



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
1^η Κατεύθυνση: Βελτίωση φυτών και σύγχρονες καλλιέργειες

Μεταπτυχιακή Διατριβή

“ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΑΓΡΙΑΓΚΙΝΑΡΑΣ (*Cynara cardunculus*) ”



ΤΣΙΤΣΙΜΠΙΚΟΥ ΝΙΚΗ

ΒΟΛΟΣ, 2009



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

Αριθ. Εισ.: 8445/1
Ημερ. Εισ.: 26-05-2010
Δωρεά: Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
635.32
ΤΣΙ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Νικόλαος Δαναλάτος:** Επιβλέπων Καθηγητής,
Καθηγητής, Εργαστήριο Γεωργίας
Γεωπονική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- 2. Ιμπραχίμ Αβραάμ Χα:** Αναπλ. Καθηγητής, Εργαστήριο Λαχανοκομίας
Γεωπονική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- 3. Ανθή Δημήρκου:** Αναπλ. Καθηγήτρια,
Εργαστήριο Εδαφολογίας
Γεωπονική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ν. Δαναλάτο, καθώς και τον υποψήφιο διδάκτορα του Πανεπιστημίου Wageningen της Ολλανδίας, για την συνεχή καθοδήγησή τους και τις πολύτιμες υποδείξεις τους, τόσο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων, όσο και μετέπειτα μέχρι την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής. Ευχαριστώ επίσης τους κ.κ. Α. Χα και Α. Δημήρκου για τις διορθώσεις τους. Τέλος, ευχαριστώ το σύζυγο και την οικογένειά μου για την αγάπη, την ενθάρρυνση, την συμπαράσταση και κυρίως την υπομονή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| 1. Εισαγωγή..... | 4 |
| 1.1.1 Γενικά..... | 4 |
| 1.1.2 Βιοενεργειακές καλλιέργειες..... | 6 |
| 1.1.3 Αγριαγκινάρα – Περιβαλλοντικά οφέλη..... | 10 |
| 1.1.4 Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη..... | 12 |
| 1.2 Βοτανική και γεωγραφική ταξινόμηση της αγριαγκινάρας..... | 14 |
| 1.3 Μορφολογία και βιολογικός κύκλος..... | 144 |
| 1.4 Οικολογικές απαιτήσεις..... | 166 |
| 1.4.1 Έδαφος..... | 166 |
| 1.4.2 Θερμοκρασία..... | 166 |
| 1.4.3 Φωτοπερίοδος..... | 177 |
| 1.4.5 Νερό..... | 188 |
| 1.5 Καλλιεργητικές φροντίδες..... | 19 |
| 1.5.1 Σπορά..... | 19 |
| 1.5.2 Λίπανση..... | 19 |
| 1.5.3 Έλεγχος ζιζανίων..... | 200 |
| 1.5.4 Εχθροί και ασθένειες..... | 200 |
| 1.5.5 Άρδευση..... | 211 |
| 1.5.6 Συγκομιδή..... | 211 |
| 1.6 Χρήσεις και αποδόσεις της αγριαγκινάρας..... | 22 |
| 1.7 Θέματα προς διερεύνηση..... | 25 |
| 1.8 Σκοπός της εργασίας..... | 26 |
| 2. Υλικά και Μέθοδοι..... | 27 |
| 2.1 Συλλογή πειραματικών δεδομένων ανά ερευνητική ερώτηση..... | 29 |
| 2.1.1 Πείραμα 1..... | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.2 Πείραμα 2 (προφίλ φυτών)..... | 33 |
| 2.1.3 Πείραμα 3 (υπολογισμός σπόρων) | 35 |
| 2.2 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων..... | 36 |
| 2.3 Στατιστική ανάλυση | 36 |
| 3. Αποτελέσματα και Συζήτηση | 37 |
| 3.1 Κλιματικές συνθήκες..... | 37 |
| 3.2 Στάδια ανάπτυξης και μορφολογικά χαρακτηριστικά | 38 |
| 3.3 Προφίλ φυτών..... | 42 |
| 3.3.1 Φυλλική επιφάνεια | 42 |
| 3.3.2 Κατανομή του SLA | 43 |
| 3.3.3 Κατανομή του λόγου (φύλλα+μίσχος) / (βλαστός+βραχίονας) | 45 |
| 3.3.4 Κατανομή του συνολικού ξηρού βάρους ανά επίπεδο (σε γραμ.) | 46 |
| 3.3.5 Κατανομή του ξηρού βάρους ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα (γραμ.) | 47 |
| 3.3.6 Αριθμός κεφαλιών ανά φυτό | 48 |
| 3.3.7 Υγρασίες ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα | 50 |
| 3.4 Υπολογισμός σπόρου ανά κεφαλή | 51 |
| 4. Συμπεράσματα | 58 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 60 |
| ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ..... | 60 |
| ΕΛΛΗΝΙΚΗ..... | 62 |
| ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ | 62 |

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. |
| Biorpower 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} γενιάς βιοκαύσιμα | Αλυσίδες παραγωγής βιο-ενέργειας από φυτά βασιζόμενη σε αναπτυσσόμενες νέες τεχνολογίες (π.χ. βιοαιθανόλη). |
| Third generation | 3 ^{ης} γενιάς βιοκαύσιμα | 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 Βιοενεργειακές 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:

- Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο των σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα κ.λ.π.
- Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια κ.λ.π.
- 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.λπ (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 Ελλάδα, 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 διακοσμητικό 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 (Ραπορούλος και Κουκίος, 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: Biofuels and the Environment in the 21st Century, 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.

1.1.3 Αγριαγκινάρα – Περιβαλλοντικά οφέλη

Στην Ελλάδα, η περίπτωση των πολυετών ενεργειακών καλλιιεργειών για παραγωγή στερεού καυσίμου και μεταξύ αυτών η περίπτωση της αγριαγκινάρας φαίνεται να βρίσκεται στην πρώτη θέση της Ελληνικής κατάταξης αναφορικά με άλλες βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις (Danalatos, 2008). Ιδιαίτερα σημαντικά θεωρούνται τα οφέλη από την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας σε σύγκριση με τις συμβατικές και άλλες βιο-ενεργειακές καλλιέργειες, σε περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο.

Μερικά από τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα της καλλιέργειας σε σχέση με τις συμβατικές καλλιέργειες φαίνεται να είναι τα εξής:

- **Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα:** Η αγριαγκινάρα απαιτεί χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης, σε σχέση με άλλες καλλιέργειες (κυρίως τις ετήσιες), εξαιτίας της ύπαρξης βαθιάς πασσαλώδους ρίζας, η οποία μπορεί να φτάσει έως και τα 5 μέτρα βάθος (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Σε πολλά πειραματικά τεμάχια έχουν επιτευχθεί υψηλές αποδόσεις βιομάζας, είτε χωρίς καθόλου λίπανση, είτε με λίπανση από 0 έως 50 kg N/ha σε ρηχά και φτωχά εδάφη (Danalatos et al., 2007). Συνεπώς, η μέτρια λίπανση της αγριαγκινάρας βοηθά στον έλεγχο της ρύπανσης από νιτρικά του υδροφόρου ορίζοντα, που προκαλούν ιδίως οι ετήσιες εκτατικές καλλιέργειες (όπως βαμβάκι, ρύζι, καλαμπόκι, κτλ).
- **Μείωση των αγροχημικών:** Η αγριαγκινάρα ως ένα ισχυρό «ζιζάνιο» (εισβολέας) δεν αντιμετωπίζει ιδιαίτερα προβλήματα από την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων. Η καλλιέργεια μπορεί να υποστεί ζημιές από ζιζάνια μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας και συγκεκριμένα από την σπορά μέχρι την πλήρη εδαφοκάλυψη. Παρόλα αυτά η καλλιέργεια επανέρχεται το 2^ο έτος και ανταγωνίζεται πλήρως τα ζιζάνια (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Επιπλέον έως σήμερα, δεν έχουν παρατηρηθεί σοβαρές ασθένειες και έντομα και ως εκ τούτου, η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων είναι μηδαμινή.
- **Διαχείριση νερού:** Η αγριαγκινάρα ως χειμερινή καλλιέργεια, εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές και τις ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση. Επίσης, εξαιτίας του πλούσιου ριζικού της συστήματος διεισδύει σε μεγάλα βάθη, κάνοντας χρήση των υπόγειων αποθεμάτων νερού. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις βιομάζας, ακόμη και χωρίς καθόλου άρδευση (Danalatos, 2008).

- **Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους και της ερημοποίησης:** Η αγριαγκινάρα ξεκινά τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης αμέσως μετά τις πρώτες βροχές του Οκτωβρίου αποκτώντας πολύ γρήγορα ένα πλούσιο υπέργειο τμήμα, προστατεύοντας το έδαφος από διάβρωση, ιδιαίτερος σε επικλινείς περιοχές γύρω από τις ημίξηρες μεσογειακές ζώνες, όπου ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα αυξημένος.
- **Βελτίωση των εδαφικών χαρακτηριστικών:** Μετά την εγκατάσταση της αγριαγκινάρας, η μόνη καλλιεργητική εργασία που γίνεται στον αγρό είναι η συγκομιδή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της συμπίεσης του εδάφους του. Επίσης, τα φύλλα της ροζέτας (τα πρώτα φύλλα που σχηματίζονται) πέφτουν στο έδαφος δημιουργώντας έτσι ένα πλούσιο επιφανειακό στρώμα χούμου, το οποίο το εμπλουτίζει με θρεπτικά στοιχεία, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει και τα φυσικά του χαρακτηριστικά (εδαφική δομή, ικανότητα διαπερατότητας και διήθησης, αυξημένη ικανότητα συγκράτησης του νερού, κτλ) και τα χημικά του χαρακτηριστικά (αυξάνοντας την σύσταση της οργανικής ουσίας, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, το διαθέσιμο άζωτο, φώσφορο, κτλ).
- **Εκμετάλλευση των εδαφών χαμηλής γονιμότητας:** Οι ενεργειακές καλλιέργειες θα μπορούσαν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας, καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.
- **Αύξηση της βιοποικιλότητας:** Εξαιτίας της μειωμένης χρήσης φυτοφαρμάκων, καθώς και της βελτίωσης των εδαφικών ιδιοτήτων (λόγω της προστασίας του εδάφους από την συμπίεση και του εμπλουτισμού του με οργανική ουσία), η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας αναμένεται να προστατεύσει και πιθανότατα να ενισχύσει την βιοποικιλότητα.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της καλλιέργειας σε παγκόσμια κλίμακα επίσης αναμένεται να είναι ιδιαίτερος σημαντικά, καθώς η μελέτη της συμπεριφοράς της καύσης της αγριαγκινάρας και η πυρόλυση αυτής από την άποψη του υποβιβασμού των κύριων συστατικών της οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση της ως βιοκαύσιμο μπορεί να έχει:

- **Θετική συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου:** Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων και η αξιοποίηση καθαρών ενεργειακών πηγών οδηγεί σε μείωση των αερίων, που θεωρούνται υπεύθυνα για το φαινόμενο του

θερμοκηπίου, καθώς η ποσότητα του CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της έχει υπολογιστεί ότι ισοδυναμεί με την ποσότητα του CO₂, που αφομοιώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.

- **Μείωση της όξινης βροχής:** Η καύση της βιομάζας απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα σχεδόν μηδενικές ποσότητες θείου.

1.1.4 Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη

Η επιτακτική ανάγκη για εναλλακτικές μορφές καθαρής ενέργειας, τα νέα παγκόσμια οικονομικά δεδομένα και η καθετοποίηση στην παραγωγή του τελικού προϊόντος δίνουν ελπίδες για δημιουργία προοπτικών βιώσιμης ανάπτυξης, ανασυγκρότησης και ανασύστασης της παραδοσιακής γεωργίας και των εμπλεκομένων με αυτήν, ώστε να περιοριστούν τα αρνητικά σενάρια ερημοποίησης και εγκατάλειψης της υπαίθρου, καθώς και του μαρασμού των περιοχών της περιφέρειας. Η αγριαγκινάρα θεωρείται ως η σημαντικότερη και πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας στην Ελλάδα, εξασφαλίζοντας μάλιστα και αξιόλογο κέρδος για τον παραγωγό.

Συγκεκριμένα τα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη από την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας διαφαίνονται να είναι:

- **Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων:** Λαμβάνοντας υπόψη ότι ήδη υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων, η στροφή προς την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας αποδεικνύεται ως μια βιώσιμη οικονομικά εναλλακτική λύση έναντι των συμβατικών καλλιεργειών, που εδώ και κάποια χρόνια αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα απορρόφησης της παραγωγής τους, όπως καπνός, σιτάρι, κτλ.
- **Ενδυνάμωση τον γεωργικού χώρου:** Με την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών θα δημιουργηθούν νέες ανάγκες προμηθειών και εξοπλισμού, που θα υποστηρίξουν την παραγωγή, αποθήκευση και επεξεργασία των νέων φυτών. Αυτό αναμένεται να δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και να οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
- **Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος:** Η διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών. Από την άλλη πλευρά, θα αποσυμφορίσει την ήδη κορεσμένη αγορά

συμβατικών προϊόντων.

- **Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών:** Η παραγωγή και εκμετάλλευση της αγριαγκινάρας θα συντελέσει στην ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή επομένως, νέων κεφαλαίων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας. Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η καλλιέργειά της σε άγονες περιοχές, όπου η εκμετάλλευση οποιασδήποτε άλλης ετήσιας καλλιέργειας είναι απαγορευτική.
- **Εξασφάλιση αιφόρου περιφερειακής ανάπτυξης:** Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας και ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
- **Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο:** Η χρήση της αγριαγκινάρας για ενεργειακούς σκοπούς θα οδηγήσει στην ανάπτυξη στρατηγικών εθνικών προϊόντων και θα ελαττώσει την αποκλειστική εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.

1.2 Βοτανική και γεωγραφική ταξινόμηση της αγριαγκινάρας

Η αγριαγκινάρα ανήκει στην οικογένεια Asteraceae (Compositae) και συγκεκριμένα στο γένος *Cynara*. Το γένος *Cynara* ($2n = 34$) είναι σχετικά μικρό και περιλαμβάνει την *C. cardunculus* L. subsp. *scolymus* (L.) Hegi = *C. scolymus* L. (κοινή αγκινάρα για καρπό, globe artichoke), *C. cardunculus* L. var. *altilis* DC. (αγκινάρα για τα φύλλα, cultivated cardoon) and *C. cardunculus* L. var. *sylvestris* Lam. (αγριαγκινάρα, wild cardoon). Τα δυο καλλιεργούμενα είδη χρησιμοποιούνται στη λαχανοκομία, αλλά και ως διακοσμητικά φυτά (Raccuia and Mellini, 2007). Όλα τα άγρια είδη του γένους *Cynara* είναι ιθαγενή της λεκάνης της Μεσογείου, ενώ το φυτό ήταν γνωστό στους αρχαίους Αιγυπτίους, Έλληνες και Ρωμαίους (Sonnante et al., 2007). 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 (Duarte et al., 2006).

1.3 Μορφολογία και βιολογικός κύκλος

Η αγριαγκινάρα είναι φυτό πολυετές, με ιδιαίτερα αναπτυγμένο ριζικό σύστημα, πασσαλώδες, το οποίο φτάνει μέχρι σε βάθος έως τα 5 μέτρα. Η ανάπτυξη της αρχίζει με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου και συνεχίζεται (εκμεταλλευόμενη τις βροχές) έως τις αρχές του καλοκαιριού, οπότε το εναέριο τμήμα του φυτού αποξηραίνεται και μπορεί να συγκομισθεί ξηρό στα τέλη του καλοκαιριού. Με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου παρατηρείται και πάλι ταχεία ανάπτυξη της αγριαγκινάρας που μέσα σε λίγες ημέρες θα έχει και πάλι καλύψει πλήρως το έδαφος, κοκ.

Πιο αναλυτικά, η αγριαγκινάρα είναι δικοτυλήδονο φυτό, όπου το φύτρωμα του σπόρου ολοκληρώνεται με την εμφάνιση των κοτυληδόνων. Ακολουθεί ο σχηματισμός τεσσάρων φύλλων, που στη συνέχεια επιμηκύνονται με ταυτόχρονη εμφάνιση των μίσχων. Κατόπιν παράγονται και άλλα φύλλα και δημιουργείται η λεγόμενη ροζέτα. Τα φύλλα της ροζέτας φέρουν περιφερειακά αγκάθια (μηχανισμός προστασίας από εχθρούς), τα οποία αποβάλλονται όταν η αγριαγκινάρα έχει καλύψει πλήρως το έδαφος και έχει ύψος περί το 1 m (βλαστική περίοδος). Οι μίσχοι των

φύλλων είναι κίτρινο-πράσινοι, περιέχουν μικρότερα αγκάθια, και χαρακτηρίζονται από την υπερβολική συγκέντρωση νερού στους ιστούς (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Με την μετάβαση από τον χειμώνα στην άνοιξη (αύξηση θερμοκρασίας και ηλιοφάνειας), σηματοδοτείται η μετάβαση στο επόμενο στάδιο ανάπτυξης του φυτού, κατά το οποίο δημιουργείται το στέλεχος, οι βραχίονες και οι ανθοκεφαλές. Ο βλαστός εμφανίζεται περί τα μέσα Απριλίου και μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και τα 2.5 m. Η αύξηση του βλαστού σε ύψος τερματίζεται με την εμφάνιση της πρώτης κύριας ταξιανθίας (κεφαλής). Στη συνέχεια ακολουθεί η δημιουργία βραχιόνων, των οποίων το ύψος κυμαίνεται από 0.5 έως 1.2 m (με συνολικό ύψος φυτού ως 3.5 μέτρα, Archontoulis et al., 2008). Στο κορυφαίο μέρος κάθε βραχίονα εμφανίζεται μια ταξιανθία. Ο συνολικός αριθμός των ταξιανθιών στο φυτό αποτελεί συνάρτηση της πυκνότητας φύτευσης, των εδαφοκλιματικών παραγόντων, καθώς και της ποικιλίας. Συνήθως, σχηματίζονται 10 με 15 ανθοκεφαλές ανά φυτό, ενώ σε μικρότερες πυκνότητες (π.χ. 1 φυτό/m²) ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξηθεί (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Με την ολοκλήρωση του σχηματισμού του τελικού αριθμού των ανθοκεφαλών αρχίζει η ανθοφορία, η οποία χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση στην κορυφή κάθε ταξιανθίας στημόνων μοβ χρώματος. Με το τέλος της ανθοφορίας, οι κεφαλές έχουν λάβει το τελικό τους μέγεθος και ακολουθεί η ωρίμανση, η οποία χαρακτηρίζεται από την αλλαγή χρώματος των κεφαλών από πράσινο σε κίτρινο-χρυσοαφί, από την κορυφή προς την βάση. Με την ολοκλήρωση και αυτής της φάσης, εμφανίζονται οι άσπροι πάπποι και η καλλιέργεια είναι έτοιμη για συγκομιδή, η οποία πραγματοποιείται συνήθως τον Αύγουστο (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

Μια εβδομάδα περίπου μετά τη συγκομιδή η καλλιέργεια αναβλαστάνει και ο ρυθμός αύξησης/δημιουργίας των φύλλων που αναβλαστάνουν από την ρίζα (2^ο έτος) είναι συνήθως 10πλάσιος αυτών που προέρχονται από το σπόρο (1^ο έτος). Ο ρυθμός εδαφοκάλυψης είναι σαφώς ταχύτερος από ότι στο 1^ο έτος και εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους και τη θερμοκρασία του αέρα (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Συνήθως από μία ρίζα εκβλαστάνουν 1-4 φυτά ταυτόχρονα, που αναπτύσσονται παράλληλα και συμβάλλουν στην ταχεία εδαφοκάλυψη.

1.4 Οικολογικές απαιτήσεις

1.4.1 Έδαφος

Η αγριαγκινάρα είναι φυτό, που μπορεί να αξιοποιήσει όλους τους τύπους εδαφών, από ελαφρά έως βαριά, ασβεστούχα, ενώ μπορεί να δώσει ανεκτές αποδόσεις ακόμα και σε άγονα πετρώδη και επικλινή (Tutin, 1976). Προτιμά όμως τα ελαφρώς όξινα έως αλκαλικά πηλώδη εδάφη ($\text{pH}=6.5\text{--}8.2$), ενώ δεν ενδείκνυται για βαριά και όξινα. Σε αλατούχα εδάφη, η αγριαγκινάρα θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που θα ακολουθήσουν, ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη, διότι μετακινεί τα άλατα από τα βαθύτερα στρώματα.

1.4.2 Θερμοκρασία

Η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της αγριαγκινάρας (θερμοκρασία κάτω από την οποία δεν αναπτύσσεται το φυτό/σπόρος) κυμαίνεται από 6 έως 10°C (το σιτάρι έχει από 0 έως 5°C) και αυτός είναι ο λόγος που ενδημεί κυρίως στην Μεσόγειο. Παρόλα αυτά στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει εμπειριστατωμένη μελέτη, όπου να προσδιορίζεται λεπτομερώς η επίδραση της θερμοκρασίας (και/ή του φωτοπεριοδισμού) στο ρυθμό ανάπτυξης της αγριαγκινάρας. Από τα έως τώρα διαθέσιμα δεδομένα οι Angelini et al., (2009) στην Ιταλία και οι Garcia et al., (2008) στην Ισπανία χρησιμοποίησαν στις αντίστοιχες μελέτες τους βασική θερμοκρασία ανάπτυξη τους 10°C, ενώ σε ελληνικές μελέτες οι Πουλέας (2001), Σκούρας (2002), Γιαννούλης (2003) χρησιμοποίησαν ως βασική θερμοκρασία ανάπτυξης του φυτού τους 7°C. Γίνεται κατανοητό, ότι το θέμα βασική και άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης της αγριαγκινάρας χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση. Μάλιστα στην παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια σε αυτό τον τομέα.

Σύμφωνα με τους Δαναλάτο και Αρχοντούλη (2008), το φύτρωμα του σπόρου σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος περί τους 15–20°C διαρκεί μόνο 1-2 εβδομάδες και γι' αυτό συνιστάται σπορά από αρχές Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου (φθινοπωρινή σπορά) ή από Μάρτιο έως Απρίλιο (ανοιξιάτικη σπορά). Σε χειμωνιάτικες σπορές έχει παρατηρηθεί ότι ο σπόρος της αγριαγκινάρας είναι πολύ ανθεκτικός και μπορεί να διατηρηθεί ζωντανός στο έδαφος για πολλές εβδομάδες έως ότου φυτρώσει.

Πέραν της αύξησης και της ανάπτυξης σε επίπεδο καλλιέργειας, η θερμοκρασία διαδραματίζει εξίσου σημαντικό ρόλο και στους ρυθμούς φωτοσύνθεσης, αναπνοής και διαπνοής των φύλλων, επηρεάζοντας σημαντικά την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και την εκροή υδρατμών μέσω των στομάτων προς την ατμόσφαιρα.. Σύμφωνα με τους Archontouli et al., (2008a), η άριστη θερμοκρασία για τη φωτοσύνθεση της αγριαγκινάρας είναι από 19 έως 23°C, σε επίπεδα φωτός πάνω από 500 W/m² (ηλιοφάνεια), ενώ σε χαμηλές συνθήκες φωτός (κάτω από 250 W/m², νεφώδης), το άριστο θερμοκρασιακό εύρος για μέγιστη φωτοσύνθεση είναι μικρότερο. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι η αγριαγκινάρα φωτοσυνθέτει εξίσου καλά και σε χαμηλές θερμοκρασίες (15 °C). Τέλος, η φωτοσύνθεση της αγριαγκινάρας φαίνεται να μηδενίζεται σε θερμοκρασίες περί τους 7 °C και αυτό αποτελεί μια ένδειξη για τη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης σε επίπεδο καλλιέργειας.

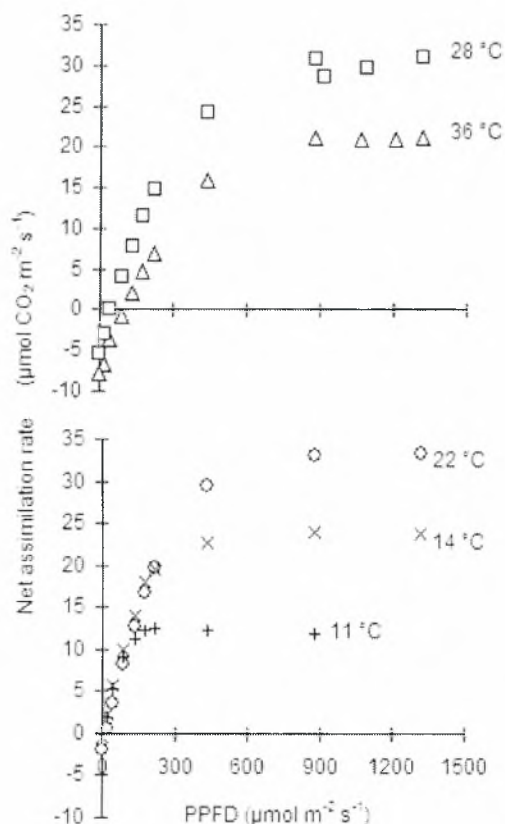
Η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας διαδραματίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην αύξηση της αγριαγκινάρας, μέσω της αναπνοής (Archontoulis et al., 2008b), καθώς υψηλές νυχτερινές θερμοκρασίες (>25°C) αυξάνουν την κατανάλωση υδατανθράκων (χάσιμο βάρους). Η αγριαγκινάρα έχει συντελεστή αναπνοής (Q₁₀ factor) περί το 2.2, πράγμα που σημαίνει ότι με αύξηση της νυχτερινής θερμοκρασίας κατά 10°C (π.χ. από 20 στους 30°C) διπλασιάζεται η απώλεια.

Η αγριαγκινάρα επίσης είναι πολύ ανθεκτική και στο ψύχος (χιονοπτώσεις, παγετούς κατά τη διάρκεια του χειμώνα) με την προϋπόθεση ότι η καλλιέργεια βρίσκεται στο στάδιο της ροζέτας. Παρά την ανθεκτικότητά της θερμοκρασίες χειμώνα <-5 °C μειώνουν την παραγωγή, καθώς καταστρέφουν το υπέργειο τμήμα του φυτού, η δε μείωση παραγωγής εξαρτάται από την περίοδο εμφάνισης του φαινομένου και το χρόνο (Δεκέμβριο ή Μάρτιο). Σύμφωνα με τους Danalato et al., (2007), παρατεταμένη χιονόπτωση και παγετός όλο το Φεβρουάριο στο Βελεστίνο Μαγνησίας είχε σημαντική επίδραση στην μείωση της παραγωγής (40%).

1.4.3 Φωτοπερίοδος

Όπως είναι ήδη γνωστό, η ηλιοφάνεια παίζει καθοριστικό ρόλο στην φωτοσύνθεση και κατ' επέκταση την αύξηση και παραγωγικότητα της αγριαγκινάρας. Βρέθηκε ότι ο ρυθμός φωτοσύνθεσης του φυτού μεγιστοποιείται (50 kgCO₂ ha⁻¹ h⁻¹) σε εντάσεις ολικής ηλιακής ακτινοβολίας πάνω από 600W/m² (Archontoulis et al., 2008b).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται καμπύλες φωτοσύνθεσης αγριαγκινάρας σε διάφορες εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα σε διάφορα θερμοκρασιακά επίπεδα. Η φωτοσυνθετική ικανότητα των φύλλων της αγριαγκινάρας κρίνεται υψηλή (μέγιστο για C3 φυτά), γεγονός που καταδεικνύεται και με τις υψηλές παραγωγικότητες που επιτυγχάνει (Danalatos, 2008; Archontoulis et al., 2008a).



Σχ. 1. Καμπύλες φωτοσύνθεσης αγριαγκινάρας σε σχέση με το φως και σε διάφορες θερμοκρασίες (από Archontoulis et al., 2008b).

1.4.5 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 της συστήματος. Έχει υπολογιστεί ότι το ελάχιστο εύρος βροχοπτώσεων (από τη σπορά ή το φύτευμα έως το τέλος της ανθοφορίας, συνήθως

Μάιο) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 400 χιλιοστά προκειμένου να μην καταστεί περιοριστικός παράγοντας η διαθεσιμότητα της υγρασίας (Fernandez et al., 2006).

1.5 Καλλιεργητικές φροντίδες

1.5.1 Σπορά

Επειδή η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας είναι πολυετής, η προετοιμασία και η σπορά του αγρού θα γίνει μια φορά στα επτά έως δώδεκα χρόνια. Συνεπώς, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και φροντίδα, καθώς λάθη κατά την προετοιμασία της κατάλληλης σποροκλίνης και τη σπορά είναι μη αναστρέψιμα και μπορεί να μειώσουν την παραγωγικότητα και τη διάρκεια ζωής της καλλιέργειας. Η αγριαγκινάρα πρέπει να σπέρνεται από τα μέσα Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Νοεμβρίου, πριν η θερμοκρασία πέσει σε χαμηλά επίπεδα (όχι < 6–10°C). Εναλλακτικά πρέπει να σπέρνεται τον Μάρτιο-Απρίλιο, αλλά σε αυτή την περίπτωση το φυτό δεν θα συγκομισθεί το καλοκαίρι. Το βάθος σποράς δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 3πλάσιο έως 5πλάσιο της μεγαλύτερης διάστασης του σπόρου. Σε χωράφι με κανονική υγρασία, το βάθος σποράς πρέπει να είναι 1.5–3.0 cm, ενώ σε χωράφι που έχει χάσει την επιφανειακή του υγρασία σπέρνεται λίγο βαθύτερα. Συνήθως τα φυτά βιομάζας αποδίδουν περισσότερο σε πυκνές φυτείες. Στην περίπτωση της αγριαγκινάρας, το οποίο είναι ένα πολυσύνθετο φυτό (multi-purposes) με πολλές βιομηχανικές χρήσεις (τόσο παραγωγή σπόρου, όσο και βιομάζας), η άριστη πυκνότητα είναι 4–6 φυτά/m² (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.5.2 Λίπανση

Σύμφωνα με τους Πουλέα (2001), Σκούρα (2002), Γιαννούλη (2003), Danalato et al., (2007) η αγριαγκινάρα δεν ανταποκρίθηκε στις αζωτούχες λιπάνσεις στα 3-4 πρώτα έτη της καλλιέργειας, γεγονός που καταδεικνύει την μεγάλη σημασία του βαθύ ριζικού της συστήματος το οποίο προφανώς απορροφά θρεπτικά από βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Επιπλέον, σημαντικό στοιχείο για την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας είναι ότι κατά ένα μεγάλο ποσοστό αυτολιπαίνεται, αφού παράγει μεγάλη ποσότητα φυτομάζας (έως και 1.000 kg ξ.ο. φύλλων/στρ), την οποία εναποθέτει πάλι στο έδαφος («χούμος») με την πτώση των φύλλων της.

1.5.3 Έλεγχος ζιζανίων

Η αγριαγκινάρα είναι η ίδια ισχυρό ζιζάνιο (εισβολέας) και δεν επιτρέπει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων. Ωστόσο ως καλλιέργεια υφίσταται ζημιές από ζιζάνια, αλλά μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας και συγκεκριμένα από την σπορά μέχρι την πλήρη εδαφοκάλυψη. Επειδή η ύπαρξη ζιζανίων σ' αυτά τα στάδια ανάπτυξης μπορεί να επιφέρει σημαντική μείωση της παραγωγής, η προστασία της καλλιέργειας από τα ζιζάνια μπορεί να γίνει είτε προσπαρτικά (κυρίως) με εφαρμογή ζιζανιοκτόνου (π.χ. alachlor, linuron ή trifluralin σε δόση των 350 gr/στρ.), είτε μεταφυτρωτικά με μηχανικά μέσα ή τοπικά/χειρονακτικά, εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο. Στη συνέχεια, όταν τα φύλλα της ροζέτας καλύψουν το έδαφος, τότε η μεγάλη φυλλική επιφάνεια της φυτείας δεν επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν. Πέραν του πρώτου έτους η καλλιέργεια δεν υφίσταται κίνδυνο από ζιζάνια, εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού εδαφοκάλυψης (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.5.4 Εχθροί και ασθένειες

Επειδή η αγριαγκινάρα είναι μια νέα καλλιέργεια δεν έχουν καταγραφεί στην Ελλάδα έως τώρα τουλάχιστον εχθροί και ασθένειες. Το γεγονός αυτό της δίνει συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι άλλων καλλιεργειών, αφού το κόστος φυτοπροστασίας γι' αυτή την καλλιέργεια είναι μηδενικό. Σύμφωνα με την διεθνή βιβλιογραφία οι σημαντικότεροι εχθροί της αγριαγκινάρας είναι τα ποντίκια και τα έντομα, όπως μερικά είδη αφίδων, βλαστορρύκτες, φυλλορρύκτες, σιδηροσκώληκες, μερικά λεπιδόπτερα και ο σκόρος που προσβάλλει τον σπόρο (Πουλέας, 2001). Πέρα όμως από τους πιθανούς εχθρούς της αγκινάρας, η καλλιέργεια θα πρέπει το Φθινόπωρο και την Άνοιξη να ελέγχεται προληπτικά για μυκητολογικές ασθένειες, όπως το ωίδιο (*Leveillula taurica*), ο περονόσπορος και η φαιά σήψη (*Botrytis cinerea*). Εναντίον των περονόσπορων συνιστάται η εφαρμογή χαλκούχων σκευασμάτων, ενώ για το ωίδιο και τη φαιά σήψη συνιστάται η εφαρμογή θειούχων σκευασμάτων (Γιαννούλης, 2003).

1.5.5 Άρδευση

Η αγριαγκινάρα ως χειμερινή καλλιέργεια συνήθως καλλιεργείται ως ξηρική, εκμεταλλευόμενη άριστα τις χειμερινές και τις ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση. Το πλούσιο ριζικό της σύστημα διεισδύει σε μεγάλα βάθη, κάνοντας χρήση των υπόγειων αποθεμάτων νερού (5m), αυξάνοντας έτσι θεαματικά τις αποδόσεις της σε βιομάζα (>3 tn/στρ, Archontoulis et al., 2008a). Διεθνώς, το κρίσιμο βροχομετρικό ύψος για την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας θεωρούνται τα 400 χιλιοστά/ καλλιεργητική περίοδο (Fernandez et al., 2006), αλλά σε εδάφη με υπόγεια στάθμη νερού η καλλιέργεια μπορεί να αποδώσει εξίσου καλά. Πειράματα του Εργ. Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας έδειξαν ότι εφαρμογή 100-150 χιλιοστών νερού την άνοιξη (Απρίλιο-Μάιο), αύξησε θεαματικά την παραγωγή βιομάζας (και σπόρου) κατά 40-50%.

1.5.6 Συγκομιδή

Η συγκομιδή αγριαγκινάρας ποικίλει με βάση την τελική χρήση της καλλιέργειας (α) ζωοτροφή, (β) βιοντίζελ, (γ) στερεό καύσιμο. Στην πρώτη περίπτωση της ζωοτροφής, η καλλιέργεια συγκομίζεται χλωρή τον Ιούνιο. Στην περίπτωση του σπόρου για βιοντίζελ, η καλλιέργεια μπορεί να συγκομισθεί τον Αύγουστο. Στην περίπτωση που η αγριαγκινάρα προορίζεται για στερεό καύσιμο, συλλέγουμε ολόκληρη την εναέρια ξηρή βιομάζα και η πιο ενδεδειγμένη λύση (οικονομικά και ποιοτικά) είναι η χρήση ενός αυτοκινούμενου μηχανήματος, το οποίο θα συλλέγει ολόκληρη τη βιομάζα και ταυτόχρονα θα δημιουργεί μεγάλα ορθογώνια δέματα βάρους έως και 400-500 κιλών/δέμα (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

1.6 Χρήσεις και αποδόσεις της αγριαγκινάρας

Η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό πολυσύνθετο, το οποίο βρίσκει διάφορες βιομηχανικές και άλλες εφαρμογές.

α) Στερεό καύσιμο (πελλέτες ή μπρικέτες) για θέρμανση ή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόδοση της αγριαγκινάρας εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, την επάρκεια της εδαφικής υγρασίας, τη διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών στο έδαφος και κυμαίνεται από 1 έως 3 τ/στρ σε ξηρή ουσία, αναλόγως των παραπάνω παραγόντων (Πουλέας, 2001; Danalatos et al., 2007, Archontoulis et al., 2008a). Συνήθως η τελική παραγωγή μπορεί να συσχετιστεί με αυτή του σκληρού σίτου (παραγωγή αγριαγκινάρας = παραγωγή σίτου σε σπόρο * 4, (Καθ. Δαναλάτος προσ. επικοινωνία). Η ενεργειακή απόδοση της βιομάζας εξαρτάται από την κατανομή της ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή (βλ. βλαστό, σπόρο, παρακάτω) και την θερμαντική απόδοση αυτών (βλέπε παρακάτω πίνακα από Fernandez et al., 2006).

| Φυτικό τμήμα Αγριαγκινάρας | Κατανομή σε ξηρά ουσία (%) | Θερμική αξία (MJ/Kg) | |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|
| | | μέγιστο | ελάχιστο |
| Βλαστοί + βραχίονες | 45% | 17.67 | 16.47 |
| Κεφαλές χωρίς σπόρο | 36% | 17.26 | 16.01 |
| Σπόρος | 19% | 23.43 | 21.88 |
| Σύνολο / φυτό | 100% | 18.61 | 17.33 |

Η κατανομή της ξηρής ουσίας μεταβάλλεται με το χρόνο, τις καιρικές συνθήκες (κυρίως θερμοκρασία) και τις καλλιεργητικές φροντίδες (π.χ. άρδευση).

β) Υγρό καύσιμο (βιοντίζελ). Ο σπόρος της αγριαγκινάρας περιέχει κατά μέσο όρο 24% λάδι (εύρος: 19–32%), το οποίο έχει παρόμοιες ιδιότητες με αυτό του ηλιανθου. Αυτούσιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πετρέλαιο-κινητήρες. Το δυναμικό παραγωγής του σπόρου ανέρχεται στα 480 κιλά/στρ (Archontoulis et al., 2008a), ενώ οι συνηθέστερες παραγωγικότητες είναι της τάξης των 70 έως 330 κιλά/στρ (Danalatos et al., 2007), σε συνάρτηση πάντα με την ολική παραγωγή βιομάζας. Η αγριαγκινάρα παράγει μια σύνθετη ταξιανθία, όπου οι κεφαλές ποικίλουν σε αριθμό, βάρος, μέγεθος και περιεκτικότητα σε σπόρους.

γ) Ζωοτροφή. Τα πράσινα φύλλα που έχουν αναπτυχθεί κατά την διάρκεια του φθινοπώρου μπορούν να συγκομισθούν (για νωπή τροφή για παραγωγικά ζώα) από το Δεκέμβριο - Φεβρουάριο, όταν η καλλιέργεια θα έχει ύψος περί το 1 m, υγρασία μεγαλύτερη από 85% και απόδοση σε ξηρή βιομάζα περί τα 200–600 κιλά/στρ. Σ' αυτή την περίπτωση η καλλιέργεια αναβλαστάνει και ακολουθεί δεύτερη συγκομιδή εντός της ίδιας χρονιάς, η οποία θα είναι μειωμένη κατά 30%, αφού απομένει λιγότερος χρόνος για αύξηση-ανάπτυξη. Η πρωτεΐνη στα φύλλα (συγκομισμένο προϊόν) κυμαίνεται από 16–18%, αλλά η όλη διαδικασία δεν ενδείκνυται, γιατί βάσει των καιρικών συνθηκών του ελληνικού χειμώνα, υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης του αγρού από τη διέλευση των βαρέων μηχανημάτων. Επίσης, η αγριαγκινάρα μπορεί να συγκομισθεί τον Ιούνιο με υγρασία περί το 75% και απόδοση σε χλωρή βιομάζα περί τους 8–15 τόνους/στρ (αναλόγως τη γονιμότητα και την εδαφική υγρασία). Σ' αυτή την περίπτωση, η χρήση ως ζωοτροφή είναι πιο ενδεδειγμένη. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη παραμένει υψηλή. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη λίπανση της επόμενης χρονιάς, καθώς η απορρόφηση θρεπτικών σε αυτό το στάδιο από το φυτό είναι μέγιστη, οπότε απομάκρυνση των φύλλων συνίσταται και απομάκρυνση μεγάλων ποσοτήτων αζώτου από τον αγρό (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).

δ) Παραγωγή χαρτιού. Η αγριαγκινάρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη στην βιομηχανία παραγωγής χαρτιού. Η περιεκτικότητά της σε χαρτοπολτό είναι περίπου ίδια με αυτή του ευκαλύπτου, ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως για την παραγωγή χαρτιού ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η αγριαγκινάρα έχει περιεκτικότητα σε κυτταρίνη 46-59%, ημικυτταρίνη 25% και λιγνίνη 7-13%. Οι ίνες της έχουν μέσο μήκος 1,3mm, πλάτος 18,8mm και πάχος στρώσης 4,8mm (Gominho et al., 2001, 2009). Οι ίδιοι αναφέρουν ότι είναι εφικτή η παραγωγή χαρτοπολτού με υψηλή απόδοση, λίγες απορρίψεις και πολύ καλά χαρακτηριστικά αντοχής, ενώ οι ενεργειακές απαιτήσεις για την εξαγωγή των ινών είναι χαμηλές.

ε) Φαρμακευτικές ιδιότητες. Από την αγριαγκινάρα μπορούν να εξαχθούν ουσίες με φαρμακευτικές ιδιότητες, όπως η ινουλίνη από τις ρίζες και η «cynarin» και η

«silymarin» (Antunes et al., 2000). Τα δύο τελευταία συστατικά έχουν ιδιαίτερα πικρή γεύση, βρίσκονται στα φύλλα και βελτιώνουν τη λειτουργία των κύστεων του συκωτιού. υποκινούν την έκκριση χωνευτικών υγρών και μειώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα. Επίσης, τα φύλλα της αγριαγκινάρας είναι αντιρρευματικά και βοηθούν εκτός από την πρόληψη της χοληστερόλης και της υπογλυκαιμίας και της αρτηριοσκλήρυνσης, ενώ δρα και ως αντιοξειδωτικό. Τέλος, εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι η «cynarin» μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μετά από κάποιες διεργασίες, κατά του HIV-1 (η έρευνα βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο (Slanina et al., 2001). Η περιεκτικότητα σε «silymarin» ανέρχεται στα 0,9-2,7% του συνολικού ξηρού βάρους.

ζ) Οργανικό λίπασμα. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, τα υπολείμματα του σπόρου της αγριαγκινάρας (αυτό που μένει μετά την εξαγωγή του λαδιού, η λεγόμενη «πίτα») περιέχει 50% άνθρακα, 3.8% άζωτο, 0.8% φώσφορο, 0.93% κάλιο και 5.12% στάχτη. Ανά 1.000 κιλά/στρ βιομάζας, τα 150 κιλά θα είναι ο σπόρος, εκ των οποίων τα 40 κιλά θα είναι το λάδι και τα υπόλοιπα 110 κιλά θα είναι η πίτα (δηλαδή το 11% της παραγωγής). Ο λόγος άνθρακα/άζωτο είναι $50/3.8 = 13/1$ (ή αλλιώς C: N = 13:1). Οι περισσότερες αγροτικές καλλιέργειες έχουν αναλογία C: N = 40:1, ενώ το άχυρο της βρώμης έχει C: N = 80:1, το τριφύλλι έχει C: N = 13:1 και ο χούμος έχει C: N = 10:1. Γίνεται λοιπόν κατανοητό ότι τα υπολείμματα του σπόρου της αγριαγκινάρας έχουν τόση καλή επίδραση στο έδαφος, όσο έχει και η καλλιέργεια του τριφυλλιού, βελτιώνοντας κατά πολύ την οργανική ουσία του εδάφους. Συνήθως τα υπολείμματα βρίσκουν εφαρμογή ως οργανικά λιπάσματα σε θερμοκήπια και σε κήπους (Curt et al., 2005).

1.7 Θέματα προς διερεύνηση

Οι τελικές χρήσεις της αγριαγκινάρας, καθώς και η προσαρμοστικότητα της σε διάφορες εδαφο-κλιματικές συνθήκες έχουν μελετηθεί ευρέως (e.g. Fernandez et al., 2006, Curt et al., 2002, Antunes et al., 2000, Danalatos et al., 2007, Danalatos, 2008). Η καλλιέργεια άρχισε να καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα στην Ελλάδα και στη Ρουμανία (προσ. επικοινωνία Καθ. Δαναλάτος). Παρόλα αυτά, υπάρχουν ερευνητικά ζητήματα που χρίζουν περαιτέρω διερεύνησης (π.χ. βασική και άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα). Επίσης ενδιαφέρον θα ήταν και η συγκρότηση όλης της αγρονομικής και φυσιολογικής γνώσης του φυτού σε ένα μοντέλο πρόβλεψης παραγωγικότητας αγριαγκινάρας σε διάφορες περιοχές ανά τον κόσμο. Ένα τέτοιο μοντέλο αποτελείται από πολλά επιμέρους τμήματα (π.χ. φαινολογία, κατανομή ξηρής ουσίας, ειδική φυλλική επιφάνεια, κοκ), τα οποία απαιτούν πειραματικά δεδομένα αγρού προκειμένου να κατασκευαστούν οι μαθηματικές τους εξισώσεις.

1.8 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι να διερευνήσει ορισμένα αγρονομικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά της αγριαγκινάρας, τα οποία στην πορεία θα ενσωματωθούν σε ένα γενικότερο πλαίσιο, προκειμένου να υποστηρίξουν την κατασκευή και λειτουργία ενός μοντέλου πρόβλεψης παραγωγικότητας αγριαγκινάρας. Οι εξειδικευμένοι στόχοι αυτής της μεταπτυχιακής μελέτης είναι οι παρακάτω:

- Να ενσωματώσει θερμομονάδες στην φαινολογική κλίμακα, που περιγράφει τα επιμέρους στάδια ανάπτυξης της αγριαγκινάρας (βλ. Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008).
- Να προσδιορίσει και να ταξινομήσει το χλωρό, το ξηρό βάρος διαφόρων φυτικών οργάνων (βλ. βλαστό, φύλλα βλαστού, μίσχο, βραχίονα, φύλλα βραχίονα, όργανα καρποφορίας), το SLA, το LAI και την υγρασία σε διάφορα επίπεδα εντός του φυτού (plant profile) και σε διάφορα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας.
- Να προσδιορίσει συσχετίσεις μεταξύ μορφολογικών χαρακτηριστικών, όπως βάρος και διάμετρο κεφαλής με το βάρος και αριθμό των σπόρων και να διερευνήσει πιθανές σχέσεις μεταξύ μεγέθους και βάρους κεφαλών με την ποιότητα των παραγόμενων σπόρων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ευρύτερης διδακτορικής έρευνας με τίτλο “Analysis of Growth Dynamics of Important Bioenergy Crops”.

2. Υλικά και Μέθοδοι

Όλες οι μετρήσεις πάρθηκαν από δύο επιλεγμένους πειραματικούς αγρούς στην ευρύτερη περιοχή της Καρδίτσας την καλλιεργητική περίοδο 2007/2008. Γενικές πληροφορίες αναφορικά με τους αγρούς παρέχονται στον πίνακα 1. Οι προηγούμενες καλλιέργειες στους μελετώμενους πειραματικούς αγρούς ήταν σιτάρι και βαμβάκι σε εναλλαγή, ενώ η εδαφολογική ανάλυση των δύο αγρών παρουσιάζεται στον πίνακα 2. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε περί τα μέσα Μαΐου το 2008 (στάδιο σχηματισμού οργάνων καρποφορίας = κεφαλές).

Πίνακας 1. Γενικά χαρακτηριστικά των πειραματικών αγρών, που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη το έτος 2008.

| | <u>Αγρός 1</u> | <u>Αγρός 2</u> |
|-------------------------------|-------------------|--|
| Περιοχή | Παλαμάς (39°N) | Ερμήτσι (39°N) |
| Έκταση | 1.1 στρ | 40 στρ |
| Σπορά | 13 Απριλίου 2006 | 11 Απριλίου 2007 |
| Καλλιεργητική περίοδος | 3 ^η | 2 ^η |
| Μεταχειρίσεις | Άρδευση × λίπανση | Διάφορες εποχές συγκομιδής και καταγραφή ρυθμού αναβλάστησης |

* Εντός του Αγρού 2 πραγματοποιήθηκαν 3 συγκομιδές εκτάσεως 15 m² το καθένα το χειμώνα του 2008. Οι συγκομιδές έγιναν στις 3/1/08 (κωδικός = Αγρός 2β), στις 1/3/08 (κωδικός = Αγρός 2γ) και στις 11/4/08 (κωδικός = Αγρός 2δ).

Η πυκνότητα σποράς των πειραματικών αγρών ήταν η ίδια και τους δύο αγρούς (75 cm x 25 cm ή 5.3 φυτά/m²), η δε ποικιλία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η βελτιωμένη από το Εργ. Γεωργίας bianco avorio. Άρδευση πραγματοποιήθηκε μόνο στο Αγρό 1 (Πιν. 1) σε 4 δόσεις (συνολικά 200 mm) σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο, το οποίο ήταν split-plot σε 4 επαναλήψεις και κύριο παράγοντα την άρδευση (ποτισμένο και απότιστο) και δευτερεύον παράγοντα την αζωτούχο λίπανση σε 3 επίπεδα (0, 8 και 16 μονάδες N/στρ).

Πίνακας 2. Εδαφολογική ανάλυση των 2 αγρών

| Χαρακτηριστικό | Βάθος 0–30 cm | |
|---|---------------|---------|
| | Αγρός 1 | Αγρός 2 |
| Άμμος (%) | 32 | 53 |
| Άργιλλος (%) | 21 | 18 |
| Ιλύς (%) | 47 | 29 |
| Τύπος | L | SL |
| Ph (1:1) | 8.20 | 7.50 |
| Ηλεκτρ. Αγωγιμότητα (1:1, $\mu\text{S}/\text{cm}$) | 303 | 216 |
| Ολικό CaCO_3 (%) | 10,30 | 3,30 |
| Οργανική Ουσία (%) | 1,50 | 1,70 |
| Νιτρικό άζωτο (mg/kg) | 7 | 9 |
| Αμμωνιακό άζωτο (mg/kg) | 6 | 3 |
| Ολικό N (%) | 0,09 | 0,10 |
| P Olsen (mg/kg) | 4 | 17 |
| K^+ (mg/kg) | 157 | 153 |
| Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων- CEC (meq/100g) | 16,2 | 14,3 |
| Na (mg/kg) | 167,83 | 73,00 |
| Mg^{++} (mg/kg) | 596 | 425 |
| Mn (mg/kg) | 12,20 | 17,00 |
| B (mg/kg) | 1,07 | 0,87 |

2.1 Συλλογή πειραματικών δεδομένων ανά ερευνητική ερώτηση

2.1.1 Πείραμα 1

Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2007/2008 (Αγρό 1 και 2) και μάλιστα ανά τακτά χρονικά διαστήματα (2 εβδομάδες) λαμβάνονταν παρατηρήσεις ανάπτυξης της καλλιέργειας με βάση την κλίμακα που πρόσφατα κατασκευάστηκε για την αγριαγκινάρα (βλέπε Πιν. 3, Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008). Σκοπός των παρατηρήσεων ήταν να καταγραφεί η ημερολογιακή ημέρα, κατά την οποία άρχιζε και τελείωνε κάθε στάδιο, προκειμένου αργότερα να υπολογιστούν οι θερμομονάδες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση κάθε σταδίου. Έτσι 10 φυτά σημαδεύτηκαν εντός των πειραματικών αγρών και οι παρατηρήσεις γινότανε σε αυτά τα φυτά.

Πίνακας 3: Κλίμακα ανάπτυξης της καλλιέργειας

Στάδιο Περιγραφή

- [1] *Φύτρωμα του σπόρου ή αναβλάστηση από την ρίζα.* Το στάδιο αυτό ξεκινά με τη σπορά και ολοκληρώνεται με την εμφάνιση των δυο κοτυληδόνων (1^ο έτος) ή βλαστιδίων (2^ο έτος, κοκ).
- [2] *Δημιουργία των πρώτων φύλλων.* Το στάδιο αυτό ολοκληρώνεται με την εμφάνιση 6–9 έμισχων, βαθιά διαιρεμένων φύλλων.
- [3] *Ανάπτυξη ροζέτας.* Το στάδιο ολοκληρώνεται όταν το 90% του εδάφους έχει καλυφθεί από τα φύλλα της αγριαγκινάρας (περίοδος: μέσα Οκτωβρίου έως αρχές Δεκεμβρίου).
- [4] *Αύξηση σε βιομάζα (προς συγκομιδή).* Στο στάδιο αυτό παρατηρείται αύξηση της καλλιέργειας σε όγκο και βάρος, το οποίο μπορεί να συγκομισθεί για χορτομάζα. Το στάδιο ολοκληρώνεται όταν η καλλιέργεια έχει φτάσει στο μέγιστο βάρος (περίοδος: Δεκέμβριος έως Μάρτιος).
- [5] *Εμφάνιση της πρώτης ανθοκεφαλής.* Το στάδιο ξεκινά με την επιμήκυνση του βλαστού, τη διαφοροποίηση/διαίρεση του ακραίου μεριστώματος και ολοκληρώνεται με την εμφάνιση της πρώτης ταξιανθίας (περίοδος: τέλος Μαρτίου έως μέσα Μαΐου).

- [6] *Ανθοφορία*. Το στάδιο ξεκινά με την άνθηση της πρώτης ταξιανθίας και ολοκληρώνεται όταν το 90% των κεφαλών έχουν ανθήσει (εμφάνιση μοβ πετάλων, περίοδος: μέσα Μαΐου έως αρχές Ιουνίου).
- [7] *Ανάπτυξη ανθοκεφαλών*. Στο στάδιο αυτό καθορίζεται το τελικό μέγεθος των ανθοκεφαλών. Ξεκινά με την πτώση των μοβ πετάλων και ολοκληρώνεται όταν η κορυφή της πρώτης ανθοκεφαλής αρχίζει να σκληροποιείται (περίοδος: Ιούνιος).
- [8] *Φυσιολογική ωρίμανση (γέμισμα σπόρου)*. Το στάδιο ξεκινά όταν η πρώτη ανθοκεφαλή αλλάξει χρώμα από πράσινο σε κίτρινο-χρυσοαφί, με ταυτόχρονη εμφάνιση κίτρινων αγκαθιών και ολοκληρώνεται όταν το 90% των ανθοκεφαλών ξυλοποιηθούν (περίοδος: Ιούλιος).
- [9] *Γήρανση και συγκομιδή καλλιέργειας*. Το στάδιο ξεκινά με το κιτρίνισμα και τελικώς την πτώση των φύλλων, καθώς και την αλλαγή του χρώματος του στελέχους και των βραχιόνων από πράσινο-κίτρινο σε καφέ. Η καλλιέργεια συγκομίζεται όταν το 5% των ανθοκεφαλών έχουν πλήρως ανοίξει και οι άσπροι πάπποι είναι ευδιάκριτοι (υγρασία σπόρου 9–15%, υγρασία βλαστού, βραχιόνων 15–25%, περίοδος: τέλη Ιουλίου έως τέλη Αυγούστου).

* (πηγή: Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008)

Φυτάριο (φθινόπωρο)



Ροζέτα (χειμώνα)



Ανάπτυξη (καλοκαίρι)



Άνθος (Ιούλιο)



Αποξήρανση (Αύγουστο)



Αναβλαστήματα (Σεπτέμβριο)



Εικόνα 1: Στάδια ανάπτυξης του φυτού της αγριαγκινάρας

Οι θερμομονάδες υπολογίστηκαν με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\text{A.H.U.} = \sum \left[\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right]$$

όπου T_{\max} και T_{\min} είναι η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία ημέρας αντίστοιχα και T_b είναι η βασική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$) της καλλιέργειας. Για την εκτίμηση του ρυθμού φυσιολογικής ωρίμανσης της καλλιέργειας, συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος των προστιθέμενων θερμομονάδων (Accumulated Heat Units, A.H.U.). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι απαιτούμενες θερμομονάδες από το φύτευμα έως ένα δεδομένο φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας (π.χ. άνθιση), υπολογίζονται με την άθροιση των ημερήσιων αποτελεσματικών θερμοκρασιών πάνω από τη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της καλλιέργειας.

Επιπρόσθετα, 3 πειραματικά τεμάχια (15 m^2 το καθένα), κόπηκαν σε 3 αντίστοιχες χρονικές περιόδους (Ιανουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο), προκειμένου να καταγραφεί η πορεία ανάπτυξης της καλλιέργειας στις περιπτώσεις που το φυτό κατά την διάρκεια του χειμώνα – άνοιξη συλλεχθεί για ζωοτροφή ή καταστραφεί από κάποιο ακραίο καιρικό φαινόμενο (π.χ. παγετός).

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των μεταχειρίσεων από τους Αγρούς 2, 2β, 2γ και 2δ μελετήθηκαν σε επτά (7) δειγματοληψίες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου από τον Αγρό 2. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στις εξής ημερομηνίες: 03/03/2008, 18/03/2008, 10/04/2008, 02/05/2008, 13/05/2008, στις 24/05/2008 και 08/06/2008.

Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνανε χώρα οι παρακάτω μετρήσεις:

- θερμοκρασία γυμνού εδάφους (διάδρομος)
- θερμοκρασία εδάφους εντός της καλλιέργειας (πλήρως σκιαζόμενο)
- θερμοκρασίες των άνω και κάτω (σκιαζόμενων) φύλλων της φυτείας

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας γινόταν με φορητό όργανο θερμοκρασίας (πιστόλι) και επαναλαμβανότανε πέντε φορές. Επίσης η ακριβής ώρα των μετρήσεων καταγραφόταν προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις με την θερμοκρασία του αέρα.

Στην συνέχεια καταγράφονταν το στάδιο ανάπτυξης των φυτών σε κάθε μεταχείριση, ενώ από κάθε μία επιλέγονταν τυχαία τρία αντιπροσωπευτικά φυτά (από το κεντρικό τμήμα του τεμαχίου, ώστε να εξομαλύνουν την επίδραση του περιθωρίου – border effect) και για κάθε ένα φυτό από αυτά λαμβάνονταν μετρήσεις ύψους, αριθμού οργάνων καρποφορίας, αριθμού πεσμένων φύλλων, αριθμού ενεργών (πράσινων) φύλλων, καθώς και μετρήσεις χλωροφύλλης των άνω, μεσαίων και κάτω (σκιαζόμενων) φύλλων (2–3 φύλλα για κάθε επίπεδο και από 4–6 διαφορετικά σημεία για κάθε φύλλο).



Εικόνα 2: Το σύστημα LI-COR

Τέλος, τρία αντιπροσωπευτικά φύλλα από κάθε μεταχείριση κόπηκαν και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου πραγματοποιούνταν μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας των πράσινων φύλλων με την βοήθεια του αυτόματου μετρητή φύλλων (leaf area meter, LI-COR model LI-3000A, Εικόνα 2). Κατόπιν τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε χαρτοσακούλες και ακολούθησε η ξήρανση τους σε κλίβανο στους 70° C ως σταθερά βάρη (υγρασία 0%). Έπειτα τα δείγματα ζυγίζονταν σε ζυγό

ακριβείας προκειμένου να καθοριστεί το ξηρό βάρος των δειγμάτων και στην πορεία αναλύθηκαν για την περιεκτικότητα σε άζωτο.

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) αντιπροσωπεύει την φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα ξηρού βάρους της φυλλικής μάζας ($SLA = \text{επιφάνεια φύλλων σε } m^2 / \text{βάρους φύλλων σε g}$). Πρόκειται για σημαντικό μορφολογικό χαρακτηριστικό της καλλιέργειας και εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, το σχετικό στάδιο ανάπτυξης, κ.α.

2.1.2 Πείραμα 2 (προφίλ φυτών)

Σε 3 αντιπροσωπευτικά στάδια ανάπτυξης της αγριαγκινάρας (Αργός 1) λαμβάνονταν κάθε φορά 6 φυτά από το κέντρο του κάθε πειραματικού τεμαχίου και αναλύονταν λεπτομερώς ως προς τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και ως προς την υγρασία τους. Κάθε φυτό αντιπροσώπευε και μια μεταχείριση ($2 \text{ αρδεύσεις} \times 3 \text{ λιπάνσεις} = 6 \text{ μεταχειρίσεις}$). Οι μεταχειρίσεις ήταν: 1. ποτισμένο, χωρίς λίπανση, 2. ποτισμένο, με λίπανση 8 M αζώτου, 3. ποτισμένο, με λίπανση 16 M αζώτου, 4. απότιστο, χωρίς λίπανση αζώτου, 5. απότιστο, με λίπανση 8 M αζώτου και 6. απότιστο, με λίπανση 16 M αζώτου. Οι δειγματοληψίες γίνανε στις 24/05/2008 (1^η με στάδιο ανάπτυξης «5» σύμφωνα με τον πίνακα 3), στις 06/06/2008 (2^η με στάδιο ανάπτυξης «6») και στις 21/06/2008 (3^η με στάδιο ανάπτυξης «7»).

Τα επιλεγμένα φυτά μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο, όπου μετρήθηκε το ύψος του βλαστού και των βραχιόνων. Κατόπιν με βάση το ύψος του βλαστού, το φυτό χωρίστηκε σε 4 επίπεδα, εκ των οποίων τα 3 πρώτα επίπεδα (βλέπε α, β, και γ) έχουν ισάξιο μήκος ίσο με το 1/3 του ολικού μήκους του βλαστού, ενώ το τέταρτο επίπεδο (δ) προσδιορίζει το μήκος του βραχίονα (βλέπε εικόνα 3). Κατόπιν πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:

- Χλωρά βάρη κάθε φυτικού τμήματος (π.χ. φύλλα, μίσχο κλπ).
- Φυλλική επιφάνεια πράσινων φύλλων (LI-COR).

Με το πέρας των μετρήσεων, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο στους 70°C έως ίσα βάρη (0% υγρασία). Ακολούθησε η καταγραφή των ξηρών

βαρών, ενώ τα δείγματα που αφορούσαν τα φύλλα κρατήθηκαν για αναλύσεις αζώτου στους ιστούς.



Εικόνα 3: Διαχωρισμός επιπέδων. Επίπεδο α = από την βάση έως το 1/3 του ύψους του βλαστού. Το ύψος του βλαστού ορίζεται από τη βάση έως την διακλάδωση. Το επίπεδο α περιέχει ενεργά (πράσινα) φύλλα βάσης (και/ή ανενεργά-κίτρινα, ξερά), μίσχο και βλαστό. Το επίπεδο β περιέχει βλαστό, μίσχο και φύλλα βλαστού. Το επίπεδο γ ομοίως. Το επίπεδο δ περιλαμβάνει τους βραχίονες και φύλλα βραχιόνων και τα κεφάλια.

2.1.3 Πείραμα 3 (υπολογισμός σπόρων)

Στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου (αρχές Αυγούστου), όπου το φυτό βρισκόταν στο στάδιο της συγκομιδής, συλλέχθηκαν κεφάλια διαφόρου μεγέθους από τους Αγρούς 1 και 2 και ταξινομήθηκαν σε 7 κλάσεις (διάμετρος <3 cm, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8 και >8 cm). Συνολικά αναλύθηκαν 60 κεφαλές (8 από κάθε κλάση). Τη συλλογή των κεφαλών από τους αγρούς ακολούθησε η εναπόθεση τους σε στεγανό χώρο, προκειμένου να χάσουν την υγρασία τους. Μετά από μια εβδομάδα περίπου άρχισε η επεξεργασία τους.

Κάθε φορά το βάρος και η διάμετρος βάσης κάθε κεφαλής μετρήθηκαν με ακρίβεια και κατόπιν τα σπόρια διαχωρίστηκαν με μεγάλη ακρίβεια από το υπόλοιπο κεφάλι, ζυγίστηκαν σε ζυγό ακριβείας και καταμετρήθηκαν. Το βάρος του σπόρου (γραμ.), ο αριθμός των σπόρων που περιέχονται σε ένα κεφάλι, ο λόγος του βάρους του σπόρου ως προς το συνολικό βάρος του κεφαλιού και τέλος το βάρος 1000 σπόρων (γραμ.) αναλύθηκαν ως προς το βάρος του κεφαλιού (explanatory variable) και μετέπειτα ως προς την διάμετρο της κεφαλής. Το βάρος και η διάμετρος είναι πολύ εύκολο να μετρηθούν και για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ως επεξηγηματικές παράμετροι.



Εικόνα 4. Κεφαλές αγριαγκινάρας προς διαχωρισμό σπόρου.

Οι συσχετίσεις περιγράφηκαν με τη χρήση γραμμικών (linear) και μη-γραμμικών (non-linear models) μοντέλων. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τις μη γραμμικές συσχετίσεις είναι το παρακάτω (Sinclair and Horie, 1989):

Για παράδειγμα αριθμός σπόρων ως προς το βάρος των κεφαλιών (βλ. γραφική παράσταση 7β)

$$Y = Y_{\max} * \{2 / (1 + \exp(-\text{slope} * (X - X_0)) - 1)\} \quad \text{Εξ. 1}$$

όπου

Y = η πρόβλεψη (π.χ. αριθμός σπόρου)

Y_{\max} = ο μέγιστος δυνατός αριθμός σπόρων που περιέχονται σε ένα κεφάλι

slope = η κλίση της καμπύλης

X = η επεξηγηματική μεταβλητή (π.χ. βάρος κεφαλής)

X_0 = το ελάχιστο βάρος της κεφαλής προκειμένου να περιέχει σπόρο.

2.2 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων

Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής (ηλιοφάνεια, θερμοκρασία, βροχόπτωση, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου) καταγράφηκαν ανά ώρα από αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό, που ήταν εγκατεστημένος στο Αγρό 1 (σημειώνεται ότι η απόσταση των δύο πειραματικών αγρών είναι 1 χιλιόμετρο).

2.3 Στατιστική ανάλυση

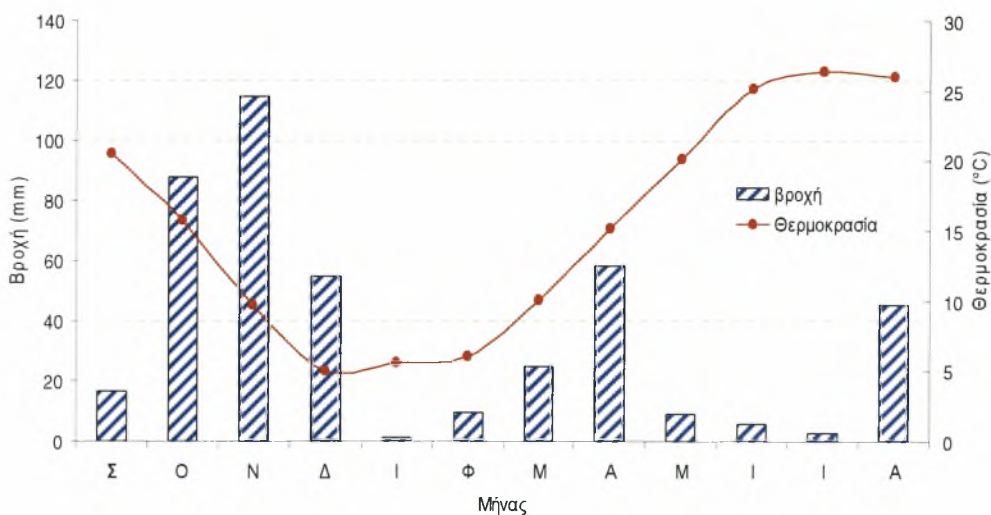
Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο GenStat (version 7.1). Για γραμμικές συσχετίσεις χρησιμοποιήθηκε το excel, ενώ οι συντελεστές των μη γραμμικών εξισώσεων υπολογίστηκαν στο στατιστικό πακέτο SAS (SAS Institute Inc., 1988), χρησιμοποιώντας την εντολή PROC_NLIN (μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων).

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. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία μηνός και η αθροιστική μηνιαία βροχόπτωση.

Οι έντονες βροχοπτώσεις του Φθινοπώρου (274 mm) βοήθησαν στη γρήγορη αύξηση της καλλιέργειας, η οποία κάλυψε πλήρως το έδαφος περί τα μέσα Οκτωβρίου. Οι θερμοκρασίες του χειμώνα (5°C) δεν προκάλεσαν ιδιαίτερες αυξομειώσεις στην βιομάζα (δεν παρατηρήθηκε σπάσιμο μίσχων από το ψύχος). Επίσης η αύξηση της θερμοκρασίας την άνοιξη (κυρίως τον Μάιο με 20°C), καθώς και της ηλιοφάνειας, συνετέλεσαν στην γρήγορη αύξηση της αγριαγκινάρας σε βιομάζα και ύψος (μέγιστο 280 cm). Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ελλιπής βροχόπτωση το πρώτο εξάμηνο του 2008 (110 mm σε 6 μήνες) αποτέλεσε ένα μικρό περιοριστικό παράγοντα στην αύξηση και παραγωγικότητα της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους Fernandez et al., (2006), η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας αποδίδει μέγιστες παραγωγές σε επίπεδα βροχόπτωσης πάνω από 400 mm. Όμως πιστεύεται ότι η υψηλή υπόγεια στάθμη στην εν λόγω περιοχή σε συνδυασμό με την μεγάλη ρίζα του φυτού εξισορρόπησε αυτή την έλλειψη βροχόπτωσης.



Σχήμα 1. Αθροιστική μηνιαία βροχόπτωση και μέση μηνιαία θερμοκρασία στην πειραματική περιοχή της Καρδίτσας την περίοδο Σεπτέμβριος 2007 (Σ) έως Αύγουστο 2008 (Α).

3.2 Στάδια ανάπτυξης και μορφολογικά χαρακτηριστικά

Όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό μέρος, ο υπολογισμός των θερμομονάδων -ανά στάδιο ανάπτυξης- από την αναβλάστηση έως την συγκομιδή της καλλιέργειας, αποτελεί ένα σημαντικό αγρονομικό χαρακτηριστικό. Επειδή όμως στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία για την βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της αγριαγκινάρας, στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήσαμε τις δυο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τιμές (7 και 10 °C. Angelini et al., 2009; Garcia et al., 2008; Πουλέας, 2001; Σκούρας 2002; Γιαννούλης, 2003).

Επιπλέον, η φαινολογική κλίμακα των 9 σταδίων χωρίστηκε σε 2 ευρύτερα τμήματα, τη βλαστική περίοδο (από φύτευμα σπόρου ή την αναβλάστηση από τη ρίζα έως λίγο πριν την έναρξη της ανθοφορίας, βλέπε πίνακα 3 στάδια από 0 έως 4) και την αναπαραγωγική περίοδο (από την εμφάνιση της πρώτης κεφαλής έως και τη συγκομιδή, βλέπε πίνακα στάδια 5 έως 9). Αυτός ο διαχωρισμός έγινε, διότι μερικά στάδια ανάπτυξης της αγριαγκινάρας (π.χ. το 3 με το 4 ή το 6 με το 7) συμβαίνουν παράλληλα και θα είναι δύσκολο και επικίνδυνο να διαχωριστούν με μεγάλη ακρίβεια.

Πίνακας 4. Ημερολογιακές παρατηρήσεις και εφαρμογή θερμομονάδων στα στάδια ανάπτυξης της αγριαγκινάρας σε 5 πειραματικά τεμάχια στην Καρδίτσα το 2007/2008.

| Αγρός | Στάδια από 0 έως 4 | | | Στάδια από 5 έως 9 | | |
|-------|-------------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | Ημερομηνίες | 7°C | 10°C | Ημερομηνίες | 7°C | 10°C |
| 1 | 1/9/07 – 20/4/08 ¹ | 1081 | 658 | 21/4/08–1/8/08 | 1653 | 1344 |
| 2 | 11/4/07–17/4/08 ² | 3371 | 2529 | 18/4/08–27/7/08 | 1598 | 1295 |
| 2β | 03/1/08–20/4/08 ³ | 310 | 137 | 21/4/08–27/7/08 | 1566 | 1292 |
| 2γ | 01/3/08–30/4/08 ⁴ | 353 | 192 | 01/5/08–01/8/08 | 1567 | 1288 |
| 2δ | 11/4/08–15/5/08 ⁵ | 337 | 232 | 16/5/08–11/8/08 | 1605 | 1341 |

¹ = αναβλάστηση από τη ρίζα (3^ο έτος), ² = φύτευμα από σπόρο, ³ = 1^η κοπή εκτάσεως 15 m², ⁴ = 2^η κοπή εκτάσεως 15 m², ⁵ = 3^η κοπή εκτάσεως 15 m²

Ο παραπάνω πίνακας 4, παραθέτει φαινολογικές ημερομηνίες έναρξης και ολοκλήρωσης διαφόρων σταδίων ανάπτυξης. Προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των παρατηρήσεων, πραγματοποιήθηκαν 3 μεγάλες κοπές (βλέπε Υλικά και Μέθοδοι). Το πρώτο συμπέρασμα από την παραπάνω ανάλυση είναι ότι σπορά αγριαγκινάρας στις 11/4/07 (Αγρό 2) το φυτό δεν έβγαλε κεφαλές την 1^η καλλιεργητική περίοδο, ενώ αντίθετα αναβλάστηση καλλιέργειας μετά από κοπή στις 11/4/08 (Αγρό 2δ) το φυτό βγάζει κεφαλές. Αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι ο ρυθμός αύξησης της καλλιέργειας από τη ρίζα είναι κατά πολύ μεγαλύτερος απ' ότι ο ρυθμός αύξησης του φυτού από το σπόρο (Δαναλάτος και Αρχοντούλης, 2008), που σημαίνει ότι το φυτό φθάνει σε ένα επίπεδο που μπορεί να υποστηρίξει τη δημιουργία αναπαραγωγικών οργάνων. Επιπλέον, τους καλοκαιρινούς μήνες όπου οι θερμοκρασίες ξεπερνάνε τους 30–33°C για τουλάχιστον 10 ώρες/ημέρα, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μειώνεται δραστικά σε αντίθεση με την αναπνοή, η οποία αυξάνει θεαματικά (διπλασιασμός, Archontoulis et al., 2008b), με πιθανό αποτέλεσμα ελάχιστο ημερήσιο κέρδος και το φυτό να παραμένει στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο ερώτημα χρίζει περαιτέρω διερεύνησης.



Εικόνα 5. Κοπή αγριαγκινάρας στις 3/1/08 (αριστερά, Αγρός 2β) και στις 10/4/08 (δεξιά, Αγρός 2δ).

Αναφορικά με το άθροισμα των θερμομονάδων παρατηρήθηκε ότι τα αναπαραγωγικά στάδια (βλέπε από 5 έως 9) έχουν πιο σταθερό άθροισμα θερμομονάδων (μικρή διακύμανση, Πιν. 4) σε όλους τους αγρούς. Υπολογίστηκε ότι απαιτούνται περίπου 1584 ή 1304 °C-days στους 7 ή 10 °C ως βασική θερμοκρασία, αντίστοιχα για να ολοκληρώσουν τα στάδια 5 έως 9. Σε αντίθεση με τα

αναπαραγωγικά στάδια. τα βλαστικά στάδια (βλέπε από 0 έως 4), δείχνουν μια ιδιαίτερα μεγάλη διακύμανση, όσο αφορά το άθροισμα θερμομονάδων που απαιτούνται για να ολοκληρωθούν (από 310 ή 137 °C-days στους 7 ή 10 °C έως 1081 ή 658 °C-days στους 7 ή 10 °C αντίστοιχα). Στο υπολογισμό του μέσου όρου των βλαστικών σταδίων εξαιρέθηκε ο Αγρός 2.

Πέραν των ενδεικτικών τιμών και των πρώτων συμπερασμάτων που βγήκαν από αυτή την ανάλυση, θεωρείται ότι η ανάλυση μιας μεγαλύτερης βάσης δεδομένων (>30) συμπεριλαμβανομένων και των δεδομένων αυτής της μελέτης θα βοηθούσε στην εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο φωτοπεριοδισμός καθότι επηρεάζει εξίσου σημαντικά το ρυθμό ανάπτυξης.

Αναφορικά με τις παρατηρήσεις αύξησης των πειραματικών τεμαχίων, πάρθηκαν μετρήσεις ύψους και αριθμού κεφαλιών ανά φυτό σε επτά χρονικές περιόδους και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Ύψος φυτών και αριθμός κεφαλιών σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε διαφορετικά πειραματικά τεμάχια στη Καρδίτσα το 2007/2008.

| Αγρός / ημερομηνία | Ύψος φυτών | | | | Αριθμός κεφαλιών / φυτό | | | |
|-----------------------|------------|-----|-----|----|-------------------------|------|------|------|
| | 2 | 2β | 2γ | 2δ | 2 | 2β | 2γ | 2δ |
| 3/3/08 | 56 | 35 | – | – | – | – | – | – |
| 18/3/08 | 73 | 54 | – | – | – | – | – | – |
| 10/4/08 | 137 | 85 | 48 | – | – | – | – | – |
| 2/5/08 | 207 | 129 | 107 | 20 | 13.6 | 13 | 3.0 | 0 |
| 13/5/08 | 220 | 154 | 146 | 40 | 28.5 | 18.3 | 7.3 | 1.5 |
| 24/5/08 | 300 | 197 | 206 | 50 | 22.3 | 13.6 | 15.0 | 5.5 |
| 8/6/08 | 305 | 205 | 210 | 75 | 22.0 | 14.3 | 17.3 | 10.4 |

Αγρός 2 = σπορά 11/4/07, 2β = αναβλάστηση 3/1/08, 2γ = 1/3/08, 2δ = 11/4/08

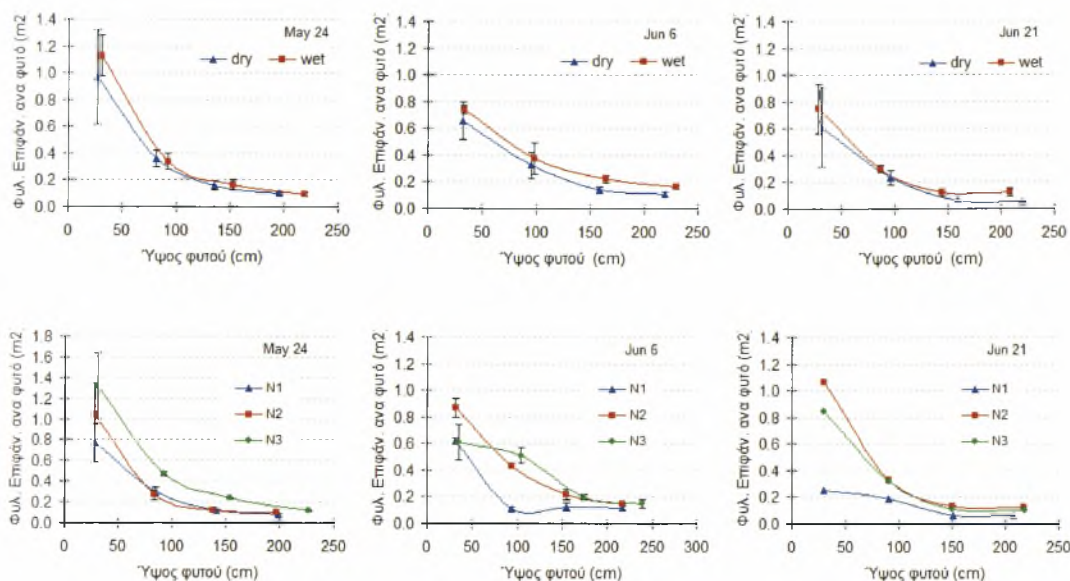
Συγκομιδή καλλιέργειας στις 3/1/08 (Αγρός 2β) είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του ύψους της καλλιέργειας περί το 33% σε σχέση με τον Αγρό 2 (τελικό ύψος 205 έναντι 305). Οι καμπύλες που περιγράφουν την πορεία εξέλιξης του ύψους καλλιέργειας τρέχουν παράλληλα. Αναφορικά με τον αριθμό των κεφαλιών ανά φυτό στις ίδιες μεταχειρίσεις, παρατηρήθηκε ότι ο Αγρός 2β δημιούργησε 28% λιγότερα κεφάλια έναντι του Αγρού 2. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο παραπάνω πίνακας αναφέρει όλα τα όργανα καρποφορίας (από πολύ μικρά έως κανονικά). Επίσης παρατηρήθηκε ότι η αγριαγκινάρα σχηματίζει το μέγιστο δυνατό αριθμό κεφαλών λίγο πριν την έναρξη της ανθοφορίας (blossoming) και στη συνέχεια συντηρεί και θρέφει ένα συγκεκριμένο αριθμό οργάνων, σύμφωνα με τα διαθέσιμα θρεπτικά του εδάφους, τις κλιματολογικές συνθήκες και πιθανότατα το δυναμικό του φυτού. Γι' αυτό το λόγο οι τιμές του παραπάνω πίνακα είναι κάπως υψηλές (π.χ. Αγρός 2 στις 13/5/08 με 28 κεφάλια/φυτό).

Μη σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των μεταχειρίσεων Αγροί 2β και 2γ, οι οποίες έφτασαν σε τελικό ύψος περί τα 2 μετρά, σχηματίζοντας 15 κεφάλια ανά φυτό. Ο λόγος προφανώς οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες που σημειώθηκαν την περίοδο Ιανουάριο – Μάρτιο, όπου το φυτό δεν σημείωσε σημαντική αύξηση (βλέπε επίσης θερμομονάδες). Η αργοπορημένη κοπή (Αγρός 2δ) έφτασε σε τελικό ύψος 75 εκατοστών (42% χαμηλότερα από ότι ο μάρτυρας Αγρός 2) και δημιούργησε περίπου 10 κεφάλια ανά φυτό (53% χαμηλότερα από ότι ο μάρτυρας Αγρός 2).

Συμπερασματικά λοιπόν, συγκομιδή αγριαγκινάρας για ζωοτροφή τους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο επιφέρει 30% μείωση ύψους και αριθμού οργάνων καρποφορίας (και κατ' επέκταση 30% μείωση παραγωγής), ενώ συγκομιδή αγριαγκινάρας για ζωοτροφή τον Απρίλιο επιφέρει >45% μείωση ύψους και αριθμού οργάνων καρποφορίας (και κατ' επέκταση >45% μείωση παραγωγής).

3.3 Προφίλ φυτών

3.3.1 Φυλλική επιφάνεια



Σχήμα 2. Η πορεία της φυλλικής επιφάνειας ενός φυτού αγριαγκινάρας σε σχέση με το ύψος για 2 επίπεδα νερού (επάνω εικόνες όπου dry = απότιστο και wet = ποτισμένο) και για 3 επίπεδα λίπανσης (κάτω εικόνες N1=χωρίς λίπανση αζώτου, N2= λίπανση με 8 M αζώτου, N3= λίπανση με 16 M αζώτου) σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου.



Στο σχήμα 2 φαίνεται καθαρά ότι η μεγαλύτερη ποσότητα των φύλλων αγριαγκινάρας είναι στη βάση του φυτού, ενώ καθώς προχωρούμε προς τη κορυφή, η επιφάνεια των φύλλων μειώνεται ακολουθώντας μια αρνητική εκθετική πορεία. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιθυμητό αγρονομικό χαρακτηριστικό, διότι το φως διαπερνά όλα τα επίπεδα φυλλικής επιφάνειας του φυτού (από πάνω προς τα κάτω), γεγονός που σημαίνει ότι έχουμε συμμετοχή και συνεισφορά όλων των φύλλων στην συνολική ημερήσια φωτοσύνθεση. Κατά την πορεία εξέλιξης του φυτού τα κάτω φύλλα (της βάσης) πέφτουν και αυτό φαίνεται από τις διπλανές δειγματοληψίες (ημερομηνία 6/6 και 21/6, Σχ. 2). Τα φύλλα αυτά εναποθέτονται στο χώμα και αργότερα γίνεται χούμος (δηλαδή λίπασμα).

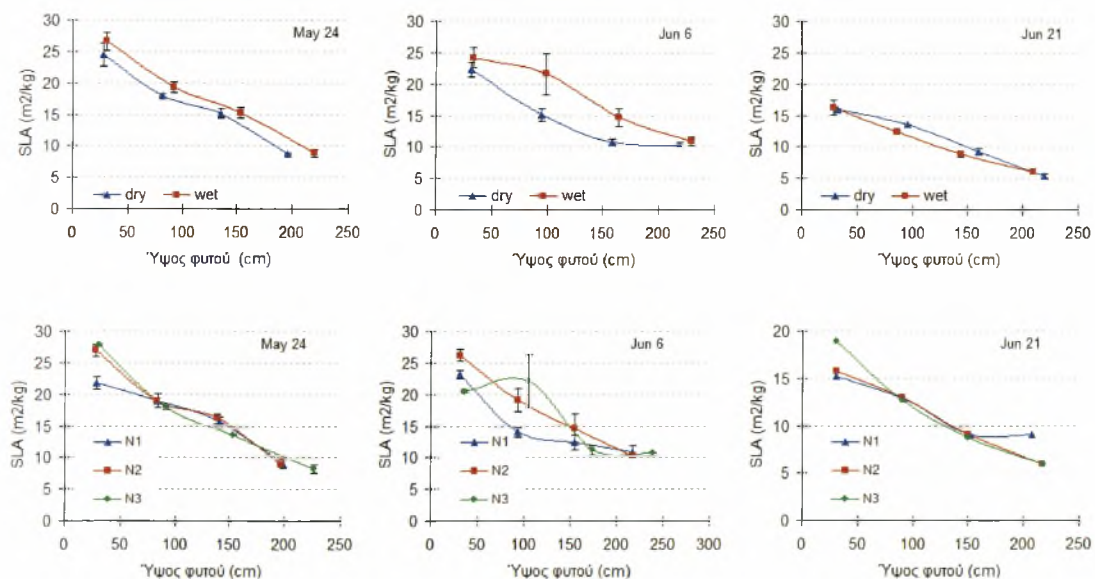
Χαρακτηριστικό της αγριαγκινάρας είναι η πολύ μεγάλη φυλλική της επιφάνεια. Στις 24/5 η συνολική έκταση των φύλλων ήταν $1.1+0.4+0.2+0.1 = 1.8 \mu^2$. Υποθέτοντας 4 φυτά ανά μ^2 εδάφους η ειδική φυλλική επιφάνεια της καλλιέργειας

ήταν $4 \times 1.8 = 7.2 \text{ m}^2$ φύλλων ανά m^2 εδάφους, γεγονός που σημαίνει ότι έχουμε πλήρη δέσμευση και αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Αναφορικά με τις μεταχειρίσεις του νερού φαίνεται ότι το ποτισμένο συντηρεί περισσότερα φύλλα και κατ' επέκταση μεγαλύτερη φωτοσυνθετική επιφάνεια, ενώ οι λιπασμένες με άζωτο μεταχειρίσεις φαίνεται να έχουν μεγαλύτερες τιμές φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με την αλίπαντη μεταχείριση. Η μικρή διαφορά μεταξύ των επιπέδων νερού προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο έδαφος έχει υψηλή στάθμη υπόγειου νερού.

Τα παραπάνω δεδομένα είναι πολύ σημαντικά για την καλλιέργεια της αγριαγκινάρας, διότι η γνώση της κατανομής της επιφάνειας των φύλλων και της πορείας τους εντός του φυτού βοηθούν στο να κατανοήσουμε την παραγωγικότητα του φυτού ξεκινώντας από τη δέσμευση του ηλιακού φωτός (φωτοσύνθεση). Επιπρόσθετα, οι παραπάνω συσχετίσεις με το ύψος του φυτού μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε μαθηματικές εξισώσεις και κατόπιν να ενσωματωθούν σε μοντέλο πρόγνωσης αύξησης και παραγωγικότητας της αγριαγκινάρας.

3.3.2 Κατανομή του SLA



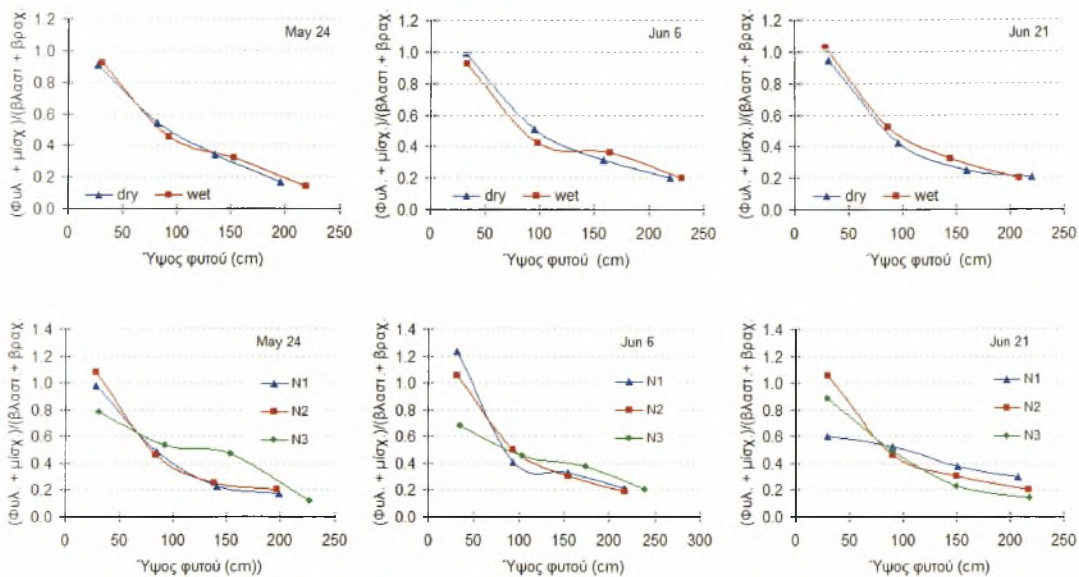
Σχήμα 3. Η πορεία του δείκτη ειδικής φυλλικής επιφάνειας (SLA) ενός φυτού αγριαγκινάρας σε σχέση με το ύψος για 2 επίπεδα νερού (επάνω εικόνες, όπου dry = απότιστο και wet = ποτισμένο) και για 3 επίπεδα λίπανσης (κάτω εικόνες N1=χωρίς λίπανση αζώτου, N2=

λίπανση με 8 Μ αζώτου, N3= λίπανση με 16 Μ αζώτου) σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου.

Το SLA αποτελεί ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό, κυρίως σε μελέτες προσομοίωσης των καλλιεργειών, καθώς αποτελεί δομικό στατιστικό του μοντέλου (Danalatos, 1993; Van Ittersum, et al., 2003). Λεπτομερής κατανόηση και περιγραφή του SLA αποτελεί θεμελιώδης γνώση. Από το σχήμα 3 φαίνεται καθαρά ότι το SLA παίρνει μέγιστες τιμές στη βάση του φυτού (σκιαζόμενα φύλλα βάσης), ενώ καθώς προχωράμε προς την κορυφή του φυτού το SLA μειώνεται. Τα φύλλα των βραχιόνων των ανθοκεφαλών, τα οποία είναι τα πλέον ηλιόλουστα φύλλα έχουν τις μικρότερες τιμές, διότι το πολύ φως κάνουν τα φύλλα χοντρά, οπότε και το κλάσμα (επιφάνεια προς βάρος) μειώνεται δραστικά σε τιμές περίπου από 5–10 m²φύλλων/kg ξηρών φύλλων. Εκτός από την μείωση που επιφέρει η θέση των φύλλων επάνω στο φυτό, το SLA μειώνεται επίσης με την πάροδο του χρόνου (από τις 24/5 έως τις 21/6), καθώς παρατηρείται πτώση των φύλλων της βάσης.

Αναφορικά με την πορεία του SLA σε σχέση με το ύψος επάνω στο φυτό, θα λέγαμε ότι η σχέση αυτή είναι από γραμμική έως αρνητική εκθετική, με μέγιστες τιμές γύρω στο 25 και μικρότερες τιμές περί το 5–10 m² kg⁻¹. Η αρδευόμενη μεταχείριση παρουσίασε κάπως υψηλότερες τιμές SLA σε σχέση με το απότιστο. Οι λιπασμένες μεταχειρίσεις δεν φάνηκαν να έχουν σημαντική επίδραση στις τιμές του SLA (σχήμα 3). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περίοδος δειγματοληψίας (Μάιος Ιούνιος) συνέπεσε με την αρδευτική περίοδο και σε συνδυασμό με τις υψηλές εξατμισοδιαπνοές που επικρατούσαν στην περιοχή μελέτης συνετέλεσαν σε αυτές τις διαφορές. Από την άλλη, η περίοδος δειγματοληψίας συνέπεσε με την περίοδο όπου το φυτό δημιουργεί και αναπτύσσει το αναπαραγωγικό τμήμα (ανθοκεφαλές), γεγονός που σημαίνει ότι τα θρεπτικά (π.χ. άζωτο) και οι υδατάνθρακες καταμερίζονται κατά κύριο μέρος στις κεφαλές και όχι στα βλαστικά μέρη (π.χ. φύλλα, βλαστός, εξάλλου η αύξηση σε ύψος είχε μεγιστοποιηθεί από την 1^η δειγματοληψία). Επίσης στις περισσότερες μελέτες αύξησης και ανάπτυξης καλλιεργειών το SLA προσδιορίζεται ως ο μέσος όρος του φυτού. Εδώ το SLA παρουσιάζεται διεξοδικά και δίνει σαφείς απαντήσεις για την «ποιότητα των φύλλων», αλλά ακόμη περισσότερο και για το πώς προκύπτει αυτός ο μέσος όρος (π.χ. βλέπε Archontoulis et al., 2008).

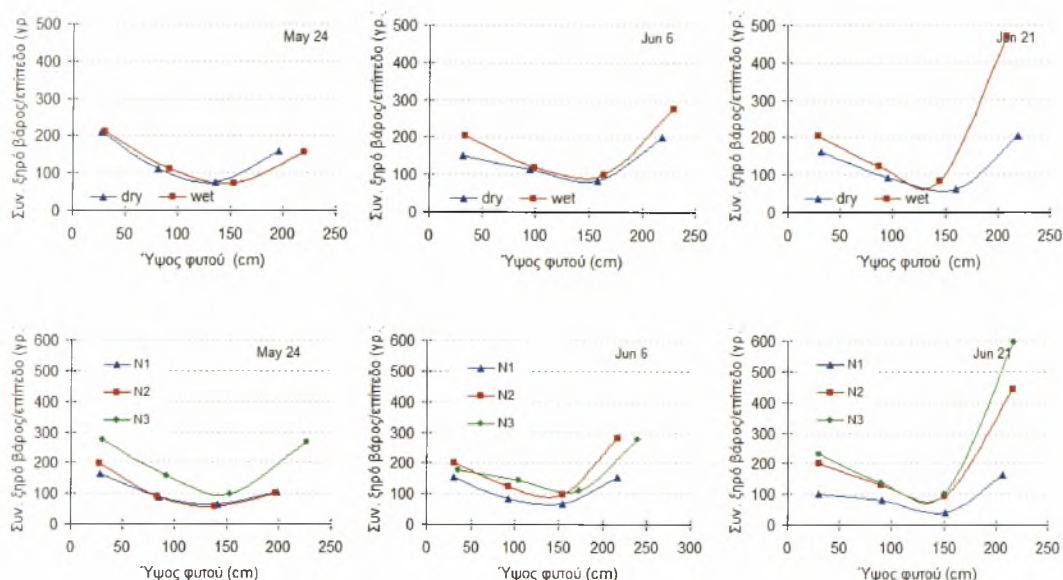
3.3.3 Κατανομή του λόγου (φύλλα+μίσχος) / (βλαστός+βραχίονας)



Σχήμα 4. Η πορεία του λόγου (φύλλα+μίσχος) / (βλαστός+βραχίονας) ενός φυτού αγριαγκινάρας σε σχέση με το ύψος για 2 επίπεδα νερού (επάνω εικόνες, όπου dry = απότιστο και wet = ποτισμένο) και για 3 επίπεδα λίπανσης (κάτω εικόνες N1=χωρίς λίπανση αζώτου, N2= λίπανση με 8 M αζώτου, N3= λίπανση με 16 M αζώτου) σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου.

Ο συγκεκριμένος λόγος φαίνεται να είναι αρκετά σταθερός και δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των μελετώμενων παραγόντων (νερό και λίπασμα). Το παραπάνω σχήμα επίσης επιβεβαιώνει ότι η μεγαλύτερη ποσότητα των φύλλων βρίσκονται στην βάση του φυτού, ενώ όσο προχωράμε από την βάση προς την κορυφή το βλαστικό μέρος αυξάνει. Τέλος, η διαφοροποίηση του λόγου σε σχέση με τις ημερομηνίες δειγματοληψίας παρουσιάζεται μικρή. Οι παραπάνω σχέσεις (allometric relationships) συνήθως διατηρούνται σταθερές για ένα μεγάλο εύρος παραγόντων και λαμβάνονται υπόψη στην κατανομή της ξηρής ουσίας (Castelan-Estrada et al., 2002).

3.3.4 Κατανομή του συνολικού ξηρού βάρους ανά επίπεδο (σε γραμ.)



Σχήμα 5. Η κατανομή του συνολικού ξηρού βάρους ανά επίπεδο (γραμ.) ενός φυτού αγριαγκινάρας σε σχέση με το ύψος για 2 επίπεδα νερού (επάνω εικόνες, όπου dry = απότιστο και wet = ποτισμένο) και για 3 επίπεδα λίπανσης (κάτω εικόνες N1=χωρίς λίπανση αζώτου, N2= λίπανση με 8 M αζώτου, N3= λίπανση με 16 M αζώτου) σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού. Οι κάθετες μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα του μέσου όρου.

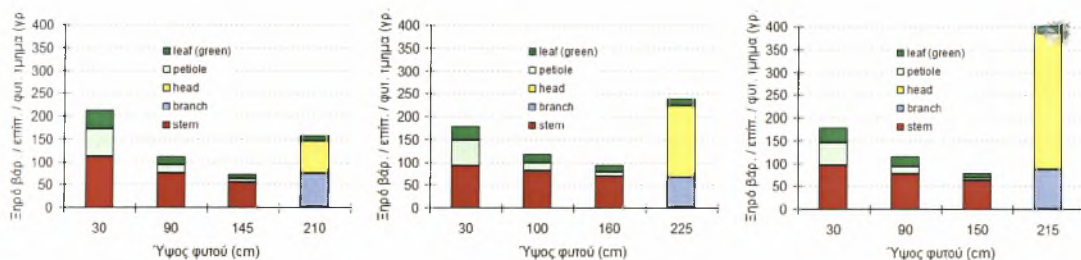
Το σχήμα 5 παρουσιάζει την κατανομή του ξηρού βάρους σε σχέση με το ύψος εντός του φυτού. Η κατανομή του βάρους δεν είναι ισάξια σε κάθε επίπεδο, απεναντίας παρουσιάζει μια πτώση κοντά στα 150 cm ύψους (λίγο πριν την δημιουργία των βραχιόνων). Η γενικότερη πορεία του ξηρού βάρους σε σχέση με το ύψος του φυτού φαίνεται να εμπίπτει σε 2^{ου} βαθμού πολυουρική σχέση. Στην βάση του φυτού (επίπεδο α), παρατηρείται μια βαθμιαία πτώση του βάρους σε σχέση με τις 3 δειγματοληψίες γεγονός που φανερώνει την πτώση των κάτω φύλλων στο έδαφος.

Στο δεύτερο και τρίτο επίπεδο (β και γ αντίστοιχα) δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στο βάρος των επιπέδων, γεγονός που δηλώνει ότι από τις 24 Μαΐου έως και τις 21 Ιουνίου, τα φύλλα παρέμειναν εντός του φυτού (προφανώς η γήρανση αυτών των φύλλων πραγματοποιείται εντός Ιουλίου). Στο επίπεδο δ (αναπαραγωγικό τμήμα), όπου κυριαρχούν οι κεφαλές, το βάρος συνεχώς παρουσιάζεται να αυξάνεται. Προφανώς το φυτό προωθεί / κατανέμει όλους τους

υδατάνθρακες, που έχει συγκεντρώσει από την φωτοσύνθεση, στα όργανα καρποφορίας για τον σχηματισμό και το γέμισμα των σπόρων.

Αυτό φαίνεται ακόμα καλύτερα εάν συγκρίνουμε το βάρος του επιπέδου δ ως προς το συνολικό βάρος του φυτού. Έτσι το ποσοστό των κεφαλών στις 24/05/2008 αποτελούν το 33% του συνολικού βάρους του φυτού, στις 06/06/2008 το 40% και στις 21/06/2008 το 55% αυτού. Αναφορικά με τους υπό μελέτη παράγοντες φαίνεται ότι η άρδευση και η λίπανση έχουν θετική επίδραση στην αύξηση του συνολικού βάρους, κυρίως στο επίπεδο δ (κεφαλές). Μάλιστα, το αποτέλεσμα της επίδρασης γίνεται ακόμα σημαντικότερο, εάν συνυπολογίσουμε ότι σε ένα τετραγωνικό μέτρο εδάφους υπάρχουν 4 φυτά, οπότε αθροιστικά η διαφορά στην τελική παραγωγή βιομάζας είναι σαφώς μεγαλύτερη.

3.3.5 Κατανομή του ξηρού βάρους ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα (γραμμ.)



Σχήμα 6. Η κατανομή σε γραμμάρια του ξηρού βάρους ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα αγριαγκινάρας σε σχέση με το ύψος του φυτού σε 3 διαφορετικά στάδια ανάπτυξής του. Κάθε τιμή αποτελεί μέσο όρο όλων των μεταχειρίσεων. Leaf green = ενεργά πράσινα φύλλα (βάσης, βλαστού και βραχιόνων), petiole = μίσχος, head = κεφάλι, branch = βραχιόνια και stem = βλαστός). Αριστερή εικόνα = 24/5, μεσαία = 6/6 και δεξιά = 21/6.

Σε συνέχεια της ανάλυσης της προηγούμενης ενότητας (ολικό βάρος ανά επίπεδο), στη τρέχουσα ενότητα και συγκεκριμένα στο σχήμα 6, παρουσιάζεται το βάρος ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα (μέσο όρο όλων των μεταχειρίσεων). Στις 24/5 το φυτό έχει συμπληρώσει πλήρως την δημιουργία των οργάνων καρποφορίας “inflorescences on a compound corymb arrangement” και των βλαστικών μερών, ενώ

την περίοδο 6/6 το φυτό βρίσκεται στο 20% της ανθοφορίας του, ενώ την περίοδο 21/6 είναι στο >80% της ανθοφορίας του.

Στο σχήμα 6 φαίνεται καθαρά ότι το βάρος των στελεχών (βλαστός + βραχίονες) παραμένουν σταθερά, ενώ το βάρος των φύλλων μειώνεται (πτώση) και το βάρος των κεφαλιών αυξάνει (γέμισμα). Πιο συγκεκριμένα στις 24/5 η τιμή του (βλαστός+βραχίονες) για το επίπεδο α είναι 111.1, στις 6/6 είναι 105.7 και στις 21/6 είναι 100.7 γραμμάρια. Για τα κεφάλια παρουσιάζεται μία σχεδόν εκθετική αύξηση του βάρους τους, δηλαδή από 63.3 στις 24/5 αυξάνεται σε 185.2 στις 6/6 και τελικά ανεβαίνει στα 347.3 γραμμάρια στις 21/6. Η αύξηση σε βάρος των κεφαλών συνεχίζεται και πέραν της 21/6.

3.3.6 Αριθμός κεφαλιών ανά φυτό

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τους μέσους όρους του αριθμού των κεφαλών ανά μεταχείριση (αναλυτικότερα δεδομένα δίνονται στο Παράρτημα 2). Φαίνεται λοιπόν ότι η επίδραση της επιπρόσθετης άρδευσης ($P=0.035$) και λίπανσης ($P=0.002$) έχουν στατιστικώς σημαντική επίδραση στο αριθμό των κεφαλιών ανά φυτό. Αριθμητικά η υπεροχή είναι πιο σαφής για τον παράγοντα λίπανση (Πιν. 6). Σε γενικές γραμμές το δυναμικό παραγωγής κεφαλών ανά φυτό αγριαγκινάρας στην περιοχή της Καρδίτσας είναι έως και 14 κεφαλές ανά φυτό με πυκνότητα σποράς 4–5 φυτά m^{-2} .

Ο τελικός αριθμός των κεφαλιών ανά φυτό ή ανά μονάδα εμβαδού είναι από τα πιο σημαντικά αγρονομικά χαρακτηριστικά της αγριαγκινάρας, καθώς τα κεφάλια περιέχουν τους σπόρους, οι οποίοι και αυξάνουν κατά πολύ την συνολική θερμική αξία του φυτού και κατ' επέκταση την αξία του βιοκαυσίμου.

Πίνακας 6. Μέσος όρος αριθμού κεφαλιών ανά φυτό σε σχέση με τις μεταχειρίσεις και τις εποχές συγκομιδής. Η δημιουργία νέων κεφαλιών ουσιαστικά ολοκληρώθηκε γύρω στα τέλη Μαΐου, οπότε οι ημερομηνίες δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκαν ως επαναλήψεις και τα δεδομένα επεξεργάστηκαν για στατιστικές σημαντικές διαφορές (βαθμοί ελευθερίας = 18). M.O. = μέσος όρος, P = probability level, LSD = ελάχιστη σημαντική διαφορά, n.s = μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές ($P > 0.05$). A × Λ = αλληλεπίδραση.

| Άρδευση (A) | Ποτισμένο | Απότιστο | |
|-------------|-----------|-----------|------------|
| M.O | 11.89 | 9.33 | |
| P | 0.035 | | |
| LSD | 2.33 | | |
| Λίπανση (Λ) | 0 μονάδες | 8 μονάδες | 16 μονάδες |
| M.O | 8.33 | 9.33 | 14.17 |
| P | 0.002 | | |
| LSD | 2.86 | | |
| A × Λ | 0 μονάδες | 8 μονάδες | 16 μονάδες |
| Ποτισμένο | 10.67 | 10.33 | 14.67 |
| Απότιστο | 6.00 | 8.33 | 13.67 |
| P (A×Λ) | 0.374 | | |
| LSD | ns | | |

3.3.7 Υγρασίες ανά επίπεδο και ανά φυτικό τμήμα

Πίνακας 7. Η μεταβολή του λόγου ξηρό/χλωρό βάρος (Υγρασία φυτού = 1- ξηρό/χλωρό βάρος) ανά επίπεδο (α, β, γ, δ) και ανά φυτικό τμήμα για όλες τις περιόδους. Δεδομένα είναι οι μέσοι όροι όλων των μεταχειρίσεων, επειδή δεν βρήκαμε ουσιαστικές διαφορές μεταξύ τους.

| Ημ/νία | Επίπεδο | Βλαστός | Μίσχος | Πράσινα Φύλλα | Κίτρινα Φύλλα | Βραχίονες | Κεφάλια |
|---------|---------|---------|--------|------------------|------------------|-----------|---------|
| 24/5/08 | α | 0.20 | 0.10 | 0.15 | 0.82 | – | – |
| | β | 0.23 | 0.12 | 0.17 | – | – | – |
| | γ | 0.20 | 0.12 | 0.19 | – | – | – |
| | δ | – | – | 0.19 | – | 0.18 | 0.16 |
| 6/6/08 | α | 0.23 | 0.16 | 0.16 | 0.74 | – | – |
| | β | 0.28 | 0.18 | 0.16 | – | – | – |
| | γ | 0.27 | 0.17 | 0.19 | – | – | – |
| | δ | – | – | 0.19 | – | 0.23 | 0.21 |
| 21/6/08 | α | 0.28 | 0.18 | 0.24 | 0.75 | – | – |
| | β | 0.32 | 0.22 | 0.24 | – | – | – |
| | γ | 0.29 | 0.24 | 0.27 | – | – | – |
| | δ | – | – | 0.28 | – | 0.28 | 0.25 |

Το πιο ουσιαστικό συμπέρασμα από τον παραπάνω πίνακα είναι ότι η υγρασία κάθε φυτικού τμήματος (π.χ. βλαστός ή φύλλα) παραμένει σχεδόν σταθερή σε κάθε επίπεδο μελέτης και αλλάζει μόνο με την ημερομηνία δειγματοληψίας. Η υγρασία του φυτού μειώνεται προοδευτικά με την πάροδο του χρόνου. Επισημαίνουμε ότι για να συγκομισθεί το φυτό η υγρασία των (βλαστών + βραχιόνων) θα πρέπει να είναι <30%, ενώ των κεφαλιών <15%.

3.4 Υπολογισμός σπόρου ανά κεφαλή

Αυτή η ενότητα αποσκοπεί στο να υπολογίσει την ποσότητα (γραμ.) και τον αριθμό των σπόρων που περιέχονται σε κάθε κεφαλή διαφορετικού μεγέθους. Τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας (7 κλάσεις * 8 επαναλήψεις, δεξ επίσης συμπληρωματικά Υλικά και Μέθοδοι και Παράρτημα) παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Επίσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπόρων ανά κατηγορία κεφαλής (π.χ. ελαιοπεριεκτικότητα και πρωτεΐνες) παρουσιάζονται στον Πίνακα 9, ενώ η αέρια χρωματογραφία στον Πίνακα 10.

Πίνακας 8. Μέσοι όροι του βάρους της κεφαλής, του βάρους των σπόρων, του αριθμού των σπόρων, του λόγου σπόρου/κεφαλή, και του βάρους 1000 σπόρων σε διάφορες κλάσεις (διάμετρο) κεφαλιών αγριαγκινάρας. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε στατιστική επεξεργασία, με κύριο παράγοντα την κλάση (7 επίπεδα) και 8 επαναλήψεις (βαθμοί ελευθερίας 55). M.O. = μέσος όρος, P = probability level, LSD = ελάχιστη σημαντική διαφορά.

| Κλάσεις / Διάμετρος Κεφαλής | Βάρος Κεφαλιού (γραμ.) | Βάρος Σπόρων (γραμ.) | Αριθμός Σπόρων | Λόγος του Βάρους σπόρων / κεφαλή | Βάρος 1000 Σπόρων (γραμ.) |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|---|------------------------------------|
| < 3 cm | 8.20 | 0.50 | 14.40 | 0.038 | 7.750 |
| 3-4 | 15.3 | 3.10 | 120.8 | 0.177 | 19.78 |
| 4-5 | 25.9 | 8.10 | 306.9 | 0.311 | 28.31 |
| 5-6 | 34.0 | 10.7 | 241.5 | 0.315 | 44.83 |
| 6-7 | 43.6 | 15.7 | 431.5 | 0.359 | 37.02 |
| 7-8 | 52.0 | 19.7 | 490.5 | 0.375 | 39.70 |
| > 8 | 66.6 | 25.3 | 526.5 | 0.377 | 47.59 |
| M. O. | 35.1 | 11.9 | 304.6 | 0.279 | 32.1 |
| P | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| LSD | 6.92 | 3.49 | 83.0 | 0.07 | 9.39 |

Πίνακας 9. Αποτελέσματα ποιοτικών χαρακτηριστικών σπόρων ανά κλάση κεφαλιών αγριαγκινάρας. FFA = free fatty acids.

| Κλάσεις / | Υγρασία (%) | Λιπαρά (%) | Πρωτεΐνες (%) | Κυτταρίνες (%) | FFA (%) |
|-----------|----------------|---------------|------------------|-------------------|------------|
| < 3 cm | – | – | – | – | – |
| 3–4 | 7.06 | 20.18 | 20.60 | 21.62 | 2.53 |
| 4–5 | 6.34 | 22.43 | 18.61 | 21.66 | 1.13 |
| 5–6 | 6.57 | 21.73 | 19.85 | 19.63 | 1.15 |
| 6–7 | 6.13 | 22.90 | 17.69 | 19.05 | 0.70 |
| 7–8 | 5.31 | 23.04 | 19.41 | 21.00 | 0.82 |
| > 8 | 5.40 | 22.97 | 17.15 | 19.09 | 0.70 |
| M. O. | 6.14 | 22.21 | 18.89 | 20.34 | 1.17 |

* Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο χημικό εργαστήριο της AGROINVEST, ενώ στην πρώτη κατηγορία δεν παρατίθενται δεδομένα λόγω της μικρής ποσότητας του δείγματος.

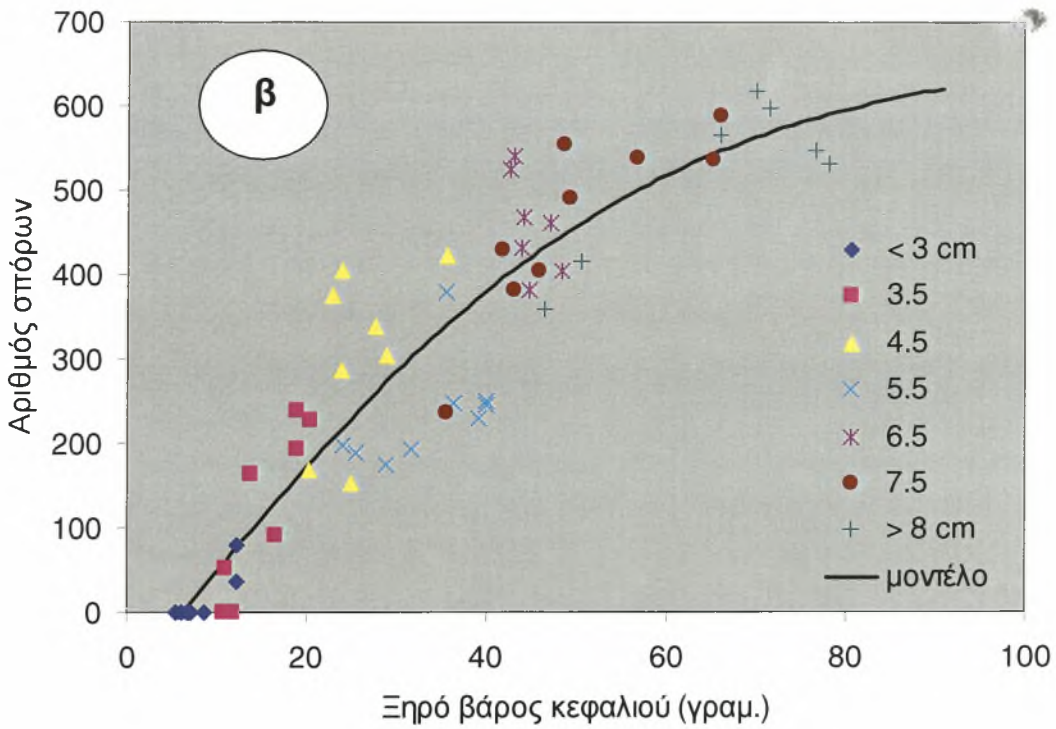
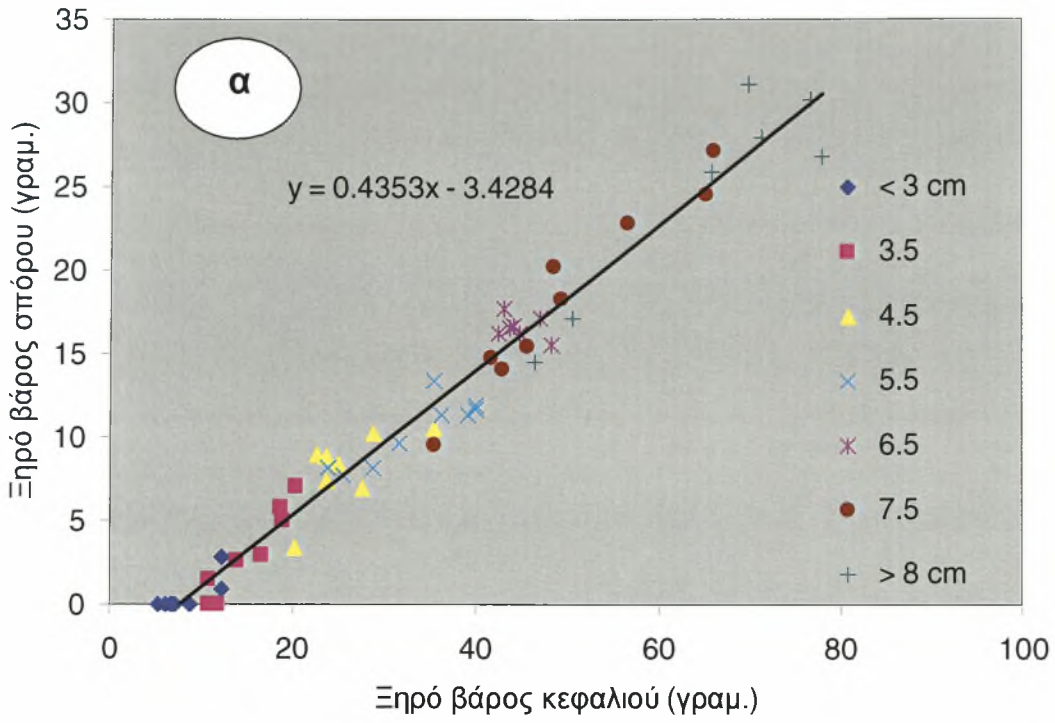
Πίνακας 10. Μέσος όρος αέριας χρωματογραφίας σπόρου αγριαγκινάρας

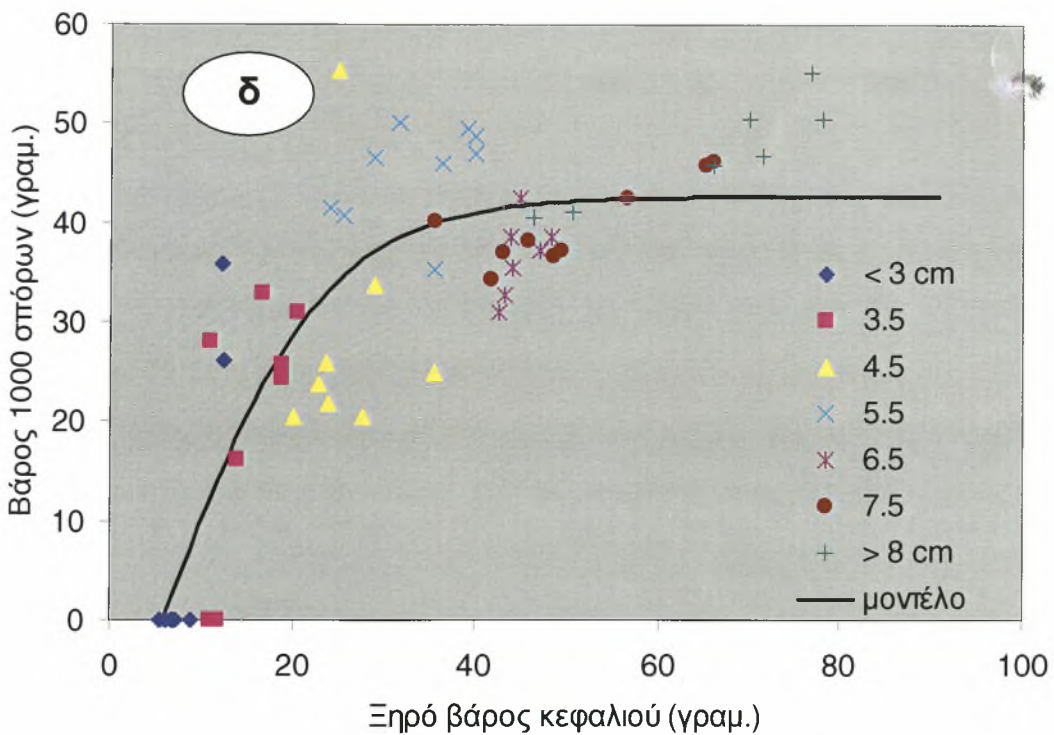
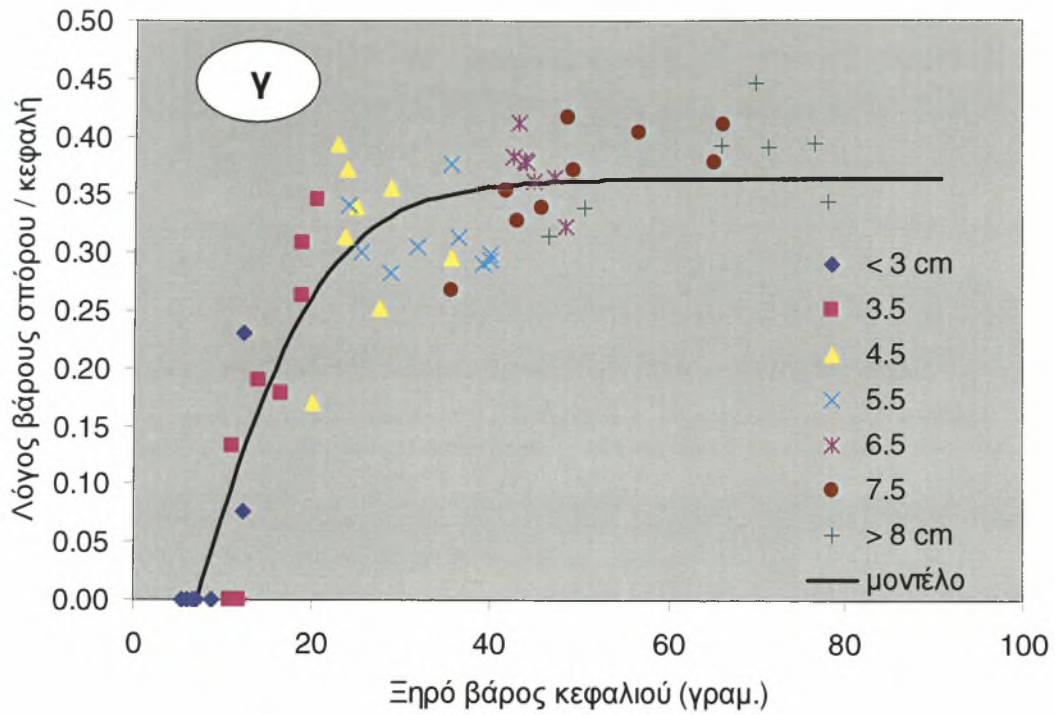
| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C4:0 | C6:0 | C8:0 | C10:0 | C11:0 | C12:0 | C13:0 | C14:0 |
| 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.09 |
| C14:1 | C15:0 | C15:1 | C16:0 | C16:1 | C17:0 | C17:1 | C18:0 |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.30 | 0.13 | 0.04 | 0.00 | 3.63 |
| C18:1 | C18:2 | C18:3 | C20:0 | C20:1 | C20:2 | C20:3 | C20:4 |
| 28.24 | 53.80 | 0.35 | 0.38 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| C20:5 | C21:0 | C22:0 | C22:1 | C22:2 | C23:0 | C24:0 | C24:1 |
| 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.19 | 0.04 |
| C22:6 | | | | | | | |
| 0.02 | | | | | | | |

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται καθαρά ότι με την αύξηση του όγκου της κεφαλής (διάμετρο βάσης κεφαλής από 3 στα 8 εκατοστά) αυξάνεται προοδευτικά το βάρος της κεφαλής (από 8 στα 65 γρ.), το βάρος των περιεχόμενων σπόρων (από 0.5 στα 25 γρ.) και ο αριθμός των σπόρων (από 15 στα 525 σπόρους/κεφαλή). Επίσης βαθμιαία αύξηση παρατηρείται και στο λόγο του βάρους των σπόρων / συνολικό βάρος της κεφαλής (από 0.03 στο 0.37) και του βάρους των 1000 σπόρων (από 7.5 στα 45 γρ.), με τη μόνη διαφορά ότι το μέγιστο παρατηρείται σε μικρότερες κλάσεις (δηλαδή η αύξηση δεν συνεχίζεται αναλογικά, δεξ επίσης παρακάτω Σχ. 7). Όλες οι παραπάνω διαφορές κρίθηκαν στατιστικώς σημαντικές σε επίπεδο <math><0.001\%</math> (Πίνακας 8).

Αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπόρων, αυτά δεν διαφοροποιήθηκαν σε έντονο βαθμό με την αύξηση του όγκου της κεφαλής (από 3 στα 8 εκατοστά). Πιο αναλυτικά η υγρασία των σπόρων κυμάνθηκε στο 6%, η ελαιοπεριεκτικότητα (λιπαρά) αυξήθηκε κατά 10% με την αύξηση της κεφαλής, ενώ αντίθετα η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μειώθηκε κατά 14% με την αύξηση της κεφαλής. Τέλος, η περιεκτικότητα σε κυτταρίνη σημείωσε μια μικρή πτώση της τάξεως του 5% με την αύξηση του μεγέθους της κεφαλής. Από ενεργειακής πλευράς η ελαιοπεριεκτικότητα αποτελεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των σπόρων και στην περίπτωση της αγριαγκινάρας κυμαίνεται από 20.1 έως 23.04%, τα οποία αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με άλλες ερευνητικές μελέτες (Fernandez et al., 2006, Curt et al., 2005). Η περαιτέρω ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των σπόρων δεν συνεχίζεται, καθώς δεν εμπίπτει με τους σκοπούς της εργασίας. Παρόλα αυτά παρατίθενται όλοι οι πίνακες.

Από αγρονομικής πλευράς ο πίνακας 8 αποτελεί το κυριότερο εύρημα αυτής της εργασίας. Επειδή η αγριαγκινάρα παράγει πολλά κεφάλια ανά φυτό διαφορετικού διαμετρήματος, σημαντικό θα ήταν να καθοριστούν μαθηματικές εξισώσεις που να περιγράφουν την παραγωγή σπόρου σε σχέση με τη διάμετρο ή ακόμα και με το βάρος της κεφαλής. Η μεταβολή της παραγωγής σπόρων ανά κεφάλι σε σχέση με τη διάμετρο αναλύθηκε νωρίτερα. Στην συνέχεια, χρησιμοποιείται το βάρος της κεφαλής αντί της διαμέτρου, καθότι αποτελεί πιο αξιόπιστο μορφολογικό χαρακτηριστικό.





Σχήμα 7. Βάρος σπόρων (α), αριθμός σπόρων (β), λόγος σπόρου/κεφάλι (γ) και βάρος 1000 σπόρων (δ) ως προς το βάρος της κεφαλής. Διαφορετικά σύμβολα δείχνουν κεφάλια με διαφορετική διάμετρο βάσης από <3 έως >8 εκατοστά. Γραμμές δείχνουν τις εξισώσεις (μοντέλα) που περιγράφουν τις σχέσεις (για λεπτομέρειες δες παρακάτω πίνακα).

Το σχήμα 7 παρουσιάζει τα μελετώμενα χαρακτηριστικά σε σχέση με το βάρος της κεφαλής. Επίσης τα μοντέλα (γραμμικά και μη-γραμμικά) που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση – περιγραφή των συσχετίσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 11. Τα πιο σημαντικά συμπεράσματα από αυτή την ανάλυση είναι τα παρακάτω:

- Το βάρος των ξηρών κεφαλών κυμαίνεται από 5 έως 85 γραμμάρια.
- Υπάρχει πολύ μεγάλη συσχέτιση μεταξύ βάρους σπόρου και βάρους κεφαλιού ($R^2=96\%$), όπου καταδεικνύει ότι το βάρος του σπόρου αυξάνεται αναλογικά με το βάρος του κεφαλιού.
- Το ελάχιστο βάρος των κεφαλών προκειμένου να περιέχουν σπόρους είναι περί τα 3.4 γραμμάρια (Σχ. 7α, Πιν. 8).
- Το μέγιστο βάρος σπόρων σε μια κεφαλή φθάνει τα 30 γραμμάρια.
- Ο μέγιστος αριθμός σπόρων που περιέχεται σε μια κεφαλή είναι περί τα 672, τα οποία βρίσκονται σε κεφαλές με βάρος άνω των 60 γραμμαρίων.
- Ο λόγος ξηρού σπόρου ως προς το συνολικό βάρος της κεφαλής αυξάνεται σχεδόν γραμμικά έως ένα κρίσιμο βάρος κεφαλιού (περίπου 30 γραμμάρια) και κατόπιν σταθεροποιείται σε τιμές περί το 36%. Η μη-γραμμική σχέση λοιπόν καταδεικνύει ότι οι κεφαλές με βάρος άνω των 30 γραμμαρίων περιέχουν μέγιστη αναλογία σπόρων.
- Το βάρος 1000 σπόρων σε γραμμάρια ή αλλιώς το βάρος ενός σπόρου σε μικρογραμμάρια αυξάνεται με την αύξηση του βάρους της κεφαλής έως ενός σημείου (30 γραμμάρια σπόρου) και κατόπιν σταθεροποιείται σε τιμές περί τα 42 mg / σπόρο.

Πίνακας 11. Περιγραφή μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν στο Σχήμα 7. Επεξηγηματική μεταβλητή είναι το βάρος της κεφαλής, ενώ προβλεπόμενη τιμή είναι το βάρος των σπόρων (Σχ. 7α), ο αριθμός των σπόρων (Σχ. 7β), ο λόγος σπόρου/κεφαλή (Σχ. 7γ) και το βάρος 1000 σπόρων (Σχ. 7δ). Οι παράμετροι των μη γραμμικών μοντέλων παραπέμπουν στην εξίσωση 1, ενώ SE = τυπικό σφάλμα r^2 = συντελεστής συσχέτισης, και P = probability

| Συσχέτιση | Μοντέλο | Παράμετροι (S.E) | | | r^2 | P |
|-----------|-------------|------------------|--------------|-------------|-------|--------|
| | | Μέγιστη | Κλίση | Ελάχιστη | | |
| Σχ. 7α | Γραμμικό | – | 0.435 (0.01) | 3.42 (0.41) | 96.9 | <0.001 |
| Σχ. 7β | Μη-γραμμικό | 672.3 (82) | 0.038 (0.01) | 6.29 (1.76) | 85.9 | <0.001 |
| Σχ. 7γ | Μη-γραμμικό | 0.36 (0.01) | 0.141 (0.02) | 7.14 (0.71) | 87.5 | <0.001 |
| Σχ. 7δ | Μη-γραμμικό | 42.6 (1.98) | 0.115 (0.02) | 5.87 (1.35) | 72.1 | <0.001 |

Βαθμοί ελευθερίας = 56–1=55

Με βάση τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι κεφαλές με διάμετρο πάνω από 5 εκατοστά ή αλλιώς με βάρος πάνω από 30 γραμμάρια, θα πρέπει να επιλέγονται για συνθήκες σποράς (σποροπαραγωγή), διότι περιέχουν μεγάλους σπόρους.

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει πρωτογενή δεδομένα που ελήφθησαν από διάφορους πειραματικούς αγρούς με αγριαγκινάρα στην περιοχή της Καρδίτσας και αφορά τα φαινολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Τα πιο ουσιαστικά συμπεράσματα από την μελέτη είναι τα παρακάτω:

- Η βλαστική περίοδος ανάπτυξης της καλλιέργειας (στάδιο 0 έως 4) απαιτεί σε θερμομονάδες από 300 έως 1080 °C-days (βασική θερμοκρασία 7°C) ή από 140 έως 650 °C-days (βασική θερμοκρασία 10°C).
- Η αναπαραγωγική περίοδος ανάπτυξης της καλλιέργειας (στάδιο 5 έως 9) απαιτεί σε θερμομονάδες περί τις 1584 ή 1304 °C-days (βασική θερμοκρασία 7 και 10°C, αντίστοιχα).
- Οι θερμομονάδες για την ολοκλήρωση της αναπαραγωγικής περιόδου ήταν αρκετά σταθερή και κατ' επέκταση προβλέψιμη, ενώ το άθροισμα θερμομονάδων για την ολοκλήρωση της βλαστικής περιόδου παρουσίασε πολύ μεγάλη διακύμανση και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (π.χ. φύτευμα από σπόρο ή αναβλάστηση από ρίζα).
- Συγκομιδή της καλλιέργειας για ζωοτροφή την περίοδο Ιανουάριο – Μάρτιο και την περίοδο Απριλίου, επιφέρει αργότερα μείωση του τελικού ύψους του φυτού γύρω στο 30% στην πρώτη περίπτωση και περισσότερο από 50% στην δεύτερη περίπτωση.
- Χαρακτηριστικό του φυτού της αγριαγκινάρας είναι η δημιουργία της μεγαλύτερης ποσότητας των φύλλων κοντά στο έδαφος (επίπεδο α), γεγονός που δηλώνει ότι η ηλιοφάνεια διαπερνά όλη την φυλλοστοιβάδα, αυξάνοντας έτσι την ολική ημερήσια φωτοσύνθεση, καθώς συνεισφέρουν σ' αυτή όλα τα φύλλα.
- Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA), ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για την κατασκευή μοντέλων προσομοίωσης καλλιεργειών, προσδιορίστηκε με μεγάλη ακρίβεια. Παρατηρείται μείωση του SLA από την βάση προς την

κορυφή του φυτού. Επίσης, το SLA μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, εξαιτίας της πτώσης των φύλλων της βάσης.

- Η πορεία του λόγου (φύλλα+μίσχος) / (βλαστός+βραχίονας) του φυτού σε σχέση με το ύψος είναι αρκετά σταθερός και δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές σε διαφορετικά επίπεδα νερού και λιπάσματος.
- Η άρδευση και η λίπανση έχουν θετική επίδραση στην αύξηση του συνολικού βάρους του φυτού, αλλά κυρίως στον αριθμό κεφαλιών ανά φυτό, χαρακτηριστικό το οποίο αυξάνει κατά πολύ τη θερμική αξία του φυτού.
- Το δυναμικό παραγωγής κεφαλιών ανά φυτό αγριαγκινάρας στην περιοχή της Καρδίτσας είναι έως και 14 κεφαλές ανά φυτό με πυκνότητα σποράς 4–5 φυτά m^{-2} .
- Η υγρασία κάθε φυτικού τμήματος (π.χ. βλαστός ή φύλλα) παραμένει σχεδόν σταθερή σε κάθε επίπεδο, ενώ μειώνεται προοδευτικά με την πάροδο του χρόνου.
- Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σπόρων δεν διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με την αύξηση της διαμέτρου της κεφαλής.
- Υπάρχει πολύ μεγάλη συσχέτιση μεταξύ βάρους σπόρου και βάρους κεφαλιού. Το ελάχιστο βάρος των κεφαλών προκειμένου να περιέχουν σπόρους είναι περί τα 3.4 γραμμάρια. Ο λόγος βάρους σπόρων / συνολικό βάρος της κεφαλής και το βάρος των 1000 σπόρων αυξάνουν βαθμιαία με την αύξηση της διαμέτρου της κεφαλής μέχρι ενός σημείου, το οποίο σημείο όμως παρατηρείται σε κλάσεις μικρότερες του μέγιστου.
- Συνεπώς, για σποροπαραγωγή θα πρέπει να επιλέγονται κεφαλές με διάμετρο πάνω από 5 εκατοστά ή αλλιώς με βάρος πάνω από 30 γραμμάρια, διότι αυτές περιέχουν τους μεγαλύτερους σπόρους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Angelini LG., Ceccarini L., Nasso NN., Bonari E., 2009. Long-term evaluation of biomass production and quality of two cardoon (*Cynara cardunculus* L.) cultivars for energy use. Biomass & Bioenergy (in press).
2. Antunes A, Amaral E, Belgacem MN, 2000. *Cynara cardunculus* L.: chemical composition and soda-anthraquinone cooking. Ind. Crops Prod. 12, 85–91.
3. Born J., 2007. Biofuels. Are they the solution?, National Geographic, Central Issue, October 2007.
4. BRAC, 2006. Bio-fuels Research Advisory Council, report, 2006. Biofuels in the European Union. A vision for the 2030 and beyond. Report, pp. 32.
5. Curt MD, Sanchez G. Fernandez J, 2005. *Cynara cardunculus* a source of silymarin. Proceedings of the 4th International Congress on Artichoke. Valenzano, Italy. Acta Hort. 681, 461–467.
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. Danalatos NG, Skoufogianni E, Giannoulis K, Archontoulis SV, 2007. Responses of *Cynara Cardunculus* to irrigation and N-fertilization in central Greece. Proceedings of the 15th European Biomass Conference, Berlin, Germany, p. 421–424.
10. Duarte D., Figueiredo R., Pereira S., Pissarra J., 2006. Structural characterization of the sigma style complex of *Cynara cardunculus* (Asteraceae) and immunolocalization of cardosins A and B during floral development. *Canadian Journal of Botany*, 84, 737–749.
11. EUR 21350, 2005. European Commission report – BIOMASS – Green energy for Europe. Luxembourg, ISBN 92–894–8466–7, pp. 46.

12. 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>)
13. Fernandez J., Curt M., Aguado PL., 2006. Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses. *Industrial Crops & Products*, 24, 222–229.
14. Garcia D, Fischer G, Prieler S, and van Velthuizen H, 2008. The artichoke thistle (*cynara cardunculus*) as energy crops: modelling to assess the potential in Spain. *Proceedings of the 16th European Biomass Conference*, Valencia, Spain, 213–225.
15. Gominho J., Lourenco A., Curt M., Fernandez J., Pereira H., 2009. Characterization of hairs and pappi from *Cynara cardunculus* capitula and their suitability for paper production. *Industrial Crop and Products*, 29, 116–125.
16. Howartha, R. W., Bringezub, S., Martinellic 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.
17. 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.
18. Karp, A., and Shield, I., 2008. Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. *New Phytologist*, 179: 15–32.
19. 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.
20. N.G. Danalatos, S.V. Archontoulis, K.D. Giannoulis, K. Paxonis, D. Tsalikis, B. Pazaras, N. Papadoulis, and D. Zaitoudis., 2008. *Cynara*, sunflower, sweet and fiber sorghum on-farm yields in north, central and south Greece in 2007. *Proceedings of the International conference on Agricultural Engineering*, Crete, Greece (p. 13).
21. Raccuia S.A., Melilli M.G., 2007. Biomass and grain oil yields in *Cynara cardunculus* L. Genotypes grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 101, 187–197.
22. REN21. 2008. *Renewables 2007 - Global Status Report*. REN21 Secretariat, Paris and Worldwatch Institute, Washington, DC
23. S.V. Archontoulis, N.G. Danalatos, P.C. Struik., J. Vos, X. Yin, 2008a. Agronomy of *Cynara cardunclulus* growing in an aquic soil in central Greece. *Proceedings of the International conference on Agricultural Engineering*, Crete, Greece (p. 15).

24. S.V. Archontoulis, N.G. Danalatos, X. Yin, P.C. Struik., 2008b. Leaf photosynthesis, and respiration of *Cynara cardunculus*. Proceeding of the 16th European Biomass Conference, Valencia, Spain, p. 636–639.
25. Sims REH, Hastings A, Schlamadinger B, Taylor G, Smith P. 2006. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology* 12: 2054–2076.
26. Sinclair, T.R., Horie, T., 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Sci.* 29, 90–98.
27. Sonnante G., Pibnone D., Hammer K., 2007. The domestication of artichoke and cardoon: From Roman times to the genomic age: A review. *Annals of Botany* 100, 1095–1100.
28. Tutin TG, 1976. *Flora Europea*, vol. IV, Cambridge University Press, Cambridge, 248-249.

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, ηλιάνθου και σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 71
3. Πουλέας Ηλίας, 2001. Πτυχιακή Διατριβή: Αύξηση και ανάπτυξη της αγριαγκινάρας (*Cynara cardunculus*) κάτω από διαφορετικές συνθήκες πυκνότητας πληθυσμού και αζωτούχου λίπανσης στη Θεσσαλία.
4. 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.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

- [1] <http://www.bioenergyinternational.com/>
- [2] <http://www.fao.org/docrep/010/a1346e/a1346e13.jpg>
- [3] <http://el.wikipedia.org>
- [4] <http://www.sciencedirect.com/science>
- [5] http://www.cres.gr/kape/index_gr.htm

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. Κλιματικές συνθήκες

Πίνακας 1. Ημερήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία στην Καρδίτσα το 2007.

| Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ |
|--------|-----|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|
| Σεπ 1 | 0.0 | 27.7 | Οκτ 1 | 0.0 | 21.6 | Νοε 1 | 0.0 | 16.1 | Δεκ 1 | 0.2 | 6.3 |
| Σεπ 2 | 0.4 | 24.9 | Οκτ 2 | 0.0 | 20.1 | Νοε 2 | 22.2 | 15.7 | Δεκ 2 | 0.4 | 5.2 |
| Σεπ 3 | 1.0 | 24.1 | Οκτ 3 | 0.0 | 17.1 | Νοε 3 | 18.6 | 13.6 | Δεκ 3 | 0.2 | 6.8 |
| Σεπ 4 | 0.0 | 24.4 | Οκτ 4 | 0.0 | 17.9 | Νοε 4 | 0.0 | 13.6 | Δεκ 4 | 0.6 | 10.9 |
| Σεπ 5 | 0.4 | 21.8 | Οκτ 5 | 0.0 | 19.5 | Νοε 5 | 2.4 | 11.6 | Δεκ 5 | 0.0 | 6.8 |
| Σεπ 6 | 0.0 | 18.9 | Οκτ 6 | 0.0 | 20.8 | Νοε 6 | 9.6 | 9.0 | Δεκ 6 | 0.0 | 5.7 |
| Σεπ 7 | 3.0 | 14.1 | Οκτ 7 | 0.0 | 20.8 | Νοε 7 | 0.0 | 7.6 | Δεκ 7 | 0.0 | 4.6 |
| Σεπ 8 | 0.0 | 15.9 | Οκτ 8 | 0.2 | 19.6 | Νοε 8 | 0.0 | 9.3 | Δεκ 8 | 0.4 | 4.9 |
| Σεπ 9 | 0.0 | 17.9 | Οκτ 9 | 32.8 | 18.9 | Νοε 9 | 0.0 | 9.2 | Δεκ 9 | 0.6 | 9.2 |
| Σεπ 10 | 0.0 | 20.2 | Οκτ 10 | 0.0 | 19.1 | Νοε 10 | 1.0 | 10.2 | Δεκ 10 | 0.2 | 8.5 |
| Σεπ 11 | 0.0 | 21.7 | Οκτ 11 | 9.4 | 18.9 | Νοε 11 | 0.0 | 7.8 | Δεκ 11 | 0.0 | 7.5 |
| Σεπ 12 | 0.0 | 22.3 | Οκτ 12 | 12.2 | 18.3 | Νοε 12 | 0.0 | 9.8 | Δεκ 12 | 2.0 | 6.4 |
| Σεπ 13 | 0.0 | 20.9 | Οκτ 13 | 0.2 | 17.9 | Νοε 13 | 0.0 | 9.5 | Δεκ 13 | 6.2 | 8.4 |
| Σεπ 14 | 0.0 | 19.7 | Οκτ 14 | 1.4 | 14.2 | Νοε 14 | 1.4 | 7.6 | Δεκ 14 | 0.0 | 4.0 |
| Σεπ 15 | 0.0 | 21.2 | Οκτ 15 | 0.0 | 11.1 | Νοε 15 | 14.4 | 10.1 | Δεκ 15 | 1.4 | 1.2 |
| Σεπ 16 | 0.0 | 20.7 | Οκτ 16 | 0.0 | 9.7 | Νοε 16 | 13.0 | 10.4 | Δεκ 16 | 0.2 | 2.1 |
| Σεπ 17 | 0.0 | 21.0 | Οκτ 17 | 0.0 | 11.5 | Νοε 17 | 23.4 | 13.1 | Δεκ 17 | 7.4 | 1.1 |
| Σεπ 18 | 0.0 | 22.3 | Οκτ 18 | 0.0 | 13.0 | Νοε 18 | 2.8 | 11.3 | Δεκ 18 | 13.6 | 2.1 |
| Σεπ 19 | 0.0 | 24.6 | Οκτ 19 | 0.0 | 15.4 | Νοε 19 | 0.0 | 9.6 | Δεκ 19 | 1.8 | 3.2 |
| Σεπ 20 | 0.6 | 21.9 | Οκτ 20 | 8.6 | 12.5 | Νοε 20 | 0.0 | 8.6 | Δεκ 20 | 0.2 | 1.7 |
| Σεπ 21 | 6.6 | 17.5 | Οκτ 21 | 4.8 | 10.8 | Νοε 21 | 0.0 | 6.8 | Δεκ 21 | 0.0 | 0.7 |
| Σεπ 22 | 0.8 | 17.5 | Οκτ 22 | 13.6 | 12.2 | Νοε 22 | 0.0 | 6.5 | Δεκ 22 | 0.6 | 1.1 |
| Σεπ 23 | 0.0 | 16.3 | Οκτ 23 | 0.6 | 11.4 | Νοε 23 | 0.0 | 5.6 | Δεκ 23 | 0.4 | 0.8 |
| Σεπ 24 | 0.0 | 15.6 | Οκτ 24 | 0.0 | 12.1 | Νοε 24 | 0.0 | 9.0 | Δεκ 24 | 0.2 | 2.8 |
| Σεπ 25 | 0.0 | 16.7 | Οκτ 25 | 0.0 | 13.1 | Νοε 25 | 0.2 | 6.1 | Δεκ 25 | 1.0 | 4.4 |
| Σεπ 26 | 0.0 | 18.5 | Οκτ 26 | 0.0 | 14.9 | Νοε 26 | 0.2 | 11.2 | Δεκ 26 | 4.4 | 6.5 |
| Σεπ 27 | 3.6 | 20.4 | Οκτ 27 | 2.0 | 16.6 | Νοε 27 | 1.2 | 10.6 | Δεκ 27 | 7.6 | 7.6 |
| Σεπ 28 | 0.0 | 21.5 | Οκτ 28 | 1.2 | 16.0 | Νοε 28 | 0.0 | 7.9 | Δεκ 28 | 5.4 | 7.3 |
| Σεπ 29 | 0.0 | 22.3 | Οκτ 29 | 0.0 | 15.0 | Νοε 29 | 0.0 | 7.4 | Δεκ 29 | 0.0 | 6.5 |
| Σεπ 30 | 0.0 | 22.0 | Οκτ 30 | 0.0 | 13.2 | Νοε 30 | 4.2 | 7.0 | Δεκ 30 | 0.0 | 5.7 |
| | | | Οκτ 31 | 1.0 | 14.7 | | | | Δεκ 31 | 0.0 | 5.6 |

Μ = Μήνας, Β = βροχόπτωση (mm), Θ = μέση θερμοκρασία αέρα (°C)

Πίνακας 2. Ημερήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία στην Καρδίτσα το 2008.

| Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ | Μ | Β | Θ |
|--------|-----|------|--------|-----|------|--------|-----|------|--------|-------|-------|
| Ιαν 1 | 0.6 | 5.1 | Φεβ 1 | 0.0 | 6.7 | Μαρ 1 | 0.0 | 9.6 | Απρ 1 | 0.00 | 11.15 |
| Ιαν 2 | 0.2 | 2.5 | Φεβ 2 | 0.0 | 7.2 | Μαρ 2 | 0.0 | 10.2 | Απρ 2 | 0.00 | 9.47 |
| Ιαν 3 | 0.0 | 0.5 | Φεβ 3 | 0.0 | 8.0 | Μαρ 3 | 0.0 | 8.2 | Απρ 3 | 5.60 | 11.19 |
| Ιαν 4 | 0.0 | 0.6 | Φεβ 4 | 0.0 | 8.2 | Μαρ 4 | 0.0 | 9.8 | Απρ 4 | 1.60 | 9.91 |
| Ιαν 5 | 0.0 | 3.4 | Φεβ 5 | 1.4 | 10.1 | Μαρ 5 | 0.0 | 5.5 | Απρ 5 | 17.20 | 9.47 |
| Ιαν 6 | 0.0 | 5.0 | Φεβ 6 | 6.8 | 8.1 | Μαρ 6 | 0.0 | 12.3 | Απρ 6 | 0.40 | 11.95 |
| Ιαν 7 | 0.0 | 6.5 | Φεβ 7 | 0.0 | 8.5 | Μαρ 7 | 7.2 | 10.5 | Απρ 7 | 0.00 | 14.03 |
| Ιαν 8 | 0.0 | 5.2 | Φεβ 8 | 0.4 | 8.7 | Μαρ 8 | 0.2 | 8.1 | Απρ 8 | 0.00 | 12.62 |
| Ιαν 9 | 0.0 | 6.3 | Φεβ 9 | 0.0 | 6.4 | Μαρ 9 | 0.0 | -1.0 | Απρ 9 | 0.00 | 16.31 |
| Ιαν 10 | 0.0 | 5.7 | Φεβ 10 | 0.0 | 5.0 | Μαρ 10 | 0.0 | 3.5 | Απρ 10 | 0.00 | 15.83 |
| Ιαν 11 | 0.0 | 7.4 | Φεβ 11 | 0.0 | 4.9 | Μαρ 11 | 0.0 | 11.0 | Απρ 11 | 0.00 | 19.23 |
| Ιαν 12 | 0.0 | 5.8 | Φεβ 12 | 0.0 | 4.9 | Μαρ 12 | 2.2 | 12.5 | Απρ 12 | 0.00 | 20.67 |
| Ιαν 13 | 0.0 | 5.3 | Φεβ 13 | 0.0 | 4.1 | Μαρ 13 | 0.0 | 12.8 | Απρ 13 | 0.00 | 22.38 |
| Ιαν 14 | 0.0 | 7.6 | Φεβ 14 | 0.0 | 2.9 | Μαρ 14 | 0.0 | 6.1 | Απρ 14 | 1.20 | 18.73 |
| Ιαν 15 | 0.0 | 5.5 | Φεβ 15 | 0.0 | 4.4 | Μαρ 15 | 0.0 | 4.5 | Απρ 15 | 4.40 | 14.28 |
| Ιαν 16 | 0.0 | 5.4 | Φεβ 16 | 0.0 | 1.8 | Μαρ 16 | 0.0 | 12.6 | Απρ 16 | 0.00 | 13.99 |
| Ιαν 17 | 0.0 | 8.6 | Φεβ 17 | 0.8 | -2.7 | Μαρ 17 | 0.0 | 14.0 | Απρ 17 | 0.00 | 11.82 |
| Ιαν 18 | 0.0 | 10.1 | Φεβ 18 | 0.0 | -3.1 | Μαρ 18 | 0.0 | 14.7 | Απρ 18 | 0.00 | 15.66 |
| Ιαν 19 | 0.0 | 7.9 | Φεβ 19 | 0.0 | 1.7 | Μαρ 19 | 0.0 | 13.6 | Απρ 19 | 0.00 | 18.25 |
| Ιαν 20 | 0.0 | 7.6 | Φεβ 20 | 0.0 | 6.3 | Μαρ 20 | 0.0 | 10.9 | Απρ 20 | 0.00 | 19.31 |
| Ιαν 21 | 0.6 | 7.6 | Φεβ 21 | 0.0 | 8.8 | Μαρ 21 | 0.2 | 12.8 | Απρ 21 | 0.00 | 19.90 |
| Ιαν 22 | 0.0 | 7.1 | Φεβ 22 | 0.0 | 10.7 | Μαρ 22 | 0.0 | 11.0 | Απρ 22 | 0.00 | 19.76 |
| Ιαν 23 | 0.0 | 9.1 | Φεβ 23 | 0.0 | 9.4 | Μαρ 23 | 0.0 | 13.2 | Απρ 23 | 0.00 | 17.56 |
| Ιαν 24 | 0.0 | 6.1 | Φεβ 24 | 0.0 | 9.6 | Μαρ 24 | 0.6 | 14.4 | Απρ 24 | 0.00 | 17.11 |
| Ιαν 25 | 0.0 | 6.2 | Φεβ 25 | 0.0 | 8.8 | Μαρ 25 | 6.6 | 9.0 | Απρ 25 | 7.20 | 13.33 |
| Ιαν 26 | 0.0 | 3.6 | Φεβ 26 | 0.0 | 9.9 | Μαρ 26 | 0.0 | 10.3 | Απρ 26 | 19.00 | 11.00 |
| Ιαν 27 | 0.0 | 4.0 | Φεβ 27 | 0.2 | 5.6 | Μαρ 27 | 3.6 | 10.7 | Απρ 27 | 1.40 | 11.67 |
| Ιαν 28 | 0.0 | 10.1 | Φεβ 28 | 0.0 | 9.1 | Μαρ 28 | 4.2 | 9.7 | Απρ 28 | 0.40 | 13.38 |
| Ιαν 29 | 0.0 | 2.9 | Φεβ 29 | 0.0 | 9.3 | Μαρ 29 | 0.0 | 11.7 | Απρ 29 | 0.00 | 14.88 |
| Ιαν 30 | 0.0 | 1.3 | | | | Μαρ 30 | 0.0 | 10.0 | Απρ 30 | 0.00 | 17.12 |
| Ιαν 31 | 0.0 | 2.6 | | | | Μαρ 31 | 0.0 | 10.2 | | | |

Μ = Μήνας, Β = βροχόπτωση (mm), Θ = μέση θερμοκρασία αέρα (°C)

Πίνακας 2. Ημερήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία στην Καρδίτσα το 2008.

| M | B | Θ | M | B | Θ | M | B | Θ | M | B | Θ |
|---------|-----|------|---------|-----|------|---------|-----|------|--------|-------|-------|
| Μαιο 1 | 0.0 | 17.8 | Ιουν 1 | 0.0 | 25.2 | Ιουλ 1 | 0.0 | 27.6 | Αυγ 1 | 0.00 | 24.03 |
| Μαιο 2 | 0.0 | 19.7 | Ιουν 2 | 0.0 | 24.6 | Ιουλ 2 | 0.0 | 26.6 | Αυγ 2 | 0.00 | 23.62 |
| Μαιο 3 | 0.0 | 19.7 | Ιουν 3 | 0.0 | 21.6 | Ιουλ 3 | 0.0 | 26.8 | Αυγ 3 | 0.00 | 23.53 |
| Μαιο 4 | 0.0 | 19.4 | Ιουν 4 | 0.0 | 21.6 | Ιουλ 4 | 0.0 | 27.5 | Αυγ 4 | 0.00 | 24.95 |
| Μαιο 5 | 0.0 | 17.8 | Ιουν 5 | 0.0 | 22.0 | Ιουλ 5 | 0.0 | 27.7 | Αυγ 5 | 0.00 | 26.33 |
| Μαιο 6 | 2.4 | 14.4 | Ιουν 6 | 0.0 | 22.9 | Ιουλ 6 | 0.0 | 28.2 | Αυγ 6 | 0.00 | 27.49 |
| Μαιο 7 | 4.6 | 11.0 | Ιουν 7 | 0.0 | 21.4 | Ιουλ 7 | 0.0 | 27.9 | Αυγ 7 | 0.00 | 27.74 |
| Μαιο 8 | 0.0 | 14.3 | Ιουν 8 | 0.8 | 20.5 | Ιουλ 8 | 0.0 | 29.1 | Αυγ 8 | 0.00 | 26.37 |
| Μαιο 9 | 0.0 | 18.2 | Ιουν 9 | 4.8 | 19.3 | Ιουλ 9 | 0.0 | 30.2 | Αυγ 9 | 0.00 | 27.60 |
| Μαιο 10 | 1.2 | 17.4 | Ιουν 10 | 0.0 | 20.7 | Ιουλ 10 | 0.0 | 27.0 | Αυγ 10 | 43.80 | 24.39 |
| Μαιο 11 | 0.0 | 15.7 | Ιουν 11 | 0.0 | 23.0 | Ιουλ 11 | 0.0 | 25.8 | Αυγ 11 | 0.20 | 22.96 |
| Μαιο 12 | 0.0 | 15.4 | Ιουν 12 | 0.0 | 25.1 | Ιουλ 12 | 0.0 | 26.0 | Αυγ 12 | 0.00 | 24.52 |
| Μαιο 13 | 0.0 | 17.3 | Ιουν 13 | 0.0 | 24.5 | Ιουλ 13 | 0.0 | 26.3 | Αυγ 13 | 0.00 | 26.06 |
| Μαιο 14 | 0.8 | 16.2 | Ιουν 14 | 0.0 | 23.7 | Ιουλ 14 | 0.0 | 27.5 | Αυγ 14 | 0.00 | 26.99 |
| Μαιο 15 | 0.0 | 18.7 | Ιουν 15 | 0.0 | 23.7 | Ιουλ 15 | 0.0 | 28.7 | Αυγ 15 | 0.00 | 26.84 |
| Μαιο 16 | 0.0 | 20.1 | Ιουν 16 | 0.0 | 24.0 | Ιουλ 16 | 0.0 | 25.6 | Αυγ 16 | 0.00 | 27.05 |
| Μαιο 17 | 0.0 | 21.5 | Ιουν 17 | 0.0 | 26.0 | Ιουλ 17 | 0.0 | 23.6 | Αυγ 17 | 0.00 | 28.88 |
| Μαιο 18 | 0.0 | 22.2 | Ιουν 18 | 0.0 | 28.4 | Ιουλ 18 | 0.0 | 26.0 | Αυγ 18 | 0.00 | 28.02 |
| Μαιο 19 | 0.0 | 21.7 | Ιουν 19 | 0.0 | 28.4 | Ιουλ 19 | 0.0 | 27.4 | Αυγ 19 | 0.00 | 27.19 |
| Μαιο 20 | 0.0 | 23.4 | Ιουν 20 | 0.0 | 26.6 | Ιουλ 20 | 0.0 | 27.9 | Αυγ 20 | 0.00 | 26.55 |
| Μαιο 21 | 0.0 | 23.0 | Ιουν 21 | 0.0 | 27.3 | Ιουλ 21 | 0.0 | 28.6 | Αυγ 21 | 0.00 | 26.79 |
| Μαιο 22 | 0.0 | 21.3 | Ιουν 22 | 0.0 | 27.2 | Ιουλ 22 | 1.0 | 28.3 | Αυγ 22 | 0.00 | 27.01 |
| Μαιο 23 | 0.0 | 21.7 | Ιουν 23 | 0.0 | 27.0 | Ιουλ 23 | 0.0 | 25.6 | Αυγ 23 | 0.00 | 26.85 |
| Μαιο 24 | 0.0 | 22.7 | Ιουν 24 | 0.0 | 27.6 | Ιουλ 24 | 0.0 | 21.9 | Αυγ 24 | 0.00 | 28.30 |
| Μαιο 25 | 0.0 | 23.2 | Ιουν 25 | 0.0 | 28.8 | Ιουλ 25 | 0.0 | 23.0 | Αυγ 25 | 0.00 | 27.19 |
| Μαιο 26 | 0.0 | 24.5 | Ιουν 26 | 0.0 | 28.2 | Ιουλ 26 | 0.0 | 25.4 | Αυγ 26 | 0.00 | 26.44 |
| Μαιο 27 | 0.0 | 26.0 | Ιουν 27 | 0.0 | 27.9 | Ιουλ 27 | 1.6 | 24.5 | Αυγ 27 | 0.00 | 26.66 |
| Μαιο 28 | 0.0 | 27.6 | Ιουν 28 | 0.0 | 28.1 | Ιουλ 28 | 0.0 | 23.9 | Αυγ 28 | 0.00 | 25.07 |
| Μαιο 29 | 0.0 | 25.6 | Ιουν 29 | 0.0 | 27.9 | Ιουλ 29 | 0.0 | 24.1 | Αυγ 29 | 0.00 | 25.13 |
| Μαιο 30 | 0.0 | 24.0 | Ιουν 30 | 0.0 | 27.9 | Ιουλ 30 | 0.0 | 24.8 | Αυγ 30 | 0.00 | 23.97 |
| Μαιο 31 | 0.0 | 23.9 | | | | Ιουλ 31 | 0.0 | 25.2 | Αυγ 31 | 1.20 | 21.40 |

M = Μήνας, B = βροχόπτωση (mm), Θ = μέση θερμοκρασία αέρα (°C)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. Στατιστική ανάλυση

1. Στατιστική ανάλυση αριθμού κεφαλών ανά μεταχείριση (Πίνακας XXX).

Πίνακας 3. Αναλυτικά δεδομένα αριθμού κεφαλών ανά φυτό σε σχέση με τις μεταχειρίσεις και τις εποχές συγκομιδής. Τα δεδομένα αναλύθηκαν για στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε επίπεδο 5%.

| Ημερομηνίες | Απότιστο | | | Ποτισμένο | | |
|-------------|----------|-----|------|-----------|------|------|
| | 0 N | 8 N | 16 N | 0 N | 8 N | 16 N |
| 24/5/2008 | 8 | 7 | 14 | 10 | 5 | 15 |
| 6/6/2008 | 4 | 9 | 12 | 10 | 12 | 14 |
| 21/6/2008 | 6 | 9 | 15 | 12 | 14 | 15 |
| Μέσος όρος | 6.0 | 8.3 | 13.6 | 10.6 | 10.3 | 14.6 |

GenStat Release 7.1 (PC/Windows)
11:56:45

09 June 2009

Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

GenStat Seventh Edition
GenStat Procedure Library Release PL15

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

Variate: head

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|---------|--------|-------|-------|
| R stratum | 2 | 13.778 | 6.889 | 1.39 | |
| R.*Units* stratum | | | | | |
| I | 1 | 29.389 | 29.389 | 5.93 | 0.035 |
| N | 2 | 116.778 | 58.389 | 11.78 | 0.002 |
| I.N | 2 | 10.778 | 5.389 | 1.09 | 0.374 |
| Residual | 10 | 49.556 | 4.956 | | |
| Total | 17 | 220.278 | | | |

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

Variate: head

Grand mean 10.61

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| I | 1 | 2 | | |
| | 11.89 | 9.33 | | |
| N | 1 | 2 | 3 | |
| | 8.33 | 9.33 | 14.17 | |
| I | N | 1 | 2 | 3 |
| 1 | | 10.67 | 10.33 | 14.67 |
| 2 | | 6.00 | 8.33 | 13.67 |

*** Standard errors of means ***

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| Table | I | N | I |
| | | | N |
| rep. | 9 | 6 | 3 |
| d.f. | 10 | 10 | 10 |
| e.s.e. | 0.742 | 0.909 | 1.285 |

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

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| Table | I | N | I |
| | | | N |
| rep. | 9 | 6 | 3 |
| d.f. | 10 | 10 | 10 |
| s.e.d. | 1.049 | 1.285 | 1.818 |

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

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| Table | I | N | I |
| | | | N |
| rep. | 9 | 6 | 3 |
| d.f. | 10 | 10 | 10 |
| l.s.d. | 2.338 | 2.864 | 4.050 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: head

| | | | |
|-----------|------|-------|------|
| Stratum | d.f. | s.e. | cv% |
| R | 2 | 1.072 | 10.1 |
| R.*Units* | 10 | 2.226 | 21.0 |

2. Στατιστική ανάλυση βάρους, αριθμού σπόρων σε σχέση με τη διάμετρο της κεφαλής (ενότητα 3.5). D = head diameter = διάμετρος κεφαλής (εκατοστά). 7 μεταχειρίσεις * 8 επαναλήψεις = 56 βαθμοί ελευθερίας.

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

Variate: weight (= βάρος κεφαλής σε γραμμάρια)

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|----------|---------|-------|-------|
| D | 6 | 20363.32 | 3393.89 | 71.46 | <.001 |
| Residual | 49 | 2327.09 | 47.49 | | |
| Total | 55 | 22690.41 | | | |

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

Variate: weight

Grand mean 35.10

| D | 2.50 | 3.50 | 4.50 | 5.50 | 6.50 | 7.50 | 8.50 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 8.25 | 15.32 | 25.93 | 34.03 | 43.60 | 51.96 | 66.59 |

*** Standard errors of means ***

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| e.s.e. | 2.436 |

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

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| s.e.d. | 3.446 |

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

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| l.s.d. | 6.924 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: weight

| d.f. | s.e. | cv% |
|------|-------|------|
| 49 | 6.891 | 19.6 |

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

Variate: s_weight (= βάρος σπόρων που περιέχονται σε μια κεφαλή)

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|---------|--------|-------|-------|
| D | 6 | 3835.24 | 639.21 | 52.75 | <.001 |
| Residual | 49 | 593.80 | 12.12 | | |
| Total | 55 | 4429.04 | | | |

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

Variate: s_weight

Grand mean 11.87

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| D | 2.50 | 3.50 | 4.50 | 5.50 | 6.50 | 7.50 | 8.50 |
| | 0.47 | 3.11 | 8.11 | 10.68 | 15.72 | 19.67 | 25.35 |

*** Standard errors of means ***

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| e.s.e. | 1.231 |

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

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| s.e.d. | 1.741 |

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

| | |
|--------|-------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| l.s.d. | 3.498 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: s_weight

| | | |
|------|-------|------|
| d.f. | s.e. | cv% |
| 49 | 3.481 | 29.3 |

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

Variate: s_number (αριθμός σπόρων που περιέχονται σε μια κεφαλή)

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|----------|---------|-------|-------|
| D | 6 | 1775361. | 295894. | 43.31 | <.001 |
| Residual | 49 | 334746. | 6832. | | |
| Total | 55 | 2110108. | | | |

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

Variate: s_number

Grand mean 305.

| D | 2.50 | 3.50 | 4.50 | 5.50 | 6.50 | 7.50 | 8.50 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 14. | 121. | 307. | 242. | 432. | 490. | 526. |

*** Standard errors of means ***

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| e.s.e. | 29.2 |

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

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| s.e.d. | 41.3 |

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

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| l.s.d. | 83.0 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: s_number

| d.f. | s.e. | cv% |
|------|------|------|
| 49 | 82.7 | 27.1 |

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

Variate: ratio (= λόγος βάρους σπόρων / βάρος κεφαλής)

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|----------|----------|-------|-------|
| D | 6 | 0.766872 | 0.127812 | 25.91 | <.001 |
| Residual | 49 | 0.241756 | 0.004934 | | |
| Total | 55 | 1.008628 | | | |

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

Variate: ratio

Grand mean 0.2790

| D | 2.50 | 3.50 | 4.50 | 5.50 | 6.50 | 7.50 | 8.50 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.0383 | 0.1773 | 0.3114 | 0.3151 | 0.3590 | 0.3752 | 0.3768 |

*** Standard errors of means ***

| | |
|--------|---------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| e.s.e. | 0.02483 |

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

| | |
|--------|---------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| s.e.d. | 0.03512 |

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

| | |
|--------|---------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| l.s.d. | 0.07058 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: ratio

| | | |
|------|---------|------|
| d.f. | s.e. | cv% |
| 49 | 0.07024 | 25.2 |

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

Variate: %1000s (= βάρος 1000 σπόρων)

| Source of variation | d.f. | s.s. | m.s. | v.r. | F pr. |
|---------------------|------|----------|---------|-------|-------|
| D | 6 | 9946.39 | 1657.73 | 18.99 | <.001 |
| Residual | 49 | 4277.25 | 87.29 | | |
| Total | 55 | 14223.64 | | | |

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

Variate: %1000s

Grand mean 32.1

| D | 2.50 | 3.50 | 4.50 | 5.50 | 6.50 | 7.50 | 8.50 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| | 7.7 | 19.8 | 28.3 | 44.8 | 37.0 | 39.7 | 47.6 |

*** Standard errors of means ***

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| e.s.e. | 3.30 |

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

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| s.e.d. | 4.67 |

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

| | |
|--------|------|
| Table | D |
| rep. | 8 |
| d.f. | 49 |
| l.s.d. | 9.39 |

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: %1000s

| d.f. | s.e. | cv% |
|------|------|------|
| 49 | 9.34 | 29.1 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3. Φωτογραφικό υλικό



Εικόνα 1. Φυτό αγριαγκι

νάρας από σπόρο, στο στάδιο της κοτυληδόνας (Φωτό από αγρό 2, τον Απρίλιο 2007).



Εικόνα 2. Αναβλάστηση αγριαγκινάρας (Φωτό από αγρό 1, τον Σεπ 2007).



Εικόνα 3: Φωτό από αγρό 2 στις 24/05/2008.



Εικόνα 4: Φωτό από αγρό 2 στις 08/06/2008.



Εικόνα 5. Έναρξη ανθοφορίας (Φωτό από αγρό 2, στις 28/5/08).



Εικόνα 6. Ολοκλήρωση ανθοφορίας (Φωτό από αγρό 2, στις 15/6/08).



Εικόνα 7. Ωρίμανση καλλιέργειας (Φωτό από αγρό 2, στις 19/7/08).



Εικόνα 8. Επιλεγμένα φυτά αγριαγκινάρας προς ανάλυση (profil) στις 24/5/08.



Εικόνα 9. Φυτό αγριαγκινάρας κατά της διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων, όπου τα φύλλα και οι μίσχοι έχουν αφαιρεθεί ανά επίπεδο στις 24/5/08.



Εικόνα 10. Καταμέτρηση αριθμού κεφαλών



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000104941

