώτου αύξησε την παραγωγή σπόρου κατά 41% από το 0 έως τις 24 μονάδες, ενώ από 0 έως 12 μονάδες η αύξηση ήταν ελάχιστη. Επίσης με την εφαρμογή άρδευσης κατά το Μάιο, η παραγωγή βιομάζας αυξήθηκε κατά 23%.
- Ο μέγιστος αριθμός σπόρων ανά κεφαλή είναι στα 680 σπόρια, ενώ σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στον Παλαμά περί τα 800 σπόρια/κεφαλή.
- Συσχετίζοντας το λόγο βάρους σπόρου/κεφαλής (=δείκτης συγκομιδής στο επίπεδο της κεφαλής) με το βάρος της κεφαλής, βρήκαμε ότι ο λόγος είναι περί το 15% για τα μικρά κεφάλια (<20 γρ), περί το 30% για τα μεσαία κεφάλια (20-40 γρ) και περί το 38% για τα μεγάλα κεφάλια (>40 γρ). Αυτό σημαίνει ότι είναι προτιμότερο να έχουμε μεγάλα κεφάλια, η αλλιώς λίγα μεγάλα κεφάλια παρά πολλά και μικρά.
- Το ειδικό βάρος του σπόρου κυμαίνεται από 17 έως 47 mg/σπόρος για το Βελεστίνο, μέσο όρο περί το 28mg.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, Vos J, Yin X, 2008. Agronomy of *Cynara cardunculus* growing in an aquic soil in central Greece. Proceedings of the International conference on Agricultural Engineering, Crete, Greece, p. 1–15.
2. Archontoulis SV, Danalatos NG, Yin Y, Struik PC, 2008. Leaf photosynthesis, and respiration of *Cynara cardunculus*. Proceedings of the 16th European Biomass Conference, Valencia, Spain, p. 636–639.
3. Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, 2009. Determination of *Cynara cardunculus* seed yield and harvest index. Proceedings of the 17th European biomass conferences, Hamburg, Germany, p. 557– 561.
4. Archontoulis SV, Struik PC, Vos J, Danalatos NG, 2010. Phenological growth stages of *Cynara cardunculus*: Codification and description according to the BBCH scale. Annals of Applied Biology, 156, 253–270.
5. Born J., 2007. Biofuels. Are they the solution?, National Geographic, Central Issue, October 2007.
6. Danalatos NG, 2008. Changing Roles: Cultivating Perennial Weeds vs. Conventional Crops for Bio-energy Production. The Case of *Cynara cardunculus*. Proceedings of the (CTSI) Clean Technology & Sustainable Industries Conference, Boston, M.A, USA, 1–4 pp.
7. Danalatos NG, Archontoulis SV, Giannoulis K, Rozakis S, 2006. Miscanthus and Cardoon as alternative crops for solid fuel production in central Greece. International Conference, on Information Systems, Sustainable Agriculture, Agro-

environment and Food technology, to be held in Volos, Greece, September 20–23, pp. 387–397.

8. Danalatos NG, Archontoulis SV, Mitsios I, 2007. Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus x giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *J. Biomass and Bioenergy* 31, 145–152.
9. EUR 21350, 2005. European Commission report – BIOMASS – Green energy for Europe. Luxembourg, ISBN 92–894–8466–7, pp. 46.
10. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2008. Crop Prospects and Food Situation. Number 1, February 2008. (<http://www.fao.org/docrep/010/ah881e/ah881e04.htm>)
11. Howartha, R. W., Bringezub, S., Martinell L.A., Santoroa, R., Messemnd D., Sala, O.E., 2009. Introduction: Biofuels and the Environment in the 21st Century. In: *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment*, 22-25 September 2008, Gummersbach, Germany. R.W. Howarth and S. Bringezu, editors.
12. Jurginger M, Faaij A, Rosillo-Calle F, Wood J. 2006. The growing role of biofuels – opportunities, challenges and pitfalls. *International Sugar Journal* 108: 618–629.
13. Karp, A., and Shield, I., 2008. Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. *New Phytologist*, 179: 15–32.
14. Mardikis M, Nikolaou A, Djouras N, Panoutsou C, 2004. Agricultural biomass in Greece: Current and future trends. In *Biomass and agriculture: sustainability, market and policies*. OECD, Publication service, September, Paris, pp. 363–376.
15. REN21. 2008. *Renewables 2007 - Global Status Report*. REN21 Secretariat, Paris and Worldwatch Institute, Washington, DC
16. Sims REH, Hastings A, Schlamadinger B, Taylor G, Smith P. 2006. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology* 12: 2054–2076.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Γιαννούλης Κυριάκος, 2003. Πτυχιακή Διατριβή: Αύξηση και ανάπτυξη της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*) κάτω από διαφορετικές πυκνότητες πληθυσμού και αζωτούχου λίπανσης στην Κ.Ελλάδα.
2. Δαναλάτος Ν. και Αρχοντούλης Σ., 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων, αγριαγκινάρας, ηλίανθου και σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
3. Σκούρας Παναγιώτης, 2003. Πτυχιακή Διατριβή: Αύξηση και ανάπτυξη της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες πυκνότητας πληθυσμού και λίπανσης στη Θεσσαλία την καλλιεργητική περίοδο 2001-2002.
4. Τσιτσιμπίκου Νίκη 2009. Θέμα πτυχιακής διατριβής: Μορφολογικά χαρακτηριστικά της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

1. Στατιστική

GenStat Release 7.1 (PC/Windows)

20 February 2010 20:22:23

Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

GenStat Seventh Edition

GenStat Procedure Library Release PL15

***** Analysis of variance *****

Variate: Dwhead

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	18.580	3.716	1.05		
-----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I stratum

I	1	217.815	217.815	61.58	<.001	
---	---	---------	---------	-------	-------	--

Residual	5	17.686	3.537	1.46		
----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I.F stratum

F	4	148.707	37.177	15.36	<.001
I.F	4	12.905	3.226	1.33	0.274
Residual	40	96.801	2.420		
Total	59	512.494			

***** Tables of means *****

Variate: Dwhead

Grand mean 6.99

I	1	2
	5.08	8.89

F	1	2	3	4	5
	4.71	5.85	6.99	8.51	8.89

I	F	1	2	3	4	5
1		3.39	4.40	4.64	6.02	6.97
2		6.04	7.30	9.33	11.00	10.80

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	

rep.	30	12	6
e.s.e.	0.343	0.449	0.664
d.f.	5	40	36.06

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.635
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	0.486	0.635	0.939
d.f.	5	40	36.06

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.898
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	1.248	1.284	1.904
d.f.	5	40	36.06

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.815
d.f.	40

***** Analysis of variance *****

Variate: Dwseed

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	1.8801	0.3760	0.94		
-----------	---	--------	--------	------	--	--

B.I stratum

I	1	28.7108	28.7108	71.74	<.001	
---	---	---------	---------	-------	-------	--

Residual	5	2.0009	0.4002	1.20		
----------	---	--------	--------	------	--	--

B.I.F stratum

F	4	15.2366	3.8092	11.42	<.001	
---	---	---------	--------	-------	-------	--

I.F	4	1.4786	0.3697	1.11	0.366	
-----	---	--------	--------	------	-------	--

Residual	40	13.3453	0.3336			
----------	----	---------	--------	--	--	--

Total	59	62.6524				
-------	----	---------	--	--	--	--

***** Tables of means *****

Variate: Dwseed

Grand mean 2.101

I	1	2
---	---	---

1.409 2.793

F	1	2	3	4	5
	1.387	1.687	2.152	2.586	2.693

I	F	1	2	3	4	5
1		0.932	1.092	1.310	1.708	2.004
2		1.841	2.282	2.994	3.465	3.381

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	0.1155	0.1667	0.2405
d.f.	5	40	39.31

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.2358
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	0.1633	0.2358	0.3401
d.f.	5	40	39.31

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.3335
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	0.4199	0.4766	0.6877
d.f.	5	40	39.31

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.6740
d.f.	40

***** Analysis of variance *****

Variate: Dwstalk

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	9.972	1.994	0.38		
-----------	---	-------	-------	------	--	--

B.I stratum

I	1	1.294	1.294	0.25	0.639
---	---	-------	-------	------	-------

Residual	5	25.983	5.197	0.81	
----------	---	--------	-------	------	--

B.I.F stratum

F	4	115.025	28.756	4.48	0.004
---	---	---------	--------	------	-------

I.F	4	1.982	0.495	0.08	0.989
Residual	40	256.671	6.417		
Total	59	410.926			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

B 5 I 2 F 5 4.65 s.e. 2.07

***** Tables of means *****

Variate: Dwstalk

Grand mean 8.40

I	1	2
	8.25	8.55

F	1	2	3	4	5
	7.07	7.34	7.95	8.72	10.93

I	F	1	2	3	4	5
1		6.92	7.50	7.77	8.57	10.51
2		7.21	7.19	8.13	8.86	11.34

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	0.416	0.731	1.014
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.034
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	0.589	1.034	1.434
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.463
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	1.513	2.090	2.892
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	2.956
d.f.	40

***** Analysis of variance *****

Variate: Dwstalk

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	9.972	1.994	0.38		
-----------	---	-------	-------	------	--	--

B.I stratum

I	1	1.294	1.294	0.25	0.639	
---	---	-------	-------	------	-------	--

Residual	5	25.983	5.197	0.81		
----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I.F stratum

F	4	115.025	28.756	4.48	0.004	
---	---	---------	--------	------	-------	--

I.F	4	1.982	0.495	0.08	0.989	
-----	---	-------	-------	------	-------	--

Residual	40	256.671	6.417			
----------	----	---------	-------	--	--	--

Total	59	410.926				
-------	----	---------	--	--	--	--

***** Tables of means *****

Variate: Dwstalk

Grand mean 8.40

I	1	2
	8.25	8.55

F	1	2	3	4	5
	7.07	7.34	7.95	8.72	10.93

I	F	1	2	3	4	5
1		6.92	7.50	7.77	8.57	10.51
2		7.21	7.19	8.13	8.86	11.34

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	30	12	6
e.s.e.	0.416	0.731	1.014
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.034
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	30	12	6
s.e.d.	0.589	1.034	1.434
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.463
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	1.513	2.090	2.892
d.f.	5	40	43.55

Except when comparing means with the same level(s) of

I	2.956
d.f.	40

Variate: Dwttotal

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
---------------------	------	------	------	------	-------

B stratum	5	30.81	6.16	0.41	
-----------	---	-------	------	------	--

B.I stratum

I	1	252.68	252.68	16.70	0.009
Residual	5	75.64	15.13	1.16	

B.I.F stratum

F	4	492.14	123.04	9.42	<.001
---	---	--------	--------	------	-------

I.F	4	18.58	4.64	0.36	0.839
Residual	40	522.59	13.06		
Total	59	1392.44			

***** Tables of means *****

Variate: Dwttotal

Grand mean 15.39

I	1	2
	13.34	17.44

F	1	2	3	4	5
	11.78	13.19	14.94	17.23	19.81

I	F	1	2	3	4	5
1		10.31	11.89	12.41	14.59	17.48
2		13.25	14.48	17.46	19.86	22.14

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
			F
rep.	30	12	6

e.s.e.	0.710	1.043	1.499
d.f.	5	40	39.82

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.476
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	1.004	1.476	2.120
d.f.	5	40	39.82

Except when comparing means with the same level(s) of

I	2.087
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	2.581	2.982	4.284
d.f.	5	40	39.82

Except when comparing means with the same level(s) of

I	4.218
d.f.	40

***** Analysis of variance *****

Variate: Fwttotal

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	71.98	14.40	0.32		
-----------	---	-------	-------	------	--	--

B.I stratum

I	1	698.37	698.37	15.57	0.011	
---	---	--------	--------	-------	-------	--

Residual	5	224.22	44.84	2.19		
----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I.F stratum

F	4	933.78	233.45	11.38	<.001	
---	---	--------	--------	-------	-------	--

I.F	4	127.04	31.76	1.55	0.207	
-----	---	--------	-------	------	-------	--

Residual	40	820.61	20.52			
----------	----	--------	-------	--	--	--

Total	59	2875.99				
-------	----	---------	--	--	--	--

***** Tables of means *****

Variate: Fwttotal

Grand mean 20.01

I	1	2
---	---	---

	16.60	23.42
--	-------	-------

F	1	2	3	4	5
	14.90	17.72	18.81	22.32	26.31

I	F	1	2	3	4	5
1		12.48	15.73	16.13	18.35	20.31
2		17.32	19.71	21.48	26.29	32.32

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	1.223	1.308	2.057
d.f.	5	40	28.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	1.849
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	1.729	1.849	2.909
d.f.	5	40	28.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	2.615
---	-------

d.f. 40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	4.445	3.737	5.956
d.f.	5	40	28.23

Except when comparing means with the same level(s) of

I	5.285
d.f.	40

Variate: HI

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	0.0025898	0.0005180	0.77		
-----------	---	-----------	-----------	------	--	--

B.I stratum

I	1	0.0445322	0.0445322	66.30	<.001
---	---	-----------	-----------	-------	-------

Residual	5	0.0033586	0.0006717	1.18	
----------	---	-----------	-----------	------	--

B.I.F stratum

F	4	0.0049380	0.0012345	2.17	0.090
---	---	-----------	-----------	------	-------

I.F	4	0.0019501	0.0004875	0.86	0.497
-----	---	-----------	-----------	------	-------

Residual	40	0.0227258	0.0005681		
----------	----	-----------	-----------	--	--

Total 59 0.0800946

***** Tables of means *****

Variate: HI

Grand mean 0.1326

I	1	2
	0.1053	0.1598

F	1	2	3	4	5
	0.1194	0.1263	0.1372	0.1458	0.1340

I	F	1	2	3	4	5
1		0.0951	0.0951	0.1036	0.1165	0.1164
2		0.1438	0.1575	0.1709	0.1752	0.1516

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	0.00473	0.00688	0.00991
d.f.	5	40	39.52

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.00973
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	0.00669	0.00973	0.01401
d.f.	5	40	39.52

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.01376
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	0.01720	0.01967	0.02833
d.f.	5	40	39.52

Except when comparing means with the same level(s) of

I	0.02781
d.f.	40

Variate: heads

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	454.13	90.83	1.07
-----------	---	--------	-------	------

B.I stratum

I	1	1075.27	1075.27	12.71	0.016
---	---	---------	---------	-------	-------

Residual	5	422.93	84.59	2.14
----------	---	--------	-------	------

B.I.F stratum

F	4	2350.50	587.62	14.85	<.001
---	---	---------	--------	-------	-------

I.F	4	262.23	65.56	1.66	0.179
-----	---	--------	-------	------	-------

Residual	40	1583.27	39.58
----------	----	---------	-------

Total	59	6148.33
-------	----	---------

***** Tables of means *****

Variate: heads

Grand mean 32.17

I	1	2
	27.93	36.40

F	1	2	3	4	5
	22.75	29.75	30.17	38.17	40.00

I	F	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---	---

1	18.67	29.33	24.50	31.67	35.50
2	26.83	30.17	35.83	44.67	44.50

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	1.679	1.816	2.846
d.f.	5	40	28.68

Except when comparing means with the same level(s) of

I	2.568
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	2.375	2.568	4.024
d.f.	5	40	28.68

Except when comparing means with the same level(s) of

I	3.632
d.f.	40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
-------	---	---	---

		F		
rep.	30	12	6	
l.s.d.	6.104	5.191	8.234	
d.f.	5	40	28.68	

Except when comparing means with the same level(s) of

I	7.341
d.f.	40

Variate: height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F	pr.
---------------------	------	------	------	------	---	-----

B stratum	5	2068.6	413.7	1.45		
-----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I stratum

I	1	120.4	120.4	0.42	0.544	
---	---	-------	-------	------	-------	--

Residual	5	1425.9	285.2	0.88		
----------	---	--------	-------	------	--	--

B.I.F stratum

F	4	1751.5	437.9	1.36	0.265	
---	---	--------	-------	------	-------	--

I.F	4	3343.2	835.8	2.59	0.051	
-----	---	--------	-------	------	-------	--

Residual	40	12889.7	322.2			
----------	----	---------	-------	--	--	--

Total	59	21599.2				
-------	----	---------	--	--	--	--

***** Tables of means *****

Variate: height

Grand mean 209.2

I	1	2
---	---	---

207.8	210.7
-------	-------

F	1	2	3	4	5
	199.6	214.8	207.3	212.1	212.5

I	F	1	2	3	4	5
1		199.2	223.3	211.7	200.8	204.2
2		200.0	206.2	203.0	223.3	220.8

*** Standard errors of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
e.s.e.	3.08	5.18	7.24
d.f.	5	40	42.87

Except when comparing means with the same level(s) of

I	7.33
d.f.	40

*** Standard errors of differences of means ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
s.e.d.	4.36	7.33	10.24
d.f.	5	40	42.87

Except when comparing means with the same level(s) of

I	10.36
---	-------

d.f. 40

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	I	F	I
		F	
rep.	30	12	6
l.s.d.	11.21	14.81	20.66
d.f.	5	40	42.87

Except when comparing means with the same level(s) of

I	20.95
d.f.	40

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ







