



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ
ΦΥΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«Επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην απόδοση του αρωματικού -
φαρμακευτικού φυτού κρίκου (*Crocus sativus*)»**



Μαλάμογλου Αναστασία

Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Δαναλάτος

Βόλος, 2021

**«Επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης στην απόδοση του αρωματικού -
φαρμακευτικού φυτού κρόκου (*Crocus sativus*)»**

**«Effect of irrigation and fertilization on the yield of the aromatic – medicinal
plant crocus (*Crocus sativus*)»**

Μαλάμογλου Αναστασία

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Νικόλαος Δαναλάτος (Επιβλέπων), Καθηγητής (Γεωργία - Οικολογία Φυτών
Μεγάλης Καλλιέργειας), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Νικόλαος Τσιρόπουλος (Μέλος), Καθηγητής (Χημεία, Ανάλυση και προσδιορισμός
οργανικών ουσιών), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ελπινίκη Σκουφογιάννη (Μέλος), Ε. ΔΙ. Π., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών μου σπουδών στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Πρόκειται για ένα πείραμα αγρού καλλιέργειας κρόκου δύο συνεχόμενων ετών και ένα πειραματικό εργαστηριακό μέρος για την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου και διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών, κο Νικόλαο Δαναλάτο, ο οποίος με δέχτηκε να διεκπεραιώσω την πτυχιακή μου εργασία στο εργαστήριό του και να συνεργαστώ με το προσωπικό του εργαστηρίου. Τόσο ο ίδιος, αλλά και η συνεργάτιδα του κα Ελπινίκη Σκουφογιάννη, μέλος ΕΔΠΙ, μου έδειξαν αμέριστο ενδιαφέρον και εμπιστοσύνη. Η συνεχή καθοδήγησή τους στις γνωστικές ανάγκες της διατριβής συντέλεσαν στη διεξαγωγή του πειράματος και στη συγγραφή της πτυχιακής εργασίας.

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή και διευθυντή του Εργαστηρίου Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας, κο Νικόλαο Τσιρόπουλο, αρχικά για το πραγματικό ενδιαφέρον, την αδιάκοπη υποστήριξη και καθοδήγησή του κατά την υλοποίηση του πειράματος, αλλά και για την συμμετοχή του στη Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή, διαθέτοντας χρόνο για τη μελέτη και τη βελτίωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την ανεκτίμητη συμπαράσταση και την έμπρακτη βοήθειά τους καθημερινά, με κάθε δυνατό τρόπο, από την αρχή μέχρι το τέλος αυτού του εγχειρήματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω την εταιρεία «ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ ΙΚΕ-ΣΙΡΙΣ» για την ενδιαφέρουσα δυνατότητα επιστημονικής έρευνας με το αντικείμενο της καλλιέργειας του κρόκου, την παραχώρηση των βολβών και του πειραματικού αγρού, καθώς και για την πολύτιμη συνεργασία τους, με σκοπό την επιτυχημένη ολοκλήρωση της διεξαγωγής του πειράματος

«Εγώ η Μαλάμογλου Αναστασία βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με το Κανονισμό Πτυχιακής Εργασίας του Τμήματος ΓΦΠΑΠ »

Μέρος αυτής της πτυχιακή εργασίας έχει παρουσιαστεί στο συνέδριο:

Giannoulis K.D., Skoufogianni E., Bartzialis D., Solomou A.D., Malamoglou A., Danalatos N.G., 2020, Could Irrigation and N-fertilization Affect Saffron Yield?, Proceedings 9th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food & Environment (HAICTA 2020), Thessaloniki, Greece, pp. 526 - 531

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	3
Περίληψη	8
Summary	9
1.Εισαγωγή.....	10
1.1Ονομασία, Προέλευση και Γεωγραφική κατανομή	11
1.2Βοτανική ταξινόμηση.....	13
1.3 Περιγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών του φυτού Κρόκος	14
1.4 Χώρες Παραγωγής και Διεθνής Εμπορία Κρόκου.....	16
1.5 Η καλλιέργεια του κρόκου	17
1.5.1 Κύκλος καλλιέργειας.....	18
1.5.2 Εδαφικές απαιτήσεις	19
1.5.3 Κλιματικές απαιτήσεις	19
1.5.4 Προετοιμασία εδάφους.....	20
1.5.5. Λίπανση.....	20
1.5.6 Φύτευση	21
1.5.7 Άρδευση	22
1.5.8 Διαχείριση ζιζανίων (Ζιζανιοκτονία)	23
1.5.9 Εχθροί, ασθένειες και άλλες αντιξοότητες στην καλλιέργεια του κρόκου.	24
1.5.10 Φυτοπροστασία	25
1.5.11 Πολλαπλασιασμός των κόρμων του κρόκου	26
1.5.12 Συγκομιδή.....	26
1.6 Απόδοση.....	27
1.7 Επεξεργασία του κρόκου	28
1.7.1. Διαχωρισμός των ανθέων.....	28
1.7.2 Αποξήρανση στιγμάτων και καθαρισμός.....	29

1.7.3 Αποθήκευση και συσκευασία	30
1.8 Χημική σύνθεση του κρόκου - Ποιοτικά χαρακτηριστικά	31
1.8.1 Κροκίνη	31
1.8.2 Πικροκροκίνη	32
1.8.3 Σαφρανάλη	32
1.9 Προσδιορισμός της ποιότητας του Κρόκου	33
1.9.1 Τεχνικές προσδιορισμού της ποιότητας του κρόκου.....	33
1.9.2. 1. Υγρασία	35
1.9.2. 2. Φασματοφωτομετρία UV-Vis	35
1.10 Χρήσεις κρόκου	35
1.11. Νοθεία	37
1.12 Σκοπός πειράματος.....	38
2.Υλικά και Μέθοδοι	39
2.1 Επιλογή πειραματικού αγρού.....	39
2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	40
2.3 Πειραματικό σχέδιο.....	40
2.4. Καλλιεργητικές φροντίδες	41
2.4.1 Προετοιμασία του αγρού.....	41
2.4.2 Επεξεργασία και εγκατάσταση πολλαπλασιαστικού υλικού	42
2.4.3. Λίπανση.....	43
2.4.3.1. Βασική Λίπανση.....	43
2.4.3.2 Επιφανειακή Λίπανση	44
2.4.4. Άρδευση	44
2.4.5. Αντιμετώπιση Ζιζανίων	47
2.4.6. Δειγματοληψία-Μετρήσεις	47
2.5. Πειρατικό μέρος της ανάλυσης των κύριων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου.....	49
2.5.1. Προετοιμασία δειγμάτων κρόκου	50
2.5.1.1. Υλικά	50

2.5.1.2. Μέθοδος για ολόκληρα ή κομμένα νήματα.....	50
2.5.2. Προσδιορισμός της υγρασίας και των πτητικών ουσιών του κρόκου.....	50
2.5.2.1. Υλικά	51
2.5.2.2. Μέθοδος.....	51
2.5.3 Προσδιορισμός των κύριων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου με τη χρήση της μεθόδου της φασματοφωτομετρίας υπεριώδους ορατού.....	51
2.5.3.1. Υλικά	52
2.5.3.2. Μέθοδος.....	52
3. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	54
3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	54
3.2 Παρατηρήσεις του κύκλου καλλιέργειας κρόκου	56
3.3 Παραγωγικότητα των φυτών.....	58
3.3.1. Αριθμός ανθέων.....	58
3.3.1. Χλωρό βάρος ανθέων	62
3.3.3 Χλωρό βάρος στιγμάτων	64
3.3.4. Ξηρό βάρος στιγμάτων	67
3.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά	71
4. Συμπεράσματα	75
Βιβλιογραφία	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	85

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το φυτό του κρόκου (*Crocus sativus* L.) ανήκει στην οικογένεια των *Iridaceae* και πρόκειται για πολυετή, στείρα και τριπλοειδής πόα που πολλαπλασιάζεται με βολβούς. Τα ξηρά στίγματα του άνθους του, γνωστά ως σαφρόν (saffron), αποτελούν το πιο ακριβό μπαχαρικό στον κόσμο, περίφημο για το χαρακτηριστικό άρωμα, την πικάντικη γεύση και τη ισχυρή χρωστική ικανότητα. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης, ήταν η μελέτη της επίδρασης της άρδευσης και της λίπανσης ως προς την απόδοση σε άνθη και στίγματα του αρωματικού – φαρμακευτικού φυτού *Crocus sativus* για τα δύο πρώτα έτη καλλιέργειας. Για το σκοπό αυτό, εγκαταστάθηκε καλλιέργεια κρόκου το 2018 υπό μορφή πειραματικού αγρού σε αμμοπηλώδες έδαφος μέτριας γονιμότητας, στο Ν. Σκοπό Σερρών. Εφαρμόστηκε πλήρως τυχαίο πειραματικό σχέδιο που εξετάστηκαν δύο παράγοντες το έτος εγκατάστασης (split-plot), και τρεις παράγοντες το δεύτερο έτος (2019) (split-split-plot). Ο κύριος παράγοντας είναι η άρδευση (0%(I1), 75%(I2) και 100%(I3) της Εξατμισοδιαπνοής), ο δεύτερος παράγοντας είναι η βασική λίπανση (F1:40 kg στρ⁻¹ (11-15-15), F2: 40 kg στρ⁻¹ (11-15-15) αναμειγμένο με 3 tn στρ⁻¹ αγελαδινής κοπριάς) και ο τρίτος είναι η επιφανειακή λίπανση (N1:0, N1:4 και N2:8 kg στρ⁻¹ (33,5-0-0) με δεκαοχτώ μεταχειρίσεις και τρεις επαναλήψεις συγκροτημάτων. Τα δείγματα σαφρόν επεξεργάστηκαν για να προσδιοριστούν η υγρασία και η περιεκτικότητά τους σε πικροκροκίνη, κροκίνη και σαφρανάλη με τις μεθόδους που εφαρμόζονται κατά ISO 3632 1,2:2011. Βρέθηκε ότι απαιτούνται 133.000 – 155.000 άνθη για την παραγωγή 1 kg ξηρού στίγματος. Η άρδευση έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην παραγωγικότητα του φυτού, αυξάνοντας την απόδοση σε άνθη και σε ξηρό στίγμα, καθώς η πλήρης άρδευση οδήγησε σε 50% υψηλότερες αποδόσεις συγκριτικά με τα ξηρικά. Ωστόσο, η εφαρμογή βασικής και αζωτούχας λίπανσης δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά. Τέλος, τα ποιοτικά αποτελέσματα του saffron (2^ο έτος καλλιέργειας) του Ν. Σκοπού Σερρών έδειξαν ότι το εμπορικό προϊόν κατηγοριοποιείται στην Κατηγορία I κατά ISO. Συμπερασματικά, ο κρόκος μπορεί να ευδοκιμήσει και σε άλλες περιοχές της χώρας, όπως στο Νομό Σερρών, αποτελώντας μία υποσχόμενη πολυετή καλλιέργειας που μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά, χαρίζοντας υψηλής ποιότητας προϊόντος.

Λέξεις – κλειδιά: κρόκος, saffron, άρδευση, λίπανση, καλλιέργεια, παραγωγικότητα, άνθη, στίγματα, ποιότητα

SUMMARY

The Crocus plant (*Crocus sativus* L.) belongs to the *Iridaceae* family and it is a perennial, sterile and triploid crop that propagates by corms. The dry stigmas of its flower, known as saffron, are the most expensive spice in the world and it can be recognized for its characteristic aroma, spicy taste and strong coloring strength. The aim of this study was to investigate the effect of irrigation and fertilization on the produced number and weight of flowers and stigmas for the first two years of cultivation. For the purposes of the study, saffron cultivation was established in 2018 in a field of clay-loam soil of moderately fertile in Neos Skopos, Greece. In the establishment year (2018) there was used a split-plot design with the main factor the irrigation (I1: rainfed, I2: 75% ETo and I3: 100% ETo) and the sub – factor the fertilization before flowering (F1: 400 kg ha⁻¹ of the 11-15-15 and F2: 400 kg ha⁻¹ of the 11-15-15 mixed with 1.4 kg m⁻³ of cow manure). By spring 2019, an additional sub-factor the N-fertilization (N1: 0, N2: 40 and N3: 80 kg ha⁻¹ of the 35-0-0) was added and converted into a split-plot- plot design in three blocks. The saffron samples were processed to determine their moisture content and the main characteristics using the methods applied by ISO 3632 1,2:2011. It was found that 133,000-155,000 flowers are needed to produce 1 kg of dry stigma. Irrigation was the crucial factor affecting positively the plant productivity, increasing the yield in flowers and dry stigma, as full irrigation led to 50% higher yields compared to dry. However, the application of both fertilizations (basic and Nitrogen) did not show any statistically significant difference. Finally, the results concerning the quality of saffron, showed that saffron from Neos Skopos is in the highest category (ISO Category I) in the second year of cultivation. In conclusion, the saffron is a promising perennial crop, characterized by satisfactory yield of high quality and could be an alternative cultivation in the region of Central Macedonia.

Keywords: crocus, saffron, irrigation, fertilization, cultivation, productivity, flowers, stigmas, quality

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα με πλούσια χλωρίδα αυτοφυών Αρωματικών και Φαρμακευτικών (ΑΦΦ) φυτών με ιδανικές εδαφοκλιματικές συνθήκες για την καλλιέργεια αυτών. Σύμφωνα με στοιχεία του Οργανισμού Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων (ΟΠΕΚΕΠΕ), βάσει των δηλώσεων ΟΣΔΕ, το 2014 οι καλλιεργούμενες εκτάσεις των ΑΦΦ στην Ελλάδα ανέρχονταν σε 29.000 στρέμματα που έως σήμερα έχουν αυξηθεί τουλάχιστον κατά 30%. Η αύξηση οφείλεται πιθανώς στο γεγονός ότι υπάρχει ολοένα και πιο έντονο ενδιαφέρον στη βιομηχανία, στην αρωματοθεραπεία και τον αρωματοτουρισμό καθώς και στη φαρμακευτική.

Φαρμακευτικά φυτά (medicinal plants) ορίζονται τα φυτά που περιέχουν ένα ή περισσότερα δραστικά συστατικά, τα οποία έχουν θεραπευτικές, ανακουφιστικές και προληπτικές ιδιότητες. Ως αρωματικά φυτά (aromatic plants) καλούνται τα είδη του φυτικού βασιλείου με κοινό χαρακτηριστικό την περιεκτικότητα στα διάφορα όργανά τους (φύλλα, άνθη, κ.λπ.) σε αιθέρια έλαια, ουσίες που όταν ελευθερωθούν, εκλύουν χαρακτηριστική άρωμα (Σαρλής, 1994). Πολλά αρωματικά φυτά συμπίπτουν με τα καλούμενα αρτύματα.

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (Άρθρο 37, Χαρακτηρισμός και Γενικοί Όροι Χρήσης Αρτυμάτων) ως αρτυματικές ύλες νοούνται εκείνες που χαρακτηρίζονται από έντονη οσμή και γεύση, που προστίθενται στα τρόφιμα, αποσκοπώντας να τους προσδώσουν ιδιαίζοντα χαρακτηριστικά να βελτιώσουν τη γεύση τους και να τα κάνουν πιο εύληπτα. Στις αρτυματικές ύλες περιλαμβάνονται και τα αιθέρια έλαια που λαμβάνονται με εκχύλιση ή απόσταξη και οι συνθετικές αρωματικές ύλες.

Τον τίτλο του βασιλιά των καρυκευμάτων τον διεκδικεί ο κρόκος (*Crocus sativus* Linnaeus) καθώς είναι το πιο πολύτιμο καρύκευμα στον κόσμο, αφού η αξία του είναι υψηλότερη και από χρυσάφι στις διάφορες ιστορικές περιόδους. Το φυτό του κρόκου είναι πολυετές με αρκετά μικρό ύψος και στην παγκόσμια αγορά έχει επικρατήσει η εμπορική ονομασία «Saffron» για να χαρακτηρίσει το προϊόν που προέρχεται από τα άνθη του φυτού κρόκος και συγκεκριμένα τα αποξηραμένα κόκκινα στίγματα (International Standard ISO 3632-1:1993, Saffron (*Crocus sativus* L.), part1: Specification 1993). Ο FAO (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας) ορίζει για τον κρόκο ότι «σχηματίζει «μια χαλαρά μπερδεμένη μάζα από σκούρα, καφεκοκκινωπά

λεία νήματα, μεταξύ των οποίων διακρίνονται μερικά στενότερα κίτρινα νήματα. Το ανώτερο, διευρυμένο τμήμα των πεπλατυσμένων νημάτων είναι το στίγμα του λουλουδιού, ενώ το κάτω στενότερο τμήμα είναι του στύλου» (FAO, 1986).

Ο κρόκος καλλιεργείται από την αρχαιότητα και αποτελεί το χρυσάφι της Μεσογείου και της Ελλάδας, διότι διαθέτει μοναδικά αγρονομικά, περιβαλλοντικά, ιστορικά, πολιτιστικά, κοινωνικά χαρακτηριστικά και χαρακτηριστικά φυσιολογίας που τον κατατάσσει ως το σημαντικότερο είδος του γένους *Crocus*. Στην Ελλάδα καταλαμβάνει περίπου το 22% της συνολικής γεωργικής έκτασης των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών, με ετήσια παραγωγή τους 5 τον. (2018), σύμφωνα με τα στοιχεία που δημοσιοποιήθηκαν από το Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.

Ο Ελληνικός κρόκος έχει χαρακτηριστεί ως από τους καλύτερους στο κόσμο, ωστόσο δείχνουν ότι η παραδοσιακή μέθοδος καλλιέργειας του φυτού αυτού, παρά τις σπουδαίες προοπτικές της, βρίσκεται σε μια λανθάνουσα φάση και πρόκειται να μειωθεί, ενώ στη διεθνή αγορά πωλείται ποσότητα κρόκου πολύ περισσότερη από αυτή που παράγεται στην Ευρώπη. Κρίνεται σκόπιμο ότι η επιστημονική κοινότητα θα πρέπει να εντείνει τις προσπάθειες για συστηματική έρευνα ως προς την αναζήτηση περιοχών στις οποίες ευδοκμεί η καλλιέργειά του, αλλά και για τη βελτίωση των μέσων και των τεχνικών καλλιέργειας.

1.1 Ονομασία, Προέλευση και Γεωγραφική κατανομή

Άγνωστη θεωρείται ακόμη η προέλευση της ονομασίας του φυτού κρόκος ή ζαφορά ή zafaran (Αραβικά), όμως αυτή έχει διατηρηθεί σχεδόν αμετάβλητη σε διάφορες γλώσσες (Baskker & Negbi, 1983). Η αρχαία ελληνική ονομασία «κρόκος» έχει παραμείνει μέχρι και σήμερα για να περιγράψει τόσο το φυτό όσο και το καρύκευμα. Από την άλλη, η λέξη σαφρόν (saffron) έχει Αραβικές ρίζες και έχει διατηρηθεί σε διάφορες γλώσσες όπως, «safran» στα Γαλλικά και στα Γερμανικά «sablucher, στα Ιταλικά «zaffarano/zafferano», «saufulan» στα Ιαπωνικά, «Azafrán» στα Ισπανικά, «karkom» στα Εβραϊκά (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Έτσι φαίνεται ότι πολλές περιοχές πήραν το όνομά τους από το συγκεκριμένο φυτό, όπως το χωριό Κρόκος Κοζάνης στη χώρα μας, η πόλη Safranbolu στην Τουρκία και η πόλη Saffron Walden στην Αγγλία (Baskker & Negbi, 1983).

Οι Winterhalter και Straubinger (2000) υποστηρίζουν ότι ο κρόκος αποτελεί ενδημικό φυτό της Ανατολικής Μεσογείου, ενώ άλλοι θεωρούν ότι προέρχεται από την Ασία. Ωστόσο, η παρουσία του κρόκου γίνεται γνωστή ήδη από την προϊστορική εποχή (Εικόνα 2). Μια πολύ πιθανή εκδοχή είναι ότι η πρώτη γνωριμία του φυτού έγινε από τους Αρχαίους Έλληνες. Αυτοί διέδωσαν τον κρόκο στην Ασία και συγκεκριμένα στο Ιράν και την Ινδία, και από εκεί οι Άραβες με τη σειρά τους στη Βόρεια Αφρική και την Ισπανία (Κουτσός, 2006). Στα αρχαία χρόνια, ο κρόκος γίνεται γνωστός ήδη από τη Μινωική εποχή (περίπου 1700 π.Χ.), καθώς στο παλάτι του Μίνωα στην Κνωσό της Κρήτης οι τοίχοι ζωγραφίζονται με αναπαραστάσεις Μινωικών συλλεκτών να συγκομίζουν ολόκληρο το άνθος του κρόκου όπως συμβαίνει και στη σύγχρονη μέθοδο συλλογής, με την πιο γνωστή «ο πρίγκιψ με τα κρίνα». Μια άλλη τοιχογραφία που βρέθηκε στη Σαντορίνη το 1500 π.Χ. παρουσιάζει νεαρές γυναίκες να συλλέγουν απευθείας τα στίγματα από το άνθος του κρόκου με τη μορφή τελετής (Baskker & Negbi, 1983) (Εικόνα 1). Τα συγκεκριμένα αρχαιολογικά ευρήματα επιβεβαιώνουν την ιερή σχέση του κρόκου με τη μινωική θεότητα και την απόκτηση θρησκευτικού συμβολισμού, λόγω της παρουσίας του σε αναπαραστάσεις θρησκευτικών σκηνών. Ο κρόκος έχει αναφερθεί σε πολλά αξιοσημείωτα κείμενα για την ιστορία του ανθρώπου. Ειδικότερα, υπάρχουν αναφορές στη Βίβλο, στην Ιλιάδα και σε αρχαία του Κασμίρ του 5^{ου} αιώνα π.Χ. Αναφορά γίνεται από διάφορους αρχαίους Έλληνες συγγραφείς όπως ο Όμηρος, ο Θεόφραστος, ο Αισχύλος, ο Πίνδαρος αλλά και ο Αριστοφάνης (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004).



Εικόνα 1.(Αριστερά) μια μαϊμού ανάμεσα σε άνθη κρόκου (αρχαιολογικό μουσείο του Ηρακλείου της Κρήτης), (Δεξιά) μια γυναίκα που συλλέγει άνθη κρόκου (αρχαιολογικό μουσείο της Θήρας, Σαντορίνη)



Εικόνα 2. Σύμβολα κρόκου σε τύμβους: ιερογλυφικά, γραμμική A και B (Ordoudi and Tsimidou, 2004).

1.2 Βοτανική ταξινόμηση

Συστηματικά κατατάσσεται στην κλάση των Μονοκοτυλήδων και ανήκει στην τάξη των Liliales, στην οικογένεια των Ιριδοειδών (Iridaceae). Ο *Crocus sativus* είναι ένα στείρο τριπλοειδές φυτό ($3n = 24, x=8$) που δεν συναντάται στη φύση. Οι γόνιμοι διπλοειδείς αυτοφυείς πρόγονοί του *C. sativus* θεωρούνται οι *C. cartwrightianus* ($2n = 16$), που εμφανίζεται στη χώρα μας στο νότιο μέρος της Ηπειρωτικής Ελλάδας και στα γειτονικά νησιά (Κυκλάδες) και ο *C. oreocreticus* (ibid.) πιθανώς αναπτύσσεται στην Κρήτη (Κουτσός, 2006). Έχουν καταγραφεί 85 είδη του γένους *Crocus* (Fernandez, 2004) εκ των οποίων 43 υπάρχουν στην Ευρώπη (Cristurean, 2004). Η Ελλάδα φιλοξενεί το 40% των αυτοφυών ειδών *Crocus* (Tsoktouridis, 2009), που σύμφωνα με τον Κουτσό (2006) τα κυριότερα είναι:

- *C. Atticus Oroph.*, Κρόκος ο Αττικός. Συναντάται στις αλπικές ζώνες των ορεινών περιοχών της ηπειρωτικής Ελλάδας και οι κόρμοι του δεν είναι εδώδιμοι.
- *C. cancellatus Herb.* Κρόκος ο εσχαρωτός. Απαντάται στα Ιόνια νησιά, Εύβοια και Πελοπόννησο. Οι κόρμοι του είναι εδώδιμοι και αρκετά νόστιμοι.
- *C. hadriaticus Herb.* Κρόκος ο Αδριατικός. Το χρώμα των ανθέων είναι λευκό, γι' αυτό ο Θεόφραστος το ονομάζει και «λευκός κρόκος». Αυτοφύεται στα Ιόνια νησιά και την Πελοπόννησο και οι κόρμοι του είναι εδώδιμοι.
- *C. sieberi J. Gay.* Αυτοφύεται στην Κρήτη και έχει εδώδιμους κόρμους.

- *C. tournefortii* J. Gay , συν. *C. orphanidis* Hook f. Αποτελεί αυτοφυές φυτό των Κυκλάδων νήσων. Μορφολογικά, το πορτοκαλί στίγμα του έχει κορυφή που είναι διαιρεμένη σε τεμάχια σε μορφή νημάτων. Οι κάτοικοι των νησιών το χρησιμοποιούν ως άρτυμα στη μαγειρική, στη δημιουργία αφηρημάτων και σαν χρωστική για βαφή.

Η άλλη καλλιεργούμενη ποικιλία κρόκου, *C. sativus* var. *cashmirianus* (Bowles, 1952), δεν θεωρείται ως ξεχωριστή ταξινομική μονάδα. Η επιστημονική ονομασία κρόκου (saffron) *Crocus sativus* var. *officinalis*, δόθηκε από τον Linneaus το 1762. Τα είδη *Crocus sativus* L. είναι αναγνωρισμένα από τον Mathew (1982, 1999) (Frello et al. 2004) και παραμένει το μόνο είδος με τόση ιδιαίτερη σημασία εξαιτίας των φαρμακευτικών ιδιοτήτων του, τη χρωστική του ικανότητα και τη χρήση ως καρύκευμα (Fernandez, 2004).

Πίνακας 1 : Επιστημονική ταξινόμηση του είδος *Crocus sativus* L.(Alsayied, 2015).

Άθροισμα	Spermatophyta
Υπό-άθροισμα	Angiospermae
Κλάση	Monocotyledonae
Τάξη	Asparagales/Liliales
Οικογένεια	Iridaceae
Υπο-οικογένεια	Crocoidea
Γένος	<i>Crocus</i>
Είδος	<i>Crocus sativus</i> Linnae

1.3 Περιγραφή των μορφολογικών χαρακτηριστικών του φυτού Κρόκος

Ο *C. sativus* είναι μια πολυετής πόα που μπορεί να φτάσει σε ύψος μέχρι 30 εκ. και πολλαπλασιάζεται αγενώς με κόρμους, που είναι κατακόρυφοι υπόγειοι διογκωμένοι βλαστοί που εξωτερικά μοιάζουν με βολβούς, με τη διαφορά ότι, οι κόρμοι σχηματίζουν μια μάζα, η οποία καλύπτεται από πολλούς ομόκεντρος χιτώνες και δεν έχουν αποταμιευτικό ιστό. Το μέγεθος του κόρμου είναι μικρό με διάμετρο 2 –

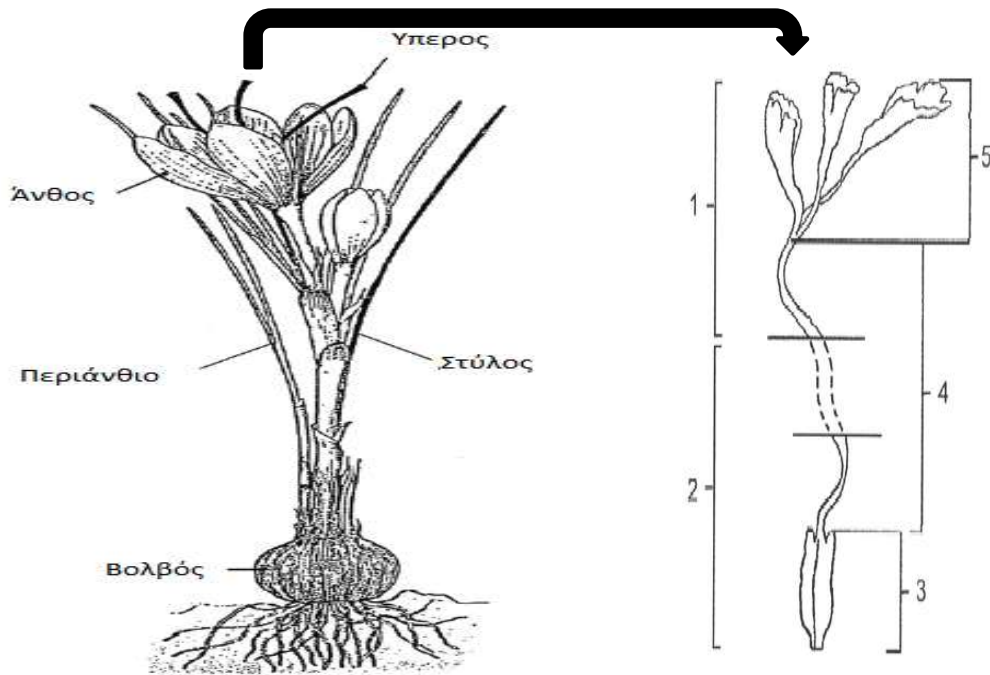
4 cm και σχήμα υπο-ωοειδές ελαφρώς πεπλατυσμένο. Ο κόρμος φέρει μερικούς πλευρικούς οφθαλμούς που από τον καθένα θα προκύψει νέος κόρμος, πάνω από τη θέση του παλιού, ο οποίος καταναλώνεται για την ανάπτυξη των νέων κόρμων. Το υπόγειο αυτό όργανο περιέχει όλες τις απαραίτητες ουσίες για την ανθοφορία και τη βλάστησή του. Πάνω από αυτόν προεκτείνεται κοντός βλαστός όπου θα εμφανιστούν νηματοειδή σκούρα πράσινα φύλλα σε ομάδες των πέντε έως έντεκα (Σαρλής, 1999, Κουτσός, 2006, Shah and Tripathi, 2008). Τα στενόμακρα φύλλα έχουν μήκος 30 με 40 εκατοστά και στο εσωτερικό τους τμήμα υπάρχει μια λευκή κεντρική λωρίδα και στο εξωτερικό τους μία νεύρωση. Το άνθος αποτελείται από έξι πέταλα, τρία εσωτερικά και δύο εσωτερικά που ενώνονται στο μακρύ σωλήνα της ωοθήκης (7 με 8 εκ.), δύο βράκτια φύλλα στη βάση τους, ένα λευκο-ωοειδή κάλυκα, κίτρινους ανθήρες και νήματα με ή χωρίς χρώμα (Refaz, 2017). Το χρώμα των ανθέων είναι μωβ, ενώ τα άλλα είδη κρόκου διαφοροποιούνται στο χρώμα, καθώς μπορεί να έχουν κίτρινο, άσπρο ή βαθυγάλαζο (Samuelson, 1996). Ο στύλος, που διαχωρίζεται από την κορυφή της υπόγειας ωοθήκης διασχίζοντας το σωλήνα του περιγώνιου, καταλήγει σε ένα στίγμα τριών νημάτων. Η ωοθήκη είναι τρίχωρη και στενή, ενώ τα στίγματα έχουν μήκος 40-50 mm μαζί με τον στύλο, όπου στο πάνω άκρο τους είναι οδοντωτά. Τα άνθη είναι μονήρη, ακτινόμορφα και από ένα βολβό μπορεί να προκύψουν μέχρι και 12 άνθη ανά βολβό τον Οκτώβριο με Νοέμβριο. Τα άνθη (τρία στίγματα – στο απώτερο άκρο του υπέρου) του *C. sativus* περιέχουν τις κύριες τρεις ενώσεις, γνωστές ως κροκίνη, πικροκροκίνη και σαφρανάλη (Shahnawaz, 2017). Μολονότι το συγκεκριμένο φυτό δεν παράγει καρπό, τα σκούρα κόκκινα νήματα του στίγματος αποτελούν το εμπορεύσιμο τμήμα του φυτού και συνάμα το πιο ενδιαφέρον για τον άνθρωπο.



1. Root
2. Bulb
3. Shoot
4. Leaf
5. Bud

6. Open flower
7. Stamens
8. Anthers
9. Three-lobe stigmas

Εικόνα 3. Η μορφολογία του φυτού *Crocus sativus* L. (Ordoudi and Tsimidou, 2004).



Εικόνα 4. (Αριστερά) Φυτό Κρόκος (*Crocus sativus* L.) (ISO 3632 - 1: 2011) (Δεξιά) Το θηλυκό αναπαραγωγικό όργανο (ύπερος) του *Crocus sativus* (ISO 3632 - 1: 2011): Το συνολικό μήκος του φρέσκου υπέρου είναι μεταξύ 60 mm και 100 mm. 1. Εναέριο τμήμα 2. Μέρος του μη εναέριου τμήματος 3. Ωθήκες 4. Στύλος 5 Στίγματα (περίπου 20 mm έως 40 mm σε μήκος)

1.4 Χώρες Παραγωγής και Διεθνής Εμπορία Κρόκου

Στο παρελθόν, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, η παγκόσμια εμπορία του κρόκου αποτελούσε σχεδόν μονοπώλιο για την Ισπανία, καθώς έλεγχε πάνω από το 90% της παραγωγής, ενώ η Ιταλία σε ποσοστό 13,2% και η Ελλάδα στο 7,5%. Η εικόνα αυτή άλλαξε αρκετά στα τέλη του 1990, καθώς το Ιράν φαίνεται να είναι η κυριότερη χώρα παραγωγής με 80 ton ετησίως, ακολουθώντας η Ινδία (Kashmir) (10 ton), η Ελλάδα (6 ton), η Ισπανία (3 ton) και το Μαρόκο (1 ton) (Saltron et al., 1999, Alonso et al., 2001). Άλλες χώρες με πολύ μικρότερες παραγωγές είναι η Κίνα, το Αφγανιστάν, η Γαλλία, η Ελβετία, η Τουρκία, η Αίγυπτος, το Ιράκ, το Αζερμπαϊτζάν, το Αφγανιστάν, το Ισραήλ, το Πακιστάν, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, η Ιαπωνία, η Αυστραλία (Τασμάνια), η Νέα Ζηλανδία, η Αργεντινή και οι ΗΠΑ (de los Mozos Pascual et al., 2010, Singla and Bhat, 2011, Nehvi et al., 2006). Όσον αφορά, την τιμή του σαφρόν, οι 50 τόνοι ξηρών στίγμάτων αγγίζουν τα 50 εκατομμύρια δολάρια, που είναι εμφανώς υψηλότερη ακόμη και από τα ακριβότερα μπαχαρικά του κόσμου, όπως η βανίλια (πάνω από 10 φορές περισσότερο) και το κάρδαμο (έως και 50 φορές περισσότερο) (Basker and Negbi, 1983). Επομένως, ο κρόκος κατακτά τον τίτλο του

ακριβότερου αρτύματος στον κόσμο ή διαφορετικά του «κόκκινου χρυσού», λόγω της υψηλής του ζήτησης και της χαμηλής παραγωγής (Shahnawaz et al., 2017). Για το 2004, η παραγωγή saffron στην Ευρωπαϊκή Ένωση εκτιμήθηκε στα 6.800 kg, δηλαδή το 4% της παγκόσμιας παραγωγής, με την κύρια προμηθεύτρια χώρα την Ισπανία (Λευκή Βίβλος).

Σχετικά με τον ελληνικό κρόκο, αυτός καλλιεργείται στην περιοχή της Κοζάνης από τον 17ο αιώνα και κυρίως στα χωριά Κρόκος, Καρυδίτσα και Ν. Κώμη (Κουτσός, 2006) με ετήσια παραγωγή τους 4 τόνους (ΥΠΑΑΤ, 2018). Συνολικά στην Ελλάδα καλλιεργούνται 5.517 στρ. κρόκου, όπου το 98% αυτών βρίσκεται στο Νομό Κοζάνης. Ωστόσο, πέρα από την Κοζάνη, ο κρόκος μπορεί να καλλιεργηθεί και σε άλλα μέρη της Ελλάδας και ιδιαίτερα στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας αλλά και στον Έβρο (ΥΠΑΑΤ, 2018). Στους πειραματικούς αγρούς του Εθνικού Κέντρου Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ-ΚΓΕΜΘ) στη Θέρμη του Ν. Θεσσαλονίκης, εγκαταστάθηκε καλλιέργεια κρόκου, έγινε η συγκομιδή των ανθέων και η ξήρανση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ωστόσο η χρωστική ικανότητα των στιγμάτων του κρόκου ήταν πολύ κατώτερη σε σχέση με εκείνη της αντίστοιχης του κρόκου της Κοζάνης (Κουτσός, 2006).

Πρόσφατα, έχει ξεκινήσει η παραγωγή κρόκου στο Ν. Σερρών, όπου το 2018 καλλιεργήθηκαν περίπου 16 στρ. με παραγωγή 200 κιλών (ΥΠΑΑΤ, 2018), με σταδιακή αύξηση της έκτασης της καλλιέργειας μέχρι σήμερα. Η εταιρεία «ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ Ι.Κ.Ε. – SIRIS» ιδρύθηκε τον Μάρτιο 2016 με στόχο την παραγωγή, συσκευασία και πώληση κρόκου (saffron). Όλα τα στάδια επεξεργασίας του κρόκου, συμπεριλαμβανομένου της συλλογής των ανθέων, του διαχωρισμού των στιγμάτων από το άνθος, τη ξήρανση των στιγμάτων και την αποθήκευσή του saffron, γίνονται χειρωνακτικά και με συνθήκες απόλυτης καθαριότητας και υγιεινής. Αυτές οι αυστηρές διαδικασίες εξασφαλίζουν την ανώτερη ποιότητα του Κρόκου Σερρών, που σύμφωνα με το ISO 3632-1 και -2: 2011 (E) βρίσκεται στην ανώτερη κατηγορία Ι.

1.5 Η καλλιέργεια του κρόκου

Η καλλιέργεια του κρόκου συναντάται σε διάφορα μέρη του κόσμου και περιλαμβάνει εξειδικευμένες εργασίες για την επιλογή του αγρού, τεχνικές φύτευσης των κόρμων, εφαρμογή συνθετικών και οργανικών λιπασμάτων, διαχείριση των

ζιζανίων μεταξύ των γραμμών, άρδευση με διάφορα συστήματα, συλλογή των ανθέων, διαλογή και ξήρανση (Shah and Tripathi, 2008). Η παραγωγή του κρόκου πραγματοποιείται σε μικρές οικογενειακές γεωργικές εκτάσεις και είναι δύσκολος ο προσδιορισμός της διάρθρωσης του κόστους και των εργατικών. Οι παραδοσιακοί μέθοδοι της καλλιέργειας σαφράν και η συγκομιδή των ανθέων είναι πολύ επίπονη και εκτεταμένη και οδηγεί σε αύξηση του κόστους του σαφράν (Shahnawaz et al., 2017). Η καλλιεργητική τεχνική έχει μείνει σταθερή ανά τους αιώνες και χαρακτηρίζεται αρκετά απαιτητική λόγω των χαμηλού βαθμού εκμηχάνισή της.

1.5.1 Κύκλος καλλιέργειας

Ο κύκλος της καλλιέργειας του κρόκου παραμένει ίδιος σε όλες τις χώρες παραγωγής, ωστόσο παρατηρούνται διαφορές ως προς τη χρονική στιγμή της εκδήλωσης των φαινολογικών σταδίων (Botella et al., 2002). Τα στάδια αυτά μπορούν να διακριθούν σε δύο φάσεις καθόλη τη διάρκεια του έτους: Τη φάση της δραστηριότητας και τη φάση του λήθαργου. Στην Ελλάδα, ομοίως στην Ισπανία και στην Ιταλία η φάση της δραστηριοποίησης συμβαίνει από τον Αύγουστο ή Σεπτέμβριο έως τον Απρίλιο με Μάιο. Τους μήνες αυτούς λαμβάνει χώρα η εμφάνιση ρίζας, η βλάστηση, η ανθοφορία και η απόκτηση φύλλων. Η ανθοφορία συμβαίνει το φθινόπωρο τους μήνες Οκτώβριο με Νοέμβριο. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η καλλιέργεια βρίσκεται στο βλαστικό της στάδιο, ενώ ταυτόχρονα οι θυγατρικοί κόρμοι αρχίζουν να αναπτύσσονται στη βάση του μητρικού κόρμου όπου πρόκειται να τον αντικαταστήσουν. Στην αρχή της ξηρικής εποχής (Απρίλιο – Μάιο) παρατηρείται στα φύλλα γήρανση και μάρανση, ενώ οι κόρμοι υπόκεινται στη φάση του λήθαργου και δεν μεταβάλλονται σε βάρος και σχήμα. Οι δύο φάσεις διακόπτονται από μια μεταβατική περίοδο, κατά την οποία ο κόρμος αναπαράγεται μέσω της διαδικασίας της μίτωσης και της διαφοροποίησης στην κορυφή των οφθαλμών των υπόγειων κόρμων (Molina et al., 2005). Σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο του κρόκου, στη Δυτική Μακεδονία η παραγωγική περίοδος έχει διάρκεια από 5 έως 7 έτη. Μόλις οι κόρμοι εκριζωθούν, διαχωρίζονται, καθαρίζονται και απολυμαίνονται και έπειτα μεταφυτεύονται σε άλλη έκταση, ενώ στην προηγούμενη έκταση γίνεται αγρανάπαυση.

1.5.2 Εδαφικές απαιτήσεις

Οι εδαφικές απαιτήσεις για την εγκατάσταση, ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό του κρόκου σχετίζονται με την σύσταση του εδάφους αλλά κυρίως με την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, καθώς τα δεύτερα μπορούν να μεταβληθούν πιο εύκολα. Στην Ελλάδα όπως και στις άλλες Ευρωπαϊκές Μεσογειακές χώρες, ο κρόκος προτιμά τα αργιλώδη ασβεστολιθικά εδάφη, όμως έχει παρατηρηθεί ότι η καλλιέργεια γίνεται και σε φτωχά, αμμουδερά εδάφη με pH ελαφρώς όξινο προς ουδέτερο, αν και η απόδοση σε γόνιμα εδάφη είναι μεγαλύτερη (Κουτσός, 2006). Ωστόσο, τα εδάφη ελαφριάς σύστασης συνήθως έχουν κακή στράγγιση, κατακρατούν νερό στην επιφάνεια και μπορεί να οδηγήσουν στη σήψη των βολβών. Καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη, με βάθος 60 – 70 εκ., μέσης σύστασης για εύκολη διείσδυση της ρίζας είναι κατάλληλα για την παραγωγή του κρόκου (Βαμβακάς, 1976). Δεν συστήνονται τα πολύ γόνιμα εδάφη διότι η φυτική αύξηση ευνοείται εις βάρος της ρίζας. Στην περιοχή της Κοζάνης, η καλλιέργεια γίνεται σε εδάφη αμμώδη, ελάχιστα ασβεστούχα, αλκαλικά, ξηρά και με μια μικρή κλίση του εδάφους (Λευκή Βίβλος). Το pH ορίζεται κοντά στο 7 και η περιεκτικότητα σε κάλιο K₂O ~ 7 mg/100 g (Goliaris, 1999).

1.5.3 Κλιματικές απαιτήσεις

Όσον αφορά στο κλίμα, ο κρόκος μπορεί να ευδοκιμήσει σε πολύ διαφορετικά κλίματα και υψόμετρα, από το Κασμίρ της Ινδίας μέχρι την Αυστραλία σε θερμοκρασίες από 40°C το καλοκαίρι έως -15°C το χειμώνα. Ωστόσο, για μια ικανοποιητική παραγωγή απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις καιρικές συνθήκες, αλλά και στις θερμοκρασίες μέρας και νύχτας, κατά την περίοδο της ανθοφορίας. Όσον αφορά στις Ευρωπαϊκές περιοχές της Ισπανίας, της Ελλάδας και της Σαρδηνίας στην Ιταλία, το μεσογειακό ηπειρωτικό κλίμα, με ξηροθερμικό καλοκαίρι και δροσερό με κρύο χειμώνα θεωρούνται κατάλληλες και το καθεστώς υγρασίας μεσογειακό ξηρό (Λευκή Βίβλος). Οι Shah and Tripathi (2008) υποστηρίζουν ότι ανοιξιότικες βροχοπτώσεις ευνοούν τον πολλαπλασιασμό των κόρμων, ενώ οι πρώτες βροχές του φθινοπώρου ενισχύουν την παραγωγή ανθέων. Κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας οι βροχοπτώσεις είναι ανεπιθύμητες (Κουτσός, 2006). Στο στάδιο αυτό, κρίσιμο ρόλο διαδραματίζουν οι θερμοκρασίες. Οι ελληνικές πηγές αναφέρουν ότι η καλύτερη θερμοκρασία για την ανθοφορία είναι 10 με 15°C και η μεγάλη άνοδος της

θερμοκρασίας είναι καταστροφική για τα άνθη καθώς μαραίνονται και δεν επανέρχονται με τη πτώση της θερμοκρασίας. Αντίθετα, σε χαμηλές θερμοκρασίες κοντά στο μηδέν τα άνθη κλείνουν, αλλά με την άνοδο της θερμοκρασίας ανοίγουν και πάλι (Κουτσός, 2006). Στην περιοχή της Κοζάνης, οι βροχοπτώσεις είναι συχνές (περίπου 700 mm βροχής) και οι θερμοκρασίες σπάνια πέφτουν κάτω του μηδενός το χειμώνα. Παρόλα αυτά, έχουν σημειωθεί καταστροφές στην καλλιέργεια το Νοέμβριο λόγω πρόωμης χιονόπτωσης (Ordoudi and Tsimidou, 2004). Η περιφέρεια της Κοζάνης και των Σερρών ανήκουν στην ίδια κατηγορία κλιματικής ζώνης θερμού εύκρατο υγρό χειμώνα με θερμό θέρος (Παρατηρητής Εφημερίδα Ν. Σερρών, Δεκέμβριος 2016), που αποτελεί ευνοϊκό κλίμα για την καλλιέργεια του κρόκου.

1.5.4 Προετοιμασία εδάφους

Οι εργασίες για την εγκατάσταση του κρόκου απαιτούν χρόνο και πολυετή ενασχόληση με την καλλιέργεια, καθώς αυτή απαιτεί καλή προετοιμασία του εδάφους πριν τη φύτευση. Ως πολυετής καλλιέργεια απαιτεί βαθύ όργωμα κοντά στα 30 εκ., ακολουθούμενο από ένα λιγότερο βαθύ όργωμα ώστε να απορροφήσει το λίπασμα και αρκετές φορές πέραςμα με μηχανοκίνητη καλλιεργητική μηχανή, σβάρνα, δονούμενο εκλυστήρα ή κύλινδρο μέχρι το έδαφος να γίνει χαλαρό και εύθρυπτο. Απομακρύνονται τα ζιζάνια και οι πέτρες και οποιοδήποτε άλλο ξένο υλικό που εμποδίζει τη φύτευση και την ανάπτυξη του φυτού (Λευκή Βίβλος του κρόκου).

1.5.5. Λίπανση

Ο κρόκος είναι φυτό με μικρές απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία που μπορούν να καλυφθούν εύκολα με εφαρμογή μέτριας οργανικής λίπανσης (Κουτσός, 2006). Σύμφωνα με μελέτες, το σημαντικότερο στοιχείο για την παραγωγή ανθέων και τη βλάστηση είναι το άζωτο (N), ενώ τα στοιχεία φώσφορος και κάλιο δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Η επίδραση άλλων θρεπτικών όπως ασβέστιο, θείο και άλλων ιχνοστοιχείων, δεν είναι ακόμη γνωστή και σε ποιες ποσότητες (Bezhad et al., 1992). Στις βιολογικές καλλιέργειες *C.sativus* L. γίνεται χρήση οργανικών και ορυκτών λιπασμάτων, με προσθήκη αυτών περίπου τρεις μήνες πριν τη φύτευση, ενώ τα επόμενα έτη περίπου ένα μήνα πριν την ανθοφορία (Pérez, 1995). Η ενσωμάτωση των λιπασμάτων συμβαίνει απευθείας μετά την εφαρμογή και κατανέμεται ομοιόμορφα σε στρώματα πάχους μεταξύ 12 – 15 εκ. βάθους.

Στην περιοχή της Κοζάνης, προτιμούν την εφαρμογή λιπασμάτων ορυκτής προέλευσης και όχι κοπριάς, εκτός κι αν είναι βιολογική καλλιέργεια, διότι μεταφέρονται σπόροι από ζιζάνια στο χωράφι. Στην Λευκή Βίβλο του κρόκου αναγράφεται ότι τα χημικά λιπάσματα επιλέγονται ανάλογα με τη δομή και τη σύσταση του εδάφους σε οργανικά στοιχεία, τα κλιματολογικά της περιοχής και την καλλιέργεια που προηγήθηκε στο ίδιο χωράφι, αλλά και την εμπειρία του παραγωγού. Προτείνεται μικτή λίπανση μίγματος N-P-K με τους ακόλουθους τύπους: 10 kg/στρ (11 N – 15P – 15 K)+ 2 kg/στρ (0 N – 0 P – 5 K) , που ισοδυναμεί συνολικά με 12 kg /στρ ή 6 kg/στρ (0 N – 20 P – 0 K)+ 4 kg/στρ (21 N – 0 P – 0 K)+ 5 kg/στρ (0 N – 0 P – 50 K), δηλαδή συνολικά 15 kg/στρ. Ο δεύτερος τύπος είναι προτιμότερος εφόσον εφαρμοστεί σε δόσεις, αρχικά ως βασική λίπανση πριν τη φύτευση των κόρμων κατά τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο και αργότερα κατά τον Φεβρουάριο – Μάρτιο ως επιφανειακή. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπεται η καλύτερη διαλυτότητα των στοιχείων N – P - K και αποτελεσματικότερη απορρόφηση από το φυτό με ισορροπημένο τρόπο.

1.5.6 Φύτευση

Πραγματοποιείται με την φύτευση κόρμων, που η παραγωγή τους γίνεται ετησίως από κορμούς προγενέστερους. Η διεξαγωγή της φύτευσης περιέχει 4 παράγοντες: 1)Τις αποστάσεις του φυτού κρόκου 2)Το βάθος εγκατάστασης και τοποθέτησης των βολβών 3)Την πυκνότητα και διάταξη των βολβών 4)Την εποχή εγκατάστασης.

Στην Ελλάδα, η εγκατάσταση γίνεται από το τέλος της άνοιξης μέχρι τέλος Ιουλίου. Αν καθυστερήσει η φύτευση, η απόδοση της πρώτης χρονιάς θα είναι αρκετά μειωμένη (Κουτσός, 2006). Η φύτευση πραγματοποιείται με προγενέστερους κόρμους μέσου ή μεγάλου μεγέθους, αποκλείοντας τους πολύ μικρότερους (μικρότεροι από 22χιλ.). Σύμφωνα με μελέτες στην περιοχή της Καστίλη-Λα Μάντσα στην Ισπανία, οι διαστάσεις του κόρμου επηρεάζουν την παραγωγή κατά το πρώτο έτος της καλλιέργειας, λόγω των επιπτώσεών τους στον αριθμό των βλαστών (Λευκή Βίβλος). Επίσης, οι διαστάσεις των κόρμων επηρεάζουν και τη διαμόρφωση των ανθέων (De Mastro and Ruta, 1993). Τα επόμενα έτη, ο παράγοντας αυτός δεν λαμβάνεται υπόψη, καθώς οι πρώτοι κόρμοι αρχίζουν να εμφανίζονται και να αναπαράγονται. Το βάθος φύτευσης παίζει σπουδαίο ρόλο στην απόδοση της παραγωγής. Γενικά φυτεύονται σε βάθος 18 - 20 εκ., ανάλογα με τον αριθμό ετών που θα παραμείνουν στο έδαφος, οι αποστάσεις επί της γραμμής είναι 10 - 12 εκ. και 25 εκ. μεταξύ των γραμμών. Σύμφωνα,

με αυτές τις τιμές, σε μια έκταση ενός στρέμματος θα φυτευτούν 35000 - 40000 κόρμιοι, οι οποίοι ζυγίζουν περίπου 250 με 300 κιλά. Μόλις ολοκληρωθεί η φύτευση, το έδαφος σβαρνίζεται και καλύπτονται τα αυλάκια (Κουτσός, 2006). Στην περιοχή της Κοζάνης, το βάθος φύτευσης είναι 25 εκ., με μέση πυκνότητα φύτευσης (30-40 βολβοί m⁻²), η απόσταση φύτευσης μεταξύ των γραμμών ποικίλλει από 10 έως 20 εκ. και επί της γραμμής είναι της τάξης των 3,3 με 15 εκ. Σε αυτές τις αποστάσεις δύναται να πραγματοποιηθούν σκαλιστικές εργασίες και αερίσματος των αυλακιών με τη βοήθεια μηχανικών μέσων. Η φύτευση γίνεται με τη χρήση τρακτέρ εξοπλισμένου με ειδική μηχανή που φυτεύει βολβούς σε βάθος 25 εκ. (Λευκή Βίβλος). Στο Ν. Κοζάνης για μια νέα φυτεία χρησιμοποιούνται κόρμιοι 2-3 ton με διάμετρο 22 – 25 mm και 35 – 40 mm ύψος. Μια καλλιέργεια κρόκου 7 ετών αποδίδει τον διπλάσιο αριθμό κόρμιων (Ordoudi and Tsimidou, 2004).

1.5.7 Άρδευση

Η άρδευση της καλλιέργειας με την κατάλληλη ποσότητα και ποιότητα αποτελεί κρίσιμο σημείο για την επιτυχία μιας αποδοτικής καλλιέργειας κρόκου. Ο κρόκος είναι ένα φυτό που παρουσιάζει υψηλή αντοχή στην αλατότητα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Αν και έχει ανθεκτικότητα στην ξηρασία, η παροχή νερού το καθιστά πολύ παραγωγικό και προσαρμόζεται αποτελεσματικά στο πότισμα. Γι' αυτό στις χώρες με ξηρό κλίμα, (Ιράν) πρέπει να αρδεύεται, με ποσότητα και συχνότητα άρδευσης πολύ μικρότερη σε σχέση με τις βιομηχανικές/συμβατικές καλλιέργειες. Ωστόσο πολλές κροκοκαλλεργούμενες περιοχές της Ευρώπης όπως η Κοζάνη, δεν αρδεύονται, διότι καλύπτουν τις ανάγκες άρδευσης με την ετήσια βροχόπτωση (Koochehi et al., 2020). Στην περιοχή της Κοζάνης, οι βροχοπτώσεις είναι συχνές (περίπου 700 mm βροχής). Η ανάγκη άρδευσης εντείνεται περισσότερο κατά την κρίσιμο περίοδο της ανθοφορίας και έπειτα κατά την περίοδο της δημιουργίας βολβών (Λευκή Βίβλος). Συμπληρωματικά, έχει αναφερθεί ότι οι έντονες βροχοπτώσεις τον Αύγουστο οδηγούν στην βλάστηση και έκπτυξη φύλλων πριν από τα άνθη (Κουτσός, 2006).

Σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο του κρόκου, σε αρδευόμενες καλλιέργειες, η άρδευση πραγματοποιείται μετά την εμφάνιση της ρίζας και περίπου ένα μήνα πριν την ανθοφορία (Αύγουστος με Σεπτέμβριο) με παροχή 40 mm. Σε περίπτωση ανυδρίας μέχρι τη συγκομιδή συστήνεται ελαφριά άρδευση 15 mm για το «σπάσιμο» της επιφανειακής κρούστας. Σε δροσερά και ψυχρά κλίματα, η άρδευση διακόπτεται το χειμώνα και ξαναρχίζει την άνοιξη στη φάση πολλαπλασιασμού των κόρμιων σε

ποσότητα 35 – 45 mm ανά μήνα, ήτοι κατανομή 150 mm σε 4 αρδεύσεις μεταξύ Μαρτίου και Απριλίου. Να σημειωθεί ότι παράγεται μεγαλύτερο άνθος σε αυτού του τύπου τις καλλιέργειες.

Το φυτό *Crocus sativus* L. προσαρμόζεται με μεγάλη ευκολία στα διάφορα συστήματα άρδευσης: καταιονισμός, στάγδην και επιφανείας. Αν πρόκειται για μικρή γεωργική έκταση σε αμμώδες έδαφος με καλή στράγγιση και ψυχρά κλίματα τότε προτιμώνται οι επιφανειακές μέθοδοι, κυρίως με αυλάκια, ως υποστηρικτική άρδευση χωρίς πρόβλημα κατά την επεξεργασία του εδάφους. Ωστόσο, ο καταιονισμός θεωρείται το ιδανικότερο σύστημα άρδευσης, διότι επιτυγχάνεται βέλτιστη υγρασία σε κάθε αγροτεμάχιο, διευκολύνει τη μηχανοποίηση της καλλιέργειας και επιτρέπει την υδρολίπανση το Φεβρουάριο με Απρίλιο, που ενισχύει την αύξηση και ανάπτυξη του φυτού. Τέλος, σε εντατικές καλλιέργειες με υψηλή πυκνότητα φύτευσης (πάνω από 200 κόρμοι m⁻²) και σε καλλιέργειες υπό κάλυψη και σε εδάφη που παρουσιάζουν προβλήματα αλατότητας, συστήνεται στάγδην άρδευση, ώστε να παραμένει ο κόρμος υγρός χωρίς την παρουσία αλάτων (Λευκή Βίβλος του κρόκου).

Πίνακας 2: Ανθεκτικότητα του *Crocus sativus* L. στην αλατότητα (Λευκή βίβλος του κρόκου)

Ηλεκτρική αγωγιμότητα στους 25°C(mS/cm)	Παραγωγή κόρμων (%)
Έως 1200	100
1.200 – 2.200	85
2.200 – 3.700	70
3.700 – 4. 500	50
4.500 – 7. 000	35
Άνω των 7.000	Επιβίωση

1.5.8 Διαχείριση ζιζανίων (Ζιζανιοκτονία)

Τα ζιζάνια αποτελούν τον κυριότερο βιολογικό παράγοντα που εμποδίζει την καλλιέργεια του κρόκου (Bazoobandi et al., 2020) με απώλειες που μπορεί να φθάσουν από 5% έως και 20% (Pérez,1995). Γενικότερα, στην Ινδία (Shah & Tripathi, 2008) ισχύει ότι οι κόρμοι που φυτεύονται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο δεν πρέπει να

τραυματιστούν μέχρι το Νοέμβριο της πρώτης χρονιάς. Ωστόσο, ένα ελαφρύ σκάλισμα κατά τον Νοέμβριο θα επιδράσει θετικά στην απομάκρυνση των ζιζανίων και στον καλύτερο αερισμό του εδάφους. Τα επόμενα έτη, ένα δεύτερο σκάλισμα γίνεται μεταξύ Μαΐου και Ιουνίου. Με αυτόν τον τρόπο πέρα από τον καλό αερισμό του εδάφους, ευνοείται η ανάπτυξη των κόρμων. Βαθύ σκάλισμα (8 – 10 εκ.) τον Αύγουστο, δηλαδή περίπου ένα μήνα νωρίτερα, ώστε να ανθίσει. Επίσης ένα ελαφρύ σκάλισμα σε βάθος 3 -4 εκ. πρέπει να γίνει αρχές Σεπτεμβρίου πριν την εμφάνιση των ανθέων (Aga et al., 2006). Τέλος, για την αύξηση της παραγωγής βολβών και ανθέων είναι απαραίτητα 3 – 4 σκαλίσματα μεταξύ των γραμμών.

Στην Ελλάδα, στο Ν. Κοζάνης οι περισσότερες εκτάσεις καλλιεργούνται βιολογικά, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η χρήση χημικού ζιζανιοκτόνου. Η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται με καλλιεργητικά μέτρα, με σκαλίσματα μεταξύ των γραμμών της καλλιέργειας, όπου το επιτρεπτό βάθος των σκαλισμάτων είναι στα 12-15 cm και γίνεται είτε χειρωνακτικά (με τσουγκράνα ή με φρέζα) (Κουτσός, 2006), είτε μηχανικά (με τσουγκράνες προσαρμοσμένες στον γεωργικό ελκυστήρα) (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Στη Δυτική Μακεδονία, τα σκαλίσματα αυτά πραγματοποιούνται σε περίπτωση εμφάνισης ζιζανίων ένα μήνα μετά τη φύτευση και κατά το Σεπτέμβριο γίνεται επιφανειακό σκάλισμα των αυλακιών φύτευσης, για να σπάσει η επιφανειακή κρούστα. Στο Ν. Κοζάνης, τα ζιζάνια που αναπτύσσονται κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι κόβονται, ώστε να μη πληγωθούν οι κόρμοι από τις ρίζες των ζιζανίων. Η κοπή των ζιζανίων, εκτός από την απομάκρυνση τους, προσδίδει στο έδαφος ελαφρά υφή και καλό αερισμό (Λευκή Βίβλος).

1.5.9 Εχθροί, ασθένειες και άλλες αντιξοότητες στην καλλιέργεια του κρόκου.

Οι ασθένειες διαδραματίζουν το μικρότερο ρόλο στην απόδοση της καλλιέργειας, συγκριτικά με τα ζιζάνια και τα έντομα, διότι εμφανίζονται εξαιτίας φυσιολογικής ζημιάς ή προσβολής από έντομα όπως τα ακάρεα (Bazoobandi et al., 2020). Παρόλα αυτά, οι κόρμοι που βρίσκονται φυτεμένοι στο έδαφος είναι πιθανό να προσβληθούν από μύκητες του εδάφους. Οι κυριότεροι μύκητες είναι οι εξής: *Fusarium oxysporum f.sp.gladioli*, *Rhizoctonia croccorum* και *Rhizoctonia violacea Tul* (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Η σημαντικότερη ασθένεια που προσβάλλει τον κρόκο είναι το σάπισμα των κόρμων (corn rot) που συνήθως οφείλεται στον μύκητα *Rhizoctonia croccorum* (Κουτσός, 2006), αλλά μπορεί να οφείλεται και στον μύκητα

Phoma crocophila (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Εξίσου σοβαρή ασθένεια στη σάρκα του κόρμου είναι η Ξηρή γάγγραινα (*Gagrena seca*) και προκαλείται από τον μύκητα *Sclerotinia bulborum* (Δοδόπουλος, 1976) και προκαλείται κατάρρευση του κατώτερου τμήματος του σωλήνα του κόρμου (Carrubba, 2015). Οι *Pythium ultimum* και *Fusarium bulbigerum* προσβάλλουν επίσης τον κρόκο, με τον τελευταίο να προκαλεί μείωση του όγκου του κόρμου και πτώση των φύλλων ή των βλαστών. Τέλος, έχει καταγραφεί ακόμα ένα παθογόνο αίτιο που ζημιώνει τον κρόκο, ο Ιός του κίτρινου μωσαϊκού της φασολιάς (BYMV) (Carrubba, 2015).

Τα κύρια παθογόνα αίτια που προσβάλλουν τον κρόκο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης είναι τα εξής: *Penicillium verrucosum* sp. *Carymbeferum*, *Uromyces croci* Pass και *Fusarium* sp. (Benschop, 1993).

Τα έντομα που προσβάλλουν τον κρόκο είναι τα ακάρεα του γένους *Rhizoglyphus* (Λευκή Βίβλος) και τα σκαθάρια της οικογένειας *Meloidae* που ζημιώνουν τα άνθη του κρόκου εξαιτίας της τοξικής ουσίας που παράγουν, την κανθαριδίνη (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Μάλιστα, κύριος εχθρός θεωρείται ο αρουραίος των αγρών (*Pitymys duodecimcostatus*) που τρώει το υπόγειο τμήμα αλλά και το φύλλωμα του, ενώ οι λαγοί και τα κουνέλια τρέφονται με το φύλλωμα και τα άνθη του (Κουτσός, 2006).

1.5.10 Φυτοπροστασία

Στο Νομό Κοζάνης, για την απολύμανση των βολβών πριν τη φύτευση χρησιμοποιούνται μυκητοκτόνα όπως το *Brassicol* αν πρόκειται για συμβατική καλλιέργεια, ενώ αν αφορά βιολογική καλλιέργεια τότε συστήνεται ριζοπότισμα με θειικό χαλκό (Κουτσός, 2006, Λευκή Βίβλος του κρόκου). Ανεξαρτήτως του τύπου καλλιέργειας, η καλύτερη αντιμετώπιση της σήψης των κόρμων είναι η εξαγωγή των μολυσμένων κόρμων από το χωράφι και μεταφύτευση των μη προσβεβλημένων σε άλλο χωράφι για την καλύτερη προφύλαξή τους (Παπανικολάου, 1997). Πιο συγκεκριμένα, για τις προσβολές από *Rhizoctonia crocorum* γίνεται εμβάπτιση των κόρμων σε διάλυμα θειικού χαλκού 5% (Ordoudi & Tsimidou, 2004), ενώ η χρήση των μυκητοκτόνων Topsin M, Captan, Sadoplon and Feunaben αντιμετώπισε αποτελεσματικά τους κόρμους του κρόκου από τους μύκητες *Fusarium culorum*, *F. semitectum*, and *F. oxysporum orthocesra* (Ordoudi & Tsimidou, 2004).

Ο έλεγχος των τρωκτικών μπορεί να γίνει με τρόπους όπως τοποθέτηση παγίδων ή καπνογόνων στις εισόδους των φωλιών και καταστροφή των υπόγειων σπυράγγων μηχανικώς, αν πρόκειται για βιολογική καλλιέργεια. Στη συμβατική, με καύση δολωμάτων εμποτισμένα με θείο (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Σε γενικό πλαίσιο, θα πρέπει η καλλιέργεια να υπόκειται σε τακτικό φυτουγειονομικό έλεγχο, ώστε να γίνονται παρεμβάσεις έγκαιρα και να αποφεύγονται σημαντικά οι απώλειες.

1.5.11 Πολλαπλασιασμός των κόρμων του κρόκου

Η καλλιέργεια του κρόκου είναι πολυετής και πολλαπλασιάζεται με κόρμους. Οι μητρικοί κόρμοι ξεριζώνονται από παλιές φυτεύσεις και μεταφέρονται σε νέες. Όσο παλαιότερη είναι η φυτεία τόσο πιο πολλούς κόρμους παράγει, καθώς κάθε μητρικός κόρμος παράγει από 2 έως 12 θυγατρικά κορμίδια προς υποκατάσταση του μητρικού (Aga et al., 2006). Κόρμοι παλιάς φυτείας 6 ετών που έχουν φυτευτεί σε ένα στρέμμα, είναι ικανοί να παράγουν κόρμους για έκταση 8 στρεμμάτων (Κουτσός 2006). Οι κόρμοι ανέρχονται πιο κοντά στην επιφάνεια του εδαφικού στρώματος κατά 2 cm κάνοντας την εμφάνισή τους πάνω στο έδαφος στην τελευταία καλλιεργητική περίοδο, όπου πρέπει και να συγκομίζονται κατά το Μάϊο με Ιούνιο.

1.5.12 Συγκομιδή

Ο σχεδιασμός αυτής της εργασίας είναι ύψιστης σημασίας γιατί ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να συλλέξει τα άνθη μόνο μία φορά το έτος σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, τα άνθη του κρόκου είναι ευαίσθητα στην κακοκαιρία και αν δε συγκομιστούν έγκαιρα τότε μαραίνονται και χάνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Επομένως, το έδαφος θα πρέπει να έχει προετοιμαστεί ένα μήνα πριν την ανθοφορία (Σεπτέμβριο) ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση (Λευκή Βίβλος του κρόκου).

Στην Ελλάδα, συνήθως η ανθοφορία ξεκινά μεταξύ 15 έως 25 Οκτωβρίου και η συλλογή των ανθών συμβαίνει κάθε μέρα ή κάθε δεύτερη μέρα όταν οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι δυσμενείς. Η διάρκεια ανθοφορίας διαρκεί συνολικά 20 έως 30 ημέρες περίπου και η συλλογή των ανθέων γίνεται χειρωνακτικά τις πρωινές ώρες, μετά την πρωινή δρόσο μέχρι νωρίς το απόγευμα, διότι σε χαμηλές θερμοκρασίες κοντά του μηδενός, τα άνθη κλείνουν, αλλά με την άνοδο της θερμοκρασίας ανοίγουν και πάλι (Κουτσός, 2006). Κατά τη συγκομιδή, τα άνθη κόβονται στη βάση της στεφάνης

και τοποθετούνται ολόκληρα σε ψάθινα καλάθια αρκετά προσεκτικά ώστε να μη τραυματιστούν λόγω της πίεσης του βάρους των άλλων ανθέων (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Μερικές φορές, οι καλλιεργητές προτιμούν να κόβουν, με μια στροφική κίνηση του νυχιού, τα στίγματα απευθείας από το ανθισμένο φυτό, με αποτέλεσμα μια σημαντική ποσότητα πετάλων να παραμένει στο έδαφος (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Στο Ν. Σερρών, τα άνθη συλλέγονται με ειδικό τρόπο ούτως ώστε να προετοιμάζονται για την περαιτέρω επεξεργασία τους. («ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ Ι.Κ.Ε. – SIRIS», <https://saffronserres.gr/el>)

Το εργατικό δυναμικό που απαρτίζεται κυρίως από γυναίκες, θα πρέπει να είναι σε θέση να αντέξει αυτήν την επίπονη διαδικασία, διότι η συλλογή πρέπει να γίνει προσεκτικά και με ταχύ ρυθμό, υιοθετώντας δύσκολη σωματική στάση και υπομένοντας της ενδεχομένως μη ευνοϊκές συνθήκες.

Η ξαφνική βροχόπτωση κατά την άνθιση έχει ως αποτέλεσμα τη συλλογή βρώμικων στιγμάτων και το υγρό συγκομισθέν προϊόν να παραμένει αρκετή ώρα υγρό και η ποιότητά του να φθίνει, ως εκ τούτου είναι απαραίτητο να αφαιρούνται τα πέταλα, να καθαρίζονται και να στεγνώνει το προϊόν το συντομότερο δυνατό αμέσως μετά τη συλλογή (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Τα στίγματα κατά την διαδικασία συλλογής έχουν 85% υγρασία (UNIDO and FAO, 2005).



Εικόνα 5: Στιγμιότυπα της ανθοφορίας 2018 & 2019 στον πειραματικό αγρό Ν. Σκοπού Σερρών (προσωπικό αρχείο).

1.6 Απόδοση

Γενικά κατά μέσο όρο, ένα στρέμμα αποδίδει 100.000 άνθη, βάρους περίπου 80 κιλών, που παρέχουν περίπου 5 κιλά φρέσκων στιγμάτων και 1 κιλό αποξηραμένου στίγματος (Samrathu et al., 1984; Green, 1995). Τα πιο παραγωγικά έτη του κρόκου θεωρούνται το 3^ο και το 4^ο έτος, καθώς δίνουν τη μεγαλύτερη απόδοση (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Η Λευκή Βίβλος του κρόκου αναφέρει ότι η απόδοση της συλλογής

των ανθέων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο ανθρώπινος παράγοντας, οι συνθήκες καλλιέργειας και περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένας εργάτης μπορεί να συλλέξει μεταξύ 8 – 16 kg ανθέων την ημέρα, σύμφωνα με εκτιμήσεις παραγωγών.

Υπάρχουν αρκετές αναφορές σχετικά με τη μέση απόδοση του *Crocus*, η οποία ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή. Στην Ελλάδα, η μέση απόδοση σε ξηρά στίγματα είναι περίπου 1 κιλό ανά στρέμμα (Κουτσός, 2006) και επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν το φθινόπωρο (Λευκή Βίβλος του Κρόκου). Συγκεκριμένα, στην περιοχή της Κοζάνης, η απόδοση σε άνθη παίρνει τιμές μεταξύ 0,3 έως 1,5 kg ανά στρ., ενώ το 1 kg ανθέων παράγει 72 g νωπά στίγματα και 12 g ξηρά στίγματα. Ενώ για την παραγωγή 1 kg αποξηραμένου στίγματος ανθοφόρησαν 70.000 έως 200.00 άνθη.

1.7 Επεξεργασία του κρόκου

1.7.1. Διαχωρισμός των ανθέων

Μετά τη συγκομιδή των ανθέων σε ειδικά ψάθινα κασόνια, ακολουθεί η μεταφορά τους στο χώρο επεξεργασίας του κρόκου, όπου εκεί οι συλλέκτες εκκενώνουν τα κασόνια σε ειδικούς ατσάλινους μπάγκους. Η επεξεργασία του κρόκου συμβαίνει την ίδια μέρα που γίνεται η συγκομιδή των ανθέων, συνιστώντας μια λεπτή και συλλογική διαδικασία ύψιστης σημασίας, καθώς οδηγεί στο τελικό άρτυμα κρόκος και καθορίζει την τελική ποιότητα του προϊόντος. Αν παρόλα αυτά δεν δύναται ο διαχωρισμός των ανθέων την ίδια μέρα με τη συλλογή τους, τότε τοποθετούνται σε πλαστικά κιβώτια που απλώνονται στο έδαφος σε χώρους με καλό αερισμό και σε στρώματα πάχους μέχρι 10 cm. Ο διαχωρισμός περιλαμβάνει την αφαίρεση των στιγμάτων του στύλου (εμπορεύσιμο τμήμα) από το υπόλοιπο άνθος (στήμονες, πέταλα), ώστε να ξεκινήσει η ξήρανση. Σύμφωνα με τη Λευκή Βίβλο του κρόκου, ο διαχωρισμός παραδοσιακά διενεργείται χειρωνακτικά, ωστόσο στην περιοχή της Κοζάνης, χρησιμοποιούνται ημιαυτόνομες μηχανές που με τη βοήθεια του αέρα διαχωρίζονται τα στίγματα από το υπόλοιπο άνθος (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Όμως και στην περίπτωση πνευματικών μηχανών διαχωρισμού των στιγμάτων απαιτείται χειρωνακτικός διαχωρισμός ώστε να παραχθούν καθαρά στίγματα υψηλής ποιότητας. Στην περιοχή των Σερρών, δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο τρόπο κοπής του προϊόντος, καθώς παίζει ρόλο στην τελική ποιότητα του saffron.

1.7.2 Αποξήρανση στιγμάτων και καθαρισμός

Η ξήρανση και η διαλογή του κρόκου είναι η πλέον ουσιαστικότερη και περίτεχνη εργασία, όπου τα στίγματα χάνουν έως και 20% του αρχικού βάρους και παραλαμβάνεται το πολυπόθητο άρτυμα saffron. Η ξήρανση διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο, καθώς επιφέρει όλες τις απαραίτητες φυσικές, βιοχημικές και χημικές μεταβολές για την απόκτηση των επιθυμητών ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου. Κατά τη ξήρανση, ο κρόκος αναδύει μια ευχάριστη αρωματική ένωση, τη σαφρανάλη (Guenther, 1952) πιθανώς λόγω κάποιας ενζυματικής (Guether, 1952) ή θερμικής διάσπασης (Stahl and Wagner, 1961) της πικρής ένωσης, της πικροκροκίνης.

Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μέσο ξήρανσης (την πηγή θερμότητας), τη θερμοκρασία και τη συνολική διάρκεια της εργασίας τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρόκου μεταβάλλονται (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Σύμφωνα με τους διεθνείς οργανισμούς UNIDO and FAO (2005), για να διατηρηθεί η υψηλή ποιότητα του saffron, οι θερμοκρασίες ξήρανσης θα πρέπει αρχικά να είναι υψηλές (< 90° C) για σύντομο χρονικό διάστημα (< 20 λεπτά) και στη συνέχεια να συνεχίζεται η ξήρανση σε χαμηλότερη θερμοκρασία ($\leq 40^{\circ}$ C). Ανεξάρτητα από τη μέθοδο ξήρανσης, είναι σημαντικό να μην στεγνώσει υπερβολικά και γίνει εύθραυστο στίγμα. Η διάρκεια της ξήρανσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία ξήρανσης που χρησιμοποιείται, καθώς και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία δωματίου, τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος στεγνώματος. Σύμφωνα με Carmona M. et al., 2005, έχει παρατηρηθεί ότι η μέγιστη χρωστική δύναμη αποκτήθηκε όταν ο κρόκος υποβλήθηκε σε υψηλότερες θερμοκρασίες ξήρανσης και για μικρότερη διάρκεια, ενώ η ξήρανση με υψηλή ροή αέρα μείωσε τη συγκέντρωση σαφρανάλης (Gregory et al., 2005). Να σημειωθεί ότι η κροκίνη, ως καρετονοειδές, είναι ευαίσθητη στο φως. Γι' αυτό το λόγο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των στιγμάτων η έκθεση στο φως θα πρέπει να είναι ελάχιστη (Ordoudi & Tsimidou, 2004).

Στο Κασμίρ της Ινδίας, η αποξήρανση των στιγμάτων γίνεται πάνω σε ειδικά σχεδιασμένα ηλιακά αποξηραντήρια. Ο αποξηραμένος πλέον κρόκος περιέχει περίπου 10% υγρασία και πρέπει να αποθηκευτεί σε κατάλληλες συσκευασίες για μεταφορά και προώθησή του στην αγορά (Shah & Tripathi, 2008). Το Ινδικό saffron δεν θεωρείται ανώτερης ποιότητας κυρίως για το λόγο ότι η μακράς διάρκειας ηλιοξήρανση (27-53 ώρες) μπορεί να προκαλέσει αποικοδόμηση και καταστροφή των βιολογικών συστατικών του κρόκου (Sampathu et al., 1984).

Στην περιοχή των Σερρών, η ξήρανση των συλλεχθέντων στιγμάτων του άνθους συμβαίνει σε ειδικά ξηραντήρια. Τα κόκκινα στίγματα ξηραίνονται χωρίς την παρουσία των υπόλοιπων τμημάτων του άνθους (στήμονες, γύρη, πέταλα κλπ), που από εδώ και πέρα θεωρούνται ως ξένο υλικό για το saffron. Όταν τα κόκκινα στίγματα ξηραίνονται μαζί με τους στήμονες μειώνουν την ποιότητα του προϊόντος («ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ I.K.E. – SIRIS», <https://saffronserres.gr/el>). Μια εμπειρική μέθοδος για τη διαπίστωση της επιθυμητής αποξήρανσης των στιγμάτων είναι ο έλεγχος αποκόλλησης των στιγμάτων από την επιφάνεια του κόσκινου στην οποία είχε κολλήσει όσο ήταν νωπός (Λευκή Βίβλος του κρόκου). Τέλος, μετά τη ξήρανση και πριν την αποθήκευση των στιγμάτων σε ειδικά δοχεία γίνεται ο καθαρισμός του, ο έλεγχος της υγρασίας και η ομογενοποίησή του.

1.7.3 Αποθήκευση και συσκευασία

Οι κυριότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά την αποθήκευση είναι η χρονική διάρκεια της διαδικασίας, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία περιβάλλοντος, η υπεριώδης ακτινοβολία και η σύσταση του δείγματος. Στη Δυτική Μακεδονία, μετά τον επιτυχή καθαρισμό των στιγμάτων και του ελέγχου της υγρασίας, ο παραγωγός αποθηκεύει τον κρόκο σε αεροστεγή δοχεία των 2,5 kg, σε βαρέλια των 10 – 15 kg ή σε πλαστικές σακούλες επί 1 έως 2 μήνες. Συνήθως ο κρόκος πωλείται το ίδιο έτος παραγωγής του, ωστόσο μπορεί να διατηρηθεί έως και 5 χρόνια με ποσοστά υγρασίας προϊόντος και περιβάλλοντος 10% και 40 - 60%, αντίστοιχα, ενώ η θερμοκρασία περιβάλλοντος φθάνει τους 4°C (Λευκή Βίβλος του Κρόκου). Για την καλύτερη διατήρηση του κρόκου χρησιμοποιούνται δοχεία που προστατεύουν από το φως και την υγρασία και δε μεταδίδουν οσμή ή γεύση στο προϊόν. Επίσης, λανθασμένοι χειρισμοί κατά τη σφράγιση των συγκεκριμένων δοχείων ή κατά τη μεταφορά στο χώρο αποθήκευσης, οδηγούν στην περαιτέρω απώλεια υγρασίας και των πτητικών αρωματικών ενώσεων του κρόκου (σαφρανάλη). Είναι ζωτικής σημασίας η διεκπεραίωση των σταδίων της αποθήκευσης και συσκευασίας του κρόκου υπό τις βέλτιστες συνθήκες καθώς αυτές θα καθορίσουν τη διατήρηση της αρχικής ποιότητας του προϊόντος μέχρι τη στιγμή κατανάλωσής του.



Εικόνα 6: Συσκευασία και αποθήκευση ξηρών στίγμάτων κρόκου – saffron σε γυάλινα δοχεία για τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους στο εργαστήριο του «ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ Ι.Κ.Ε. – SIRIS» (προσωπικό αρχείο).

1.8 Χημική σύνθεση του κρόκου - Ποιοτικά χαρακτηριστικά

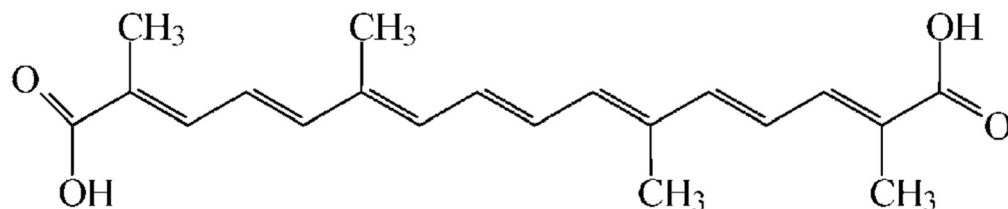
Μετά από τη μελέτη του Abdullaev (2002) πάνω στη φυτοχημική σύνθεση του κρόκου καταγράφηκαν διάφορες πτητικές (πάνω από 150), μη πτητικές (καρετονοειδή, λυκοπένιο και α και β καροτένιο) και άλλες αρωματικές ενώσεις. Τα αποξηραμένα στίγματα περιέχουν κατά προσέγγιση νερό σε ποσοστό 10 -12%, ανόργανα μέταλλα 5 - 7%, λίπος 5 - 8%, πρωτεΐνη 12 – 13%, αναγωγικά σάκχαρα 20 %, ελεύθερα σάκχαρα σε ίχνη, άμυλο 6-7%, πεντοζάνες 6-7%), κόμμεα και δεξτρίνες 9-10 %, ολική κυτταρίνη 4-5%, χρωστική κροκίνης 8-9% και αιθέριο έλαιο 0,3% (Sampathu et al. 1984, Ríos et al., 1996). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με αναλύσεις με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC), το εκχύλισμα του κρόκου αποτελείται από πολυσακχαρίτες όπως η ραμνόζη, γαλακτουρονικό οξύ, γλυκόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη και αραβινόζη (Zhang A. et al., 2019).

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του saffron καθορίζονται από τρεις σημαντικές ενώσεις: κροκίνης, πικροκροκίνη και σαφρανάλη, ενώ παρουσιάζονται σε ίχνη βιταμίνες, όπως ριβοφλαβίνη και θειαμίνη. (Rios Recio et al., 1996; Bouvier F. et al. 2003, Castillo-Lopez et al., 2009). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης των παραπάνω ουσιών διαφέρουν ανάλογα με την προέλευση (εγγενές χαρακτηριστικό), τις συνθήκες επεξεργασίας μετά τη συγκομιδή και τη διάρκεια αποθήκευσης (Teixeira, 2010).

1.8.1 Κροκίνη

Η κροκίνη είναι υδατοδιαλυτή ουσία και σε αυτή οφείλονται το κόκκινο χρώμα του στίγματος και οι χρωστικές ιδιότητες του κρόκου, που είναι οι γλυκοζυλεστέρες της κροκετίνης (Σχήμα 1) και ανήκουν στην ομάδα των καρετονοειδών. Η κροκίνη 1

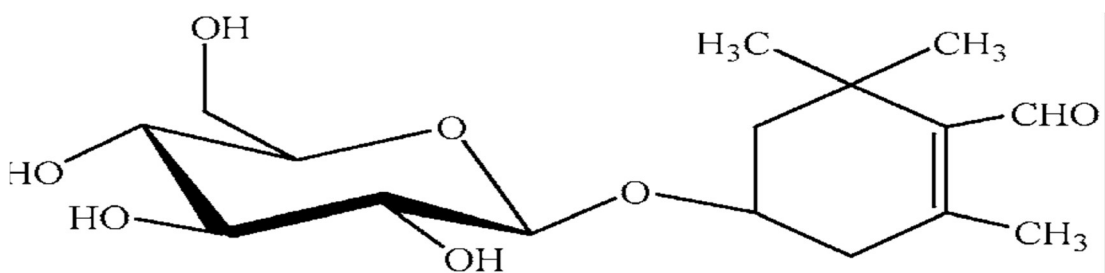
αποτελεί το 40–45% του υδατικού εκχυλίσματος του κρόκου, ακολουθούμενη από την κροκετίνη-(β-D-gentiobiosyl)-(β-D-glucosyl) εστέρα (35%), την κροκετίνη-δι-(β-D-glucosyl) εστέρα(10%), όπως επίσης την κροκετίνη-μονο-(β-D-gentiobiosyl) (2%) και τη μονο -(β-D-glucosyl) εστέρα (2%) (Pfander and Rychener, 1982).



Σχήμα 1. Χημική δομή της κροκετίνης (Ordoudi and Tsimidou, 2004).

1.8.2 Πικροκροκίνη

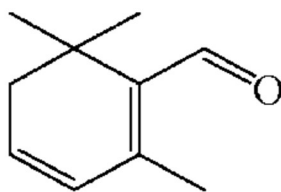
Η πικροκροκίνη είναι άχρωμη και είναι η κύρια ένωση που δίνει την ελαφριά πικάντικη γεύση στα στίγματα του κρόκου. Η χημική ένωσή της είναι ένας γλυκοζίτης ,4-(β-D-γλυκοκυρανοσυλοξύ-2,6,6-τριμεθυλ-1-κυκλοεξάνιο-1-καρβαλδεΐδη)(Teixeira, 2010).



Σχήμα 2. Χημική δομή της πικροκροκίνης (Ordoudi and Tsimidou, 2004).

1.8.3 Σαφρανάλη

Η σαφρανάλη είναι το κυριότερο βιολογικό συστατικό του κρόκου, που είναι υπεύθυνο για το χαρακτηριστικό άρωμά του, καθώς βρίσκεται σε πιο υψηλή αναλογία σε σχέση με τα άλλα πτητικά συστατικά που προσδίνουν στον κρόκο την τελική οσμή του (Sampathu et al., 1984, Tarantilis and Polissiou 1997, Λευκή Βίβλος κρόκου). Λόγω της πτητικότητάς τους, η συγκέντρωση της σαφρανάλης και των υπόλοιπων αρωματικών ενώσεων ποικίλλουν ανάλογα με τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης (Husaini et al., 2010). Επομένως, η ένταση του αρώματος μπορεί να οφείλεται τόσο από το άρωμα των συγκομισθέντων ανθέων, όσο και από τους επόμενους χειρισμούς του κρόκου, διότι οι ενώσεις αυτές μετασχηματίζονται κατά τη διάρκεια του χρόνου (Λευκή Βίβλος του κρόκου).



2,6,6-trimethyl-1,3-cyclohexadien-1-carboxaldehyde (safranal)

Σχήμα 3: Χημική δομή της σαφρανάλης (Ordoudi and Tsimidou, 2004).

1.9 Προσδιορισμός της ποιότητας του Κρόκου

Ο προσδιορισμός της έννοιας «ποιότητας τους κρόκου» είναι αρκετά δύσκολος γίνεται εφόσον ληφθούν υπόψιν μια ακολουθία από ενδογενείς και εξωγενείς παραμέτρους. Οι ενδογενείς παράμετροι περιλαμβάνουν την υγρασία, την περιεκτικότητα του κρόκου σε υπολείμματα ανθών ή ξένες ύλες, τέφρες, το διαλυτό συμπύκνωμα τη χρωστική ισχύς και τις οργανοληπτικές ιδιότητες. Από την άλλη οι εξωγενείς παράμετροι σχετίζονται με την απουσία αλλοιώσεων και των επιπέδων μικροβιακής χλωρίδας και εντομοκτόνων (Λευκή Βίβλος κρόκου)

1.9.1 Τεχνικές προσδιορισμού της ποιότητας του κρόκου

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται διεθνώς για τον έλεγχο της ποιότητας είναι η χρωματομετρία (Hunter Lab), η Φασματοφωτομετρία στο UV-Vis (ISO 3632) και η φασματοσκοπία μαζών APCI-MS (atmospheric pressure chemical ionization-mass spectroscopy), (Yadollahi et al., 2007). Για την εκτίμηση της ποιότητας και επομένως της εμπορικής αξίας του σαφράν υπάρχουν πρωτόκολλα πιστοποίησης που βασίζονται στη μέτρηση της χρωστικής ικανότητας, της πικρότητας της γεύσης και του αρώματος.

Στο Ιράν ο ανάλογος οργανισμός που είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση των ποιοτικών προϊόντων συμπεριλαμβανομένου του κρόκου είναι το Institute of Standard and Industrial Research Organization (ISIROI). Κύριος στόχος του είναι να προσδιορίσει τους κανόνες συσκευασίας, σήμανσης και δειγματοληψίας καθώς και τις μεθόδους δοκιμής (για τη μορφή νημάτων και σκόνης). Στην Ινδία, ο αντίστοιχος οργανισμός είναι το Γραφείο Ινδικών Προτύπων (Bureau of Indian Standards, BIS) και ο προσδιορισμός του σαφράν ορίζεται IS5453: Part 1 (1996) που ισοδυναμεί με τον

ISO3632-1 του 1993, και οι μέθοδοι δοκιμής του σαφράν καθορίζονται από το IS5453: Part 1 (1996) που είναι όμοιο με το ISO3632-2 του 1993 (Husaini et al., 2010)

Όσον αφορά στον Ελληνικό κρόκο, η ποιότητά του πιστοποιείται στην αγορά του διεθνούς εμπορίου σύμφωνα με το Κανονισμό 3632 του Διεθνή Οργανισμού Τυποποίησης (ISO) 3632 από το 1993. Το 1975 εκδόθηκε ένα ειδικό διεθνές πρότυπο για το saffron, το ISO 3632, το οποίο αναθεωρήθηκε πέντε χρόνια αργότερα, ενώ το 1993 βελτιώθηκε ως προς το τεχνικό μέρος. Σήμερα, ο προσδιορισμός της ποιότητας του κρόκου στις διεθνείς εμπορικές συμφωνίες προσδιορίζεται σύμφωνα με το ISO 3632 (2011), χρησιμοποιώντας φασματοφωτομετρία UV-vis. Ωστόσο, το πρότυπο αυτό εμφανίζει κάποιες αδυναμίες, όπως η αδυναμία προσδιορισμού του περιεχομένου της σαφρανάλης που έχει χαμηλή υδατοδιαλυτότητα καθώς και της απορρόφησης των *cis*-κροκινών στην ίδια φασματική περιοχή (Tarantilis et al., 1994). Το saffron σε μορφές νημάτων, κομμένων νημάτων και σε σκόνη κατατάσσεται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες προσδιορίζονται σύμφωνα με τα χημικά χαρακτηριστικά του (Πίνακας 2), και σύμφωνα με τις μεθόδους που ορίζονται στο πρότυπο ISO 3632 – 2 (Φασματομετρία UV-vis)

Πίνακας 3. Ποιοτική κατηγοριοποίηση του saffron βάσει των χημικών χαρακτηριστικών του σε νήματα, σε κομμένα νήματα και σε σκόνη (ISO 3632-1, 2011)

Χαρακτηριστικά	Προδιαγραφές Κατηγοριών		
	I	II	III
Περιεκτικότητα σε υγρασία και πτητικές ουσίες (κλάσμα μάζας), % <u>μέγιστη</u> Ύνες και κομμένα νήματα	12	12	12
	10	10	10
Ένταση της γεύσης (εκφραζόμενη ως πικροκροκίνη) $A^{1\%}_{1\text{cm}}$ 257 nm, επί ξηρής μάζας, <u>Ελάχιστο</u> .	70	55	40
Ένταση αρώματος (εκφραζόμενη ως σαφρανάλη) $A^{1\%}_{1\text{cm}}$ 330 nm, επί ξηρής μάζας, <u>ελάχιστο</u> <u>μέγιστο</u>	20	20	20
	50	50	50
Ένταση χρωστικής (εκφραζόμενη ως κροκίνη) $A^{1\%}_{1\text{cm}}$ 440 nm, επί ξηρής μάζας, <u>ελάχιστο</u> .	200	170	120

1.9.2. 1. Υγρασία

Ο κρόκος που παραδίδεται από τους παραγωγούς-εταίρους του συνεταιρισμού δε θα πρέπει να έχει ποσοστό υγρασίας υψηλότερο από 11,5%. Αν βρεθεί ότι έχει υψηλότερο, τότε το προϊόν αποξηραίνεται σε ειδικό στεγνωτήριο του συνεταιρισμού (Λευκή Βίβλος του Κρόκου).

1.9.2. 2. Φασματοφωτομετρία UV-Vis

Ο προσδιορισμός των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κρόκου πραγματοποιείται με απλουστευμένο τρόπο, με φασματομέτρηση ενός υδατικού εκχυλίσματος σε τρία χαρακτηριστικά μέγιστα απορρόφησης στα 257 nm για την πικροκροκίνη, στα 330 nm για την σαφρανάλη και στα 440 nm για την κροκίνη.

1.10 Χρήσεις κρόκου

Ο κρόκος ως αρτυματικό και φαρμακευτικό φυτό έχει πολυάριθμες εφαρμογές από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Βέβαια, η κύρια χρήση του στη μαγειρική, προσδίδει βελούδινο άρωμα, ευχάριστη γεύση και θαυμάσιο κίτρινο χρώμα, βελτιώνοντας τη γευστικότητα των φαγητών (Forbes,1964). Η ζήτησή του στη βιομηχανία τροφίμων ολοένα αυξάνεται, διότι κυριαρχεί η τάση για αντικατάσταση των συνθετικών χρωστικών ουσιών, των ενισχυτών γεύσης και αρώματος από φυσικά πρόσθετα και χρωστικές τροφίμων. Υπάρχει μεγάλη γκάμα τροφίμων που αρωματίζονται με κρόκο, συμπεριλαμβανομένου των τυροκομικών(κρέμα ή τυρί cottage), bouillabaisse (παραδοσιακή γαλλική ψαρόσουπα), διάφορες σούπες, πουλερικά, διάφορα είδη κρέατος, ρύζι, ζυμαρικά, σοκολάτες, τούρτες και διάφορα επιδόρπια, μίγματα για κέικ και μπέικιν πάουντερ, βούτυρο, μαγιονέζα και πίτες (Basker and Negbi, 1983). Επίσης, χρησιμοποιείται και στην ποτοποιία (Σκρουμπής, 1985) όπως στην παρασκευή λικέρ και συμπυκνωμένων χυμών (Lust, 1978).

Θεωρείται φυσικό προϊόν με μηδενικό κίνδυνο τοξικότητας (Βογιατζή – Καμβούκου, 2004). Οι αντιβακτηριακές, αντιμυκητιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες του ελαίου του κρόκου αναφέρονται για τη χρήση τους στην τεχνολογία τροφίμων, και ιδιαίτερα στην ενίσχυση της συντηρησιμότητας των τροφίμων (Ahmed et al., 2016).

Η χρωστική του κρόκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φυσική βαφή σε υφάσματα προσδίδοντας ένα κίτρινο-πορτοκαλί χρώμα με αυξανόμενη ερυθρότητα. Η χρωματική ιδιότητα του κρόκου ήταν πολύτιμη στα αρχαία χρόνια, όπου οι βαφές και

τα χρωματισμένα ενδύματα ήταν σπάνια, ακριβά και σύμβολα κύρους (Genesis 36:3). Συχνά προοριζόταν για τη βασιλική οικογένεια, όπως για παράδειγμα ο βαμμένος με κρόκο μανδύας των βασιλιάδων της Ιρλανδίας (Baynes and Smith, 1905). Αξίζει να αναφερθεί, ότι στην Αρχαία Αίγυπτο (περίπου το 1000 π.Χ.) ο κρόκος χρησιμοποιούταν στην ταρίχευση ή περιστασιακά για τη βαφή των βαμβακερών καλυμμάτων με τα οποία τύλιγαν τις μούμιες, με κίτρινο για τις γυναίκες και με κόκκινο για τους άνδρες (Bauman 1960). Στην Αρχαία Ελλάδα αποτελούσε πολύτιμη βαφή (Michell, 1940), ενώ στον Ανατολικό κόσμο, ο κρόκος επιλεγόταν ως φυσική βαφή των ράσων των Ινδουιστών και Βουδιστών μοναχών στην Ινδία, το Θιβέτ και την Κίνα (Serrano-Díaz et al., 2013). Τέλος, έχει αναφερθεί ότι το σαφρόν χρησιμοποιήθηκε ως γλάσο σε γυαλισμένο αλουμινόχαρτο, ως ένα φτηνό αλλά αποτελεσματικό αντικατάστατο του χρυσού στα μεσαιωνικά χειρόγραφα (Baynes and Smith, 1905). Επομένως, ο κρόκος δικαιολογημένα θεωρείται ως ο «χρυσός» της γης.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ο κρόκος εκχυλίζεται και μετατρέπεται σε αιθέριο έλαιο που αναδύει το χαρακτηριστικό άρωμα που οφείλεται κυρίως στη σαφρανάλη (C₁₀H₁₄O) (Tarantilis and Polissiou, 1997). Οι Αρχαίοι Έλληνες το θεωρούσαν ως ένα αισθησιακό άρωμα και τον διασκορπούσαν σε αίθουσες, αυλές, θέατρα και σε Ρωμαϊκά λουτρά. Οι δρόμοι της Ρώμης είχαν πασπαλιστεί με κρόκο για την αποδοχή του Ρωμαϊκού Αυτοκράτορα Νέρωνα στην πόλη (Preece, 1968).

Ο κρόκος παρουσιάζει διάφορες δυνατότητες στον τομέα της Ιατρικής και σύμφωνα με τους Basker & Negbi (1983) έχει ευρεία εφαρμογή ως φάρμακο ανά τους αιώνες. Από την αρχαιότητα, το συγκεκριμένο φυτό έχει βρει εφαρμογές στην παραδοσιακή ιατρική πολλών πολιτισμών ως διεγερτικό (Shahnawaz et al., 2017), αφροδισιακό, ενισχυτικό γνωστικής λειτουργίας αλλά και για θεραπεία του τοκετού υψηλού κινδύνου, του βροχίτη, του πυρετού και του πονόλεμου (Rios et al., 1996). Ο πάπυρος Ebers (1550 π.Χ.) αναφέρει ότι ο κρόκος αποτελεί συστατικό για τη θεραπεία νεφρικών προβλημάτων (Baumann, 1960). Ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος (1^{ος} αιώνας μ.Χ.) υποστήριξε ότι η κατάποση του κρόκου έχει γενικές ιδιότητες πανάκειας (Basker and Negbi, 1983). Οι εύποροι Αθηναίοι το εκχύλιζαν και πρόσθεταν λίγες σταγόνες στο κρασί τους (Τερκεσίδου, 2003), καθώς είχε συσταθεί η προσθήκη του σε κάθε γεύμα ως «ένα ευχάριστο καρδιακό φάρμακο», αλλά με τον κίνδυνο ότι οι υπερβολικές ποσότητες λειτουργούσαν ως κατασταλτικό της όρεξης (Μαϊμονίδης, 12ος αιώνας).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες είναι οι βιολογικές και θεραπευτικές επιδράσεις των ουσιών του κρόκου (τα υδατοδιαλυτά καροτενοειδή) ενάντια σε ορισμένους τύπους

καρκίνου, εγκεφαλοαγγειακών και καρδιαγγειακών παθήσεων (Nair et al., 1991, Abdullaev and Frenkel, 1992, Rois et al., 1996). Συγκεκριμένα, οι αντιθρομβωτικές και οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του κρόκου παρεμποδίζουν την εξάπλωση των καρκινικών κυττάρων (Tarantilis. et al., 1994, Abdullaev, 2002). Επιπρόσθετα, έχει προταθεί ως αποτελεσματικό στη θεραπεία μιας ευρείας περιοχής διαταραχών, συμπεριλαμβανομένων των ασθενειών στεφανιαίας αρτηρίας όπως η υπέρταση, οι στομαχικές διαταραχές, η δυσμηνόρροια και οι διαταραχές μάθησης και μνήμης. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι έχει αντιφλεγμονώδη, αντιαθηροσκληρωτικές και κυτταροτοξικές δραστηριότητες (Khazdair. et al., 2015).

Ειδικότερα, το εκχύλισμα του κρόκου μπορεί να θεωρηθεί πολλά υποσχόμενο στη θεραπεία πλήθους διαταραχών του νευρικού συστήματος, μεταξύ άλλων του Αλτσχάιμερ, της κατάθλιψης, του συνδρόμου στέρησης και δρα κατά των σπασμών όπως αποδείχτηκαν σε κλινικές δοκιμές, μελέτες και πειραματικά σε ανθρώπους και ζώα (Khazdair et al., 2015).

Μέχρι στιγμής, η χορήγηση εκχυλίσματος saffron σε δόσεις που κυμαίνονται από 20 έως 200 mg ανά ημέρα για μερικές μέρες έως αρκετές εβδομάδες, βρέθηκε αποτελεσματική και ακίνδυνη, κυρίως σε ασθενείς που πάσχουν από νευρικές και ψυχολογικές διαταραχές, σύμφωνα με έναν αριθμό κλινικών δοκιμών (Christodoulou, 2015).

1.11. Νοθεία

Ο κρόκος από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα λόγω της υψηλής τιμής θεωρούταν ως το αγαθό με την συχνότερη νοθεία. Οι πιο περίτεχνοι έμποροι για να παραπλανήσουν τους αγοραστές προσέφεραν εναλλακτικές βαφές με τροποποιημένες ονομασίες: όπως Ινδικό σαφρόν, γνωστό ως κουρκουμά (*Curucuma longa*), «σαφρόν λιβαδιού» (*Colchicium autumnale*) και κενταύριο (*Cartamus tinctorius*) (Basker and Negbi, 1983). Σήμερα, οι πιο συχνές τεχνικές νοθείας είναι το σφάλμα ή παραποίηση στην επωνυμία ή στην προέλευση του προϊόντος, ανάμειξη με παλιό κρόκο ή με τμήμα του στύλου, ανάμειξη με στήμονες που είχαν προηγουμένως κοπεί και χρωματιστεί και εμπότισμός με ουσίες για να αυξήσου το βάρος των στιγμάτων. Ωστόσο, οι μεγαλύτεροι διανομείς σαφρόν είναι ικανοί να εγγυηθούν την καθαρότητα του προϊόντος ως προς την αληθινή προέλευση και την πιστότητά του μέσω εργαστηριακών αναλύσεων (Basker and Negbi, 1983).

1.12 Σκοπός πειράματος

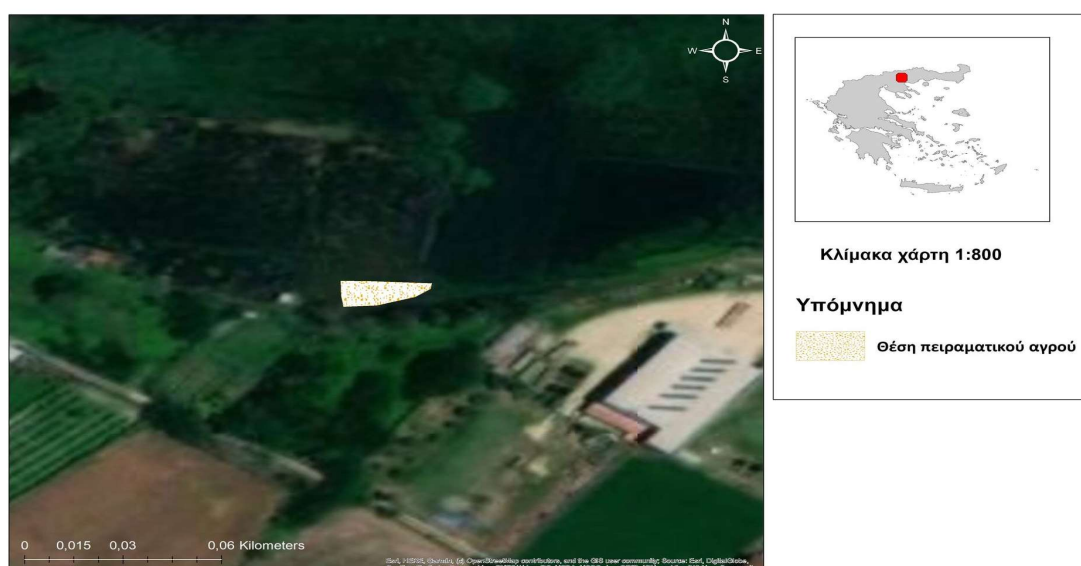
Σε μια προσπάθεια διερεύνησης γεωγραφικών περιοχών στις οποίες ευδοκιμεί η καλλιέργεια του φυτού κρόκου *Crocus sativus* L., αλλά και εμπλουτισμού των σχετικά λιγοστών δεδομένων ως προς την παραγωγικότητα αυτού του φυτού στη χώρα μας, εγκαταστάθηκε μια νέα καλλιέργεια κρόκου υπό μορφή πειραματικού αγρού στην κεντρική Μακεδονία, στο Νέο Σκοπό Σερρών. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της άρδευσης και της λίπανσης . ως προς την απόδοση σε άνθη και στίγματα του αρωματικού – φαρμακευτικού φυτού *Crocus sativus* για τα δύο πρώτα έτη καλλιέργειας.. Εφαρμόστηκαν διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (0%(I1), 75%(I2) και 100%(I3) της ΕΤο), βασικής ((F1:40 kg στρ-1 (11-15-15), F2: 40 kg στρ-1 (11-15-15) μαζί με 3 tn στρ⁻¹ αγελαδινής κοπριάς) και αζωτούχας λίπανσης (N1:0, N1:4 και N2:8 kg στρ-1 (33,5-0-0)). Τα δείγματα επεξεργάστηκαν για να προσδιοριστεί η περιεχόμενη υγρασία και η περιεκτικότητά τους σε πικροκροκίνη, κροκίνη και σαφρανάλη με τις μεθόδους που εφαρμόζονται κατά ISO 3632 1,2:2011. Η βελτίωση των τεχνικών της καλλιέργειας του κρόκου και ο προσδιορισμός του δυναμικού παραγωγής του ως μία πολλά υποσχόμενη πολυετής καλλιέργεια μπορεί να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα περίπτωση με σημαντικά οφέλη για τον Έλληνα παραγωγό και τη γεωργική ανάπτυξη της χώρας.

2.ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Επιλογή πειραματικού αγρού

Το πείραμα διεξήχθη σε ιδιόκτητη γεωργική έκταση στην αγροτική περιοχή του Νέου Σκοπού Σερρών (41 °01'37'' N 23 ° 36'04'' E) όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1. Ο πειραματικός αγρός έκτασης 276 m² αποτελεί μέρος του ιδιόκτητου αγρού 3 στρ. της εταιρίας «ΚΡΟΚΟΣ Σερρών ΙΚΕ ΣΙΡΙΣ», ο οποίος φυτεύτηκε την ίδια καλλιεργητική περίοδο με κρόκο. Ο αγρός είναι περιφραγμένος με δικτυωτό πλέγμα, βρίσκεται σε υψόμετρο 20 m από την επιφάνεια της θάλασσας, έχει νότια κλίση και δεν κατακρατεί βρόχινο νερό.

Το έδαφος του πειραματικού αγρού χαρακτηρίζεται ως αμμοπηλώδες (SL), χονδρόκοκκο, ελαφρύ και αλκαλικό. Ακόμη, παρουσιάζει μια ελαφρά κλίση, μέτριας γονιμότητας και σχετικά πτωχό σε θρεπτικά συστατικά σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την εδαφολογική ανάλυση του πειραματικού αγρού από το εργαστήριο αναλύσεων που έγινε σε βάθος 0 – 30 cm (Πίνακας 2.1).



Εικόνα 2.1. Η δορυφορική άποψη του πειραματικού αγρού (41 °01'37'' N, 23 ° 36'04''E) στο Νέο Σκοπό Σερρών (αριστερά) και η απεικόνιση της θέσης του στην ευρεία περιοχή στο γεωγραφικό χάρτη της Ελλάδας (δεξιά).

Πίνακας 2.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του πειραματικού αγρού στο Νέο Σκοπό Σερρών (Ιούλιος 2018).

Χαρακτηρισμός	Άμμος (%)	Άργιλος (%)	Ίλύς (%)	pH 1:1	Οργανική Ουσία(%)	CaCO ₃ (%)	N (%)	P(%)	EC (μS/cm)
SL	58	26	16	8,3	1,45	24	0,22	0,36	109

2.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα ελήφθησαν από το μετεωρολογικό σταθμό του Αυτοκινητοδρομίου Σερρών που βρίσκεται υπό την ιδιοκτησία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Ο συγκεκριμένος μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται σε υψόμετρο 32 m και σε απόσταση 13 χλμ. από τον πειραματικό αγρό. Τα δεδομένα αυτά αφορούν σε μέσες ημερήσιες τιμές: θερμοκρασίας αέρα, ελάχιστης υγρασίας, μέσης ταχύτητας ανέμου και βροχόπτωσης, καθόλη την περίοδο ανάπτυξης των φυτών τα έτη 2018 και 2019.

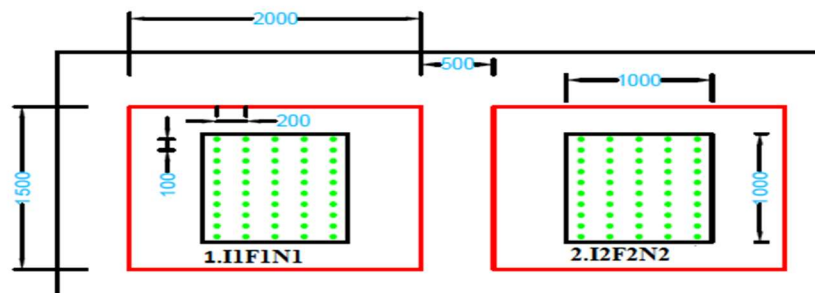
2.3 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο σχεδιάστηκε ως πλήρως τυχαιοποιημένο σε εξετάζοντας δύο παράγοντες το έτος εγκατάστασης (split-plot design), ενώ το δεύτερο έτος προστέθηκε ένας επιπλέον παράγοντας (split-split-plot) σε τρεις επαναλήψεις συγκροτημάτων (blocks). Ο κύριος παράγοντας είναι η άρδευση που εφαρμόστηκε σε τρία επίπεδα [0%(I0), 75%(I1) και 100%(I2) της Εξατμισοδιαπνοής (ET₀)], ο δεύτερος παράγοντας είναι η βασική λίπανση πριν την ανθοφορία (F1:40 kg στρ⁻¹ (11-15-15), F2: 40 kg στρ⁻¹ (11-15-15) αναμειγμένο με 3 tn στρ⁻¹ αγλαδινής κοπριάς) και ο τρίτος είναι η αζωτούχα λίπανση την άνοιξη (N1:0, N2:4 και N3:8 kg στρ⁻¹ (33,5-0-0)(Σχήμα 2.1α).

Η συνολική έκταση του πειραματικού αγρού είναι 12 m (μήκος) x 23 m (πλάτος) ή 276 m². Σε κάθε μεταχείριση εγκαταστάθηκαν 150 βολβοί κρόκου σε 10 σειρές και σε αποστάσεις 0,2 m μεταξύ των σειρών και 0,1 m επί των σειρών. Συνολικά φυτεύτηκαν 8.100 βολβοί. Για τη διευκόλυνση της μετακίνησης μέσα στον πειραματικό αγρό διανοίχθηκαν διάδρομοι 1 m μεταξύ των blocks και 0,5 m μεταξύ των μεταχειρίσεων. Το κάθε block εκτείνεται σε 12 m (μήκος) x 7 m (πλάτος) ή 84 m² και η κάθε μεταχείριση εκτείνεται σε 1,5 m (μήκος) x 2 m (πλάτος) ή 3 m². Η δειγματοληψία γινόταν από το κέντρο της κάθε μεταχείρισης, δηλαδή στο εσωτερικό αγροτεμάχιο με διαστάσεις 1m² που περιλαμβάνει 5 σειρές των 10 βολβών σε ίδιες αποστάσεις. Επομένως, ο συνολικός αριθμός βολβών που πήραν μέρος στη δειγματοληψία είναι 50 βολβοί x 18 μεταχειρίσεις ή 900 βολβοί (Σχήμα 2.1β).

BLOCK 1			BLOCK 2			BLOCK 3		
1. I1F1N1	2. I2F2N2	3. I3F1N3	3. I3F1N3	16. I1F2N2	5. I2F1N1	2. I2F2N2	3. I3F1N3	10. I1F2N1
4. I1F2N3	5. I2F1N1	6. I3F2N2	6. I3F2N2	1. I1F1N1	8. I2F2N3	5. I2F1N1	6. I3F2N2	13. I1F1N3
7. I1F1N2	8. I2F2N3	9. I3F1N1	9. I3F1N1	4. I1F2N3	11. I2F1N2	8. I2F2N3	9. I3F1N1	16. I1F2N2
10. I1F2N1	11. I2F1N2	12. I3F2N3	12. I3F2N3	7. I1F1N2	14. I2F2N1	11. I2F1N2	12. I3F2N3	1. I1F1N1
13. I1F1N3	14. I2F2N1	15. I3F1N2	15. I3F1N2	10. I1F2N1	17. I2F1N3	14. I2F2N1	15. I3F1N2	4. I1F2N3
16. I1F2N2	17. I2F1N3	18. I3F2N1	18. I3F2N1	13. I1F1N3	2. I2F2N2	17. I2F1N3	18. I3F2N1	7. I1F1N2

Σχήμα 2.1α. Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο πειραματικού αγρού συνολικής έκτασης 276 m² με δύο παράγοντες για την καλλιέργεια κρόκου στο Νέο Σκοπό Σερρών την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019. Αριθμημένα πειραματικά τεμάχια: 2m x 1,5 m, διάδρομος 1m και blocks: 12m x 7m. Μεταχειρίσεις είναι η άρδευση: I1 (ξηρικό), I2 (75%) και I3 (100%) της ΕΤο, η βασική λίπανση: F1:40 kg στρ⁻¹ (11-15-15), F2: 40 kg στρ⁻¹ (11-15-15) + 3 tn στρ⁻¹ βιολογικό] και αζωτούχα λίπανση: (N1:0, N2:4 και N3:8 kg στρ⁻¹ (νιτρική αμμωνία (33,5-0-0).



Σχήμα 2.1β. Το δειγματοληπτικό αγροτεμάχιο με διαστάσεις 1m² που περιλαμβάνει 5 σειρές των 10 βολβών ή 50 βολβοί/ m² σε αποστάσεις 0,2 m μεταξύ των σειρών και 0,1 m επί των σειρών.

2.4. Καλλιεργητικές φροντίδες

2.4.1 Προετοιμασία του αγρού

Η προετοιμασία του αγρού περιλάμβανε δύο βαθιά οργώματα, το πρώτο στις αρχές Ιουνίου του 2018 και το επόμενο στις αρχές Ιουλίου του 2018. Λίγες μέρες μετά, ακολούθησε επεξεργασία του εδάφους με ripper (υπεδαφοκαλλιεργητής) και ελαφρύ φρεζάρισμα, ώστε το έδαφος να αποκτήσει την επιθυμητή δομή για την ορθή φύτευση των μητρικών βολβών κρόκου.

Στις 04/08/2018 (11 μέρες πριν τη φύτευση των βολβών) έγινε ρίψη ζεόλιθου και ουρίας σε όλο το χωράφι που βρίσκεται ο πειραματικός αγρός σε ποσότητα ίση με 230 g /στρ.

Στις 09/08/2018 πραγματοποιήθηκε η χωροθέτηση του πειράματος με τη βοήθεια ξύλινων πασσάλων και διαχωριστικής ταινίας, ώστε να οριοθετηθούν τα αγροτεμάχια και οι διάδρομοι στις αποστάσεις που προαναφέρθηκαν.



Εικόνα 2.4.1: Χωροθέτηση αγροτεμαχίων με τη χρήση ξύλινων πασσάλων και ταινίας για τη δημιουργία επιφάνειας $2 \text{ m} * 1,5 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$ (προσωπικό αρχείο)

2.4.2 Επεξεργασία και εγκατάσταση πολλαπλασιαστικού υλικού

Τον Αύγουστο του 2018, έγινε η προμήθεια των μητρικών βολβών κρόκου *Crocus sativus* L. από την εταιρεία «ΚΡΟΚΟΣ ΣΕΡΡΩΝ ΣΙΡΙΣ ΙΚΕ» με διάμετρο πάνω από 2,5 cm, περίμετρο 8-9 cm και με ομοιόμορφη ανάπτυξη (Εικόνα 2.4.2). Η επεξεργασία των βολβών αφορούσε αρχικά τον καθαρισμό τους από ξένες ύλες (πέτρες, χώμα) και το διαχωρισμό τους από τους βολβούς μικρότερης διαμέτρου μέσω ενός μηχανικού κόσκινου-διαχωριστή. Αμέσως μετά, πραγματοποιήθηκε η απολύμανση των βολβών με εμβάπτιση σε μυκητοκτόνο και εν συνεχεία, μεταφέρθηκαν σε ειδικές σχάρες ξήρασης για στέγνωμα πριν μεταφερθούν στο χωράφι

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας έγινε στα μέσα Αυγούστου του 2018 ως γραμμική καλλιέργεια, σε αυλάκια φύτευσης που διανοίχθηκαν χειρωνακτικά με τσάπα σε βάθος φύτευσης 15 cm και στις προαναφερθείσες αποστάσεις. Ακόμη, για την ορθή εγκατάσταση των μητρικών βολβών, χρησιμοποιήθηκαν: ράμμα (επίδειξη σειρών), μικρότερου μεγέθους τσάπες και μετροταινία. Συνολικά, για την φύτευση 8100 βολβών σε 54 πειραματικά τεμάχια των 3 m^2 , χρειάστηκαν 24 εργατοώρες (Εικόνα 2.4.2). Τέλος, για την οριοθέτηση της έκτασης που πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία από κάθε αγροτεμάχιο, τοποθετήθηκαν επιπρόσθετοι ξύλινοι πάσσαλοι

και διαχωριστική ταινία, ώστε να σχηματιστεί επιφάνεια 1 m² και με πυκνότητα φύτευσης 50 βολβοί/ m².



Εικόνα 2.4.2. (Αριστερά) Απολυμασμένοι βολβοί κρόκου με διάμετρο πάνω από 2,5 cm, περίμετρο 8-9 cm και με ομοιόμορφη ανάπτυξη. (Δεξιά) Εγκατάσταση βολβών κρόκου χειρωνακτικά με τη βοήθεια ράμματος και τσάπας για τη διάνοιξη του αυλακιού φύτευσης σε βάθος 15 cm. (προσωπικό αρχείο)

2.4.3. Λίπανση

2.4.3.1. Βασική Λίπανση

Στις 13/8/2018, δηλαδή 2 μέρες πριν τη φύτευση των βολών, εφαρμόστηκε βασική λίπανση για τη δημιουργία 2 μεταχειρίσεων, για την κατάλληλη προετοιμασία των φυτών για ανθοφορία. Προηγήθηκε η ακριβής ζύγιση της ποσότητας του κοκκώδους λιπάσματος, αλλά και της χωνεμένης αγελαδινής κοπριάς. Η σύνθεση της αγελαδινής κοπριάς ήταν 20% N, 0.4% P₂O₅, 0.16% K₂O, 0.5% και MgO 0.1%. Τα λιπάσματα τοποθετήθηκαν σε χάρτινα και πλαστικά δοχεία και μεταφέρθηκαν στον αγρό, οποίος παρέμεινε καθαρός από ζιζάνια. Τα αγροτεμάχια που δέχθηκαν και είδη λιπασμάτων, αναμείχθηκαν σε κόσκινο (Εικόνα 2.4.3.1). Η εφαρμογή των λιπασμάτων έγινε κυρίως χειρωνακτικά στα πεταχτά, αλλά για την ορθή ενσωμάτωση των λιπασμάτων στο έδαφος χρησιμοποιήθηκε τσουγκράνα και ακολούθησε διαβροχή των αγροτεμαχίων με λάστιχο. Οι ποσότητες ανά αγροτεμάχιο για κάθε τύπο λιπάσματος ήταν οι εξής:

- F1: 120g /3m² μικτό συμβατικό λίπασμα 11-15-15
- F2: 120g /3m² μικτό συμβατικό λίπασμα 11-15-15 + 3 kg /3m² βιολογικό (αγελαδινή κοπριά)

Η επόμενη εφαρμογή της βασικής λίπανσης πραγματοποιήθηκε ένα χρόνο μετά την εγκατάσταση της καλλιέργειας στις 17/8/2019 με την ίδια μέθοδο και ποσότητα που περιεγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι στο έδαφος υπήρχαν ήδη οι θυγατρικοί βολβοί.



Εικόνα 2.4.3.1. (Αριστερά) Ανάμειξη συμβατικού κοκκώδους λιπάσματος με τη χονεμένη αγελαδινή κοπριά σε κόσκινο. (Δεξιά) Εφαρμογή βασικής λίπανσης 13/8/2018.(προσωπικό αρχείο)

2.4.3.2 Επιφανειακή Λίπανση

Στις 27/4/2019, εφαρμόστηκε η επιφανειακή λίπανση για τη δημιουργία 3 μεταχειρίσεων. Τη συγκεκριμένη περίοδο, το φυτό βρίσκεται στο τέλος της φάσης δραστηριότητας και η λίπανση αποσκοπεί στην ενίσχυση των θυγατρικών βολβών που αναπτύσσονται στη βάση των μητρικών. Το αζωτούχο λίπασμα που εφαρμόστηκε είχε ποσοστό ολικού αζώτου 33,5% (νιτρικό N 50,6% και αμμωνιακό N 49,6%). Οι ποσότητες ανά αγροτεμάχιο για το αζωτούχο λίπασμα ήταν οι εξής:

- N1:0 kg στρ⁻¹ (μάρτυρας)
- N2:4 kg στρ⁻¹ ή 12 g/ 3 m² συμβατικό αζωτούχο (33,5-0-0)
- N3:8 kg στρ⁻¹ ή 24 g/ 3 m² συμβατικό αζωτούχο (33,5-0-0)

Η μέθοδος εφαρμογής ήταν η ίδια με τη βασική λίπανση.

2.4.4. Άρδευση

Μετά την εγκατάσταση των δύο βροχόμετρων στα όρια του χωραφιού (Εικόνα 2.4.4), εγκαταστάθηκε το αρδευτικό σύστημα καταιονισμού (22/08/2018) αποτελούμενο από τον κεντρικό οριζόντιο αγωγό Φ32 και τους 6 αγωγούς άρδευσης Φ25 που τοποθετήθηκαν σε κάθε αρδευόμενη γραμμή με τους μικροεκτοξευτήρες

ακτίνας $r = 1,2$ m (ή διάμετρο $D = 2,6$ m) σταθερής παροχής 33 l/h σε κάθε φυτεμένο βολβό. Η υδροληψία γινόταν στο κέντρο του κάθε αγροτεμαχίου, καθώς εκεί βρισκόταν ο κάθε μικροεκτοξευτήρας (Εικόνα 2.4.4). Ακόμη, εγκαταστάθηκαν 2 υδρόμετρα στα σημεία σύνδεσης του κεντρικού αγωγού και των γραμμών άρδευσης, ώστε να γίνεται μέτρηση του πραγματικού όγκου και της πίεσης του νερού που το διαπερνά. Οι ποσότητες του νερού που δέχθηκαν οι φυτεμένοι βολβοί επιλέχθηκαν σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο και με βάση του υπολογισμού της Βασικής Εξατμισοδιαπνοής με την τροποποιημένη μέθοδο των Blandey-Criddle. Τα μετεωρολογικά και γεωγραφικά στοιχεία που λήφθηκαν υπόψιν ήταν η ημερήσια ελάχιστη σχετική υγρασία (RH_{min}), η ημερήσια μέση θερμοκρασία (T_{mean}), η μέση ημερήσια ταχύτητα του αέρα σε ύψος 2m (v_2), το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (41), ενώ ο φυτικός συντελεστής (Kc) ήταν μηδενικός καθώς οι βολβοί δεν είχαν βλαστήσει μέχρι το πέρας των αρδεύσεων.

Το φθινόπωρο του 2018 πραγματοποιήθηκαν 3 αρδεύσεις με μεσοδιάστημα 15 ημερών και ακολούθησαν άλλες 3 αρδεύσεις το φθινόπωρο του 2019 με ίδιο μεσοδιάστημα. Οι ημερομηνίες των αρδεύσεων, καθώς τα ύψη της βροχοπτώσης συνοψίζονται στους Πίνακες 2.4.1 και 2.4.2, αντίστοιχα. Οι συνολικές ποσότητες νερού που δέχθηκαν τα πειραματικά τεμάχια το φθινόπωρο του 2018 ήταν περί τα 35, 142 και 178 mm για τα επίπεδα I0, I1 και I2 αντίστοιχα, συνυπολογιζόμενων των βροχοπτώσεων της δεδομένης περιόδου (συνολικά 34,6 mm), ενώ για το φθινόπωρο του 2019 οι συνολικές ποσότητες νερού έλαβαν τιμές περί τα 160, 257 και 290 mm για τα επίπεδα I0, I1 και I2 αντίστοιχα, συνυπολογιζόμενων των βροχοπτώσεων (με συνολικό ύψος 159,8 mm).

Πίνακας 2.4.1. Ημερομηνίες και δόσεις άρδευσης στα πειραματικά τεμάχια I0, I1 και I2 κατά την περίοδο ανάπτυξης του κρόκου στο Ν. Σκοπό Σερρών, την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019.

Ημερομηνία	I1 (mm)	I2 (mm)	I3(mm)
29/8/2018	0	44	60,5
15/9/2018	0	38,5	50
2/10/2018	0	25	33
Σύνολο(2018)	0	107,5	143,5
18/8/2019	0	37	50
1/9/2019	0	34	45
16/9/2019	0	26	35
Σύνολο(2019)	0	97	130

Πίνακας 2.4.2. Ημερομηνίες και ύψη (mm) βροχόπτωσης κατά την περίοδο αρδεύσεων μέχρι το τέλος της συγκομιδής της καλλιέργειας το 2018 & 2019 στο Νέο Σκοπό Σερρών.

Ημερομηνία	mm βροχόπτωσης
12/9/2018	0,6
28/9/2018	0,2
30/9/2018	1,6
1/10/2018	1,2
20/10/2018	0,4
18/11/2018	21,6
19/11/2018	2,2
20/11/2018	1,4
21/11/2018	4,6
22/11/2018	0,6
23/11/2018	0,2
Σύνολο(2018)	34,6
15/8/2019	25
6/9/2019	0,8
19/9/2019	9
20/9/2019	4,2
21/9/2019	0,2
24/9/2019	17,6
25/9/2019	0,2
3/10/2019	4,2
4/10/2019	8,6
5/10/2019	0,2
6/10/2019	0,2
7/10/2019	8,6
8/10/2019	9
11/10/2019	0,4
17/10/2019	0,2
19/10/2019	0,2
23/10/2019	0,2
27/10/2019	0,2
29/10/2019	0,2
31/10/2019	10,2
1/11/2019	3,4
2/11/2019	0,4
4/11/2019	1,2
5/11/2019	0,2
6/11/2019	0,2
7/11/2019	2,8
8/11/2019	9,8
9/11/2019	0,2
10/11/2019	3,4
11/11/2019	0,2
12/11/2019	1
13/11/2019	16
14/11/2019	20,4
15/11/2019	0,2
16/11/2019	0,2
17/11/2019	0,8
Σύνολο(2019)	159,8

Κα την περίοδο Μαρτίου – Μαΐου το συνολικό ύψος βροχής έφθασε τα 142 mm που θεωρήθηκε επαρκής για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

2.4.5. Αντιμετώπιση Ζιζανίων

Στην καλλιέργεια καθ' όλη την καλλιεργητική περίοδο δεν χρησιμοποιήθηκαν χημικά μέσα και ουσίες για την καταπολέμηση των ζιζανίων. Η απομάκρυνση των ζιζανίων έγινε με το χέρι και με τη βοήθεια μικρών μαχαιριών γύρω από κάθε φυτό με επισταμένη προσοχή λόγω της μικρής ανάπτυξης του φυτού και τη μεγάλη ευαισθησία του βολβού. Ωστόσο, στους διαδρόμους πραγματοποιήθηκε σκάλισμα και τσάπισμα των ζιζανίων, μειώνοντας τον ανταγωνισμό ως προς τα θρεπτικά, το νερό αλλά και της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω φυτοκάλυψης από τα ζιζάνια. Οι χειρωνακτικές επεμβάσεις ξεκίνησαν το φθινόπωρο του 2018, μετά τις πρώτες αρδεύσεις (1^η: 22/09/2018, 2^η: 09/10/2018 και 3^η: 14/10/2018) και κατά τη διάρκεια της 1^{ης} συγκομιδής (11/11/2018). Από τον Μάρτιο μέχρι τον Ιούλιο πραγματοποιήθηκαν συνολικά 5 ξεβοτανίσματα, στις 17/8/2019 πραγματοποιήθηκε ακόμη ένα, ενώ η τελευταία απομάκρυνση ήταν στις 26/10/2019, λίγες μέρες πριν την 2^η συγκομιδή.

Στον πειραματικό αγρό κατά τη διετή καλλιέργεια του κατεγράφησαν τα εξής εαρινά και φθινοπωρινά ζιζάνια: κυρίως αντράκλα (*Portulaca oleracea*), αγριάδα (*Cynodon dactylon*), βέλιουρας (*Sorghum halpense*), βλήτο τραχύ (*Amaranthus retroflexus*), τριβόλι (*Tribulus terrestris*), κύπερη κίτρινη (*Cyperus esculentus*), αγριομπαμπακιά (*Abutilon theophrasti*) και μουχρίτσα (*Echinochloa crus-galli*).

2.4.6. Δειγματοληψία-Μετρήσεις

Η περίοδος συλλογής του κρόκου στην Ελλάδα είναι το φθινόπωρο, με διάρκεια ανθοφορίας έως και ένα μήνα. Τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης του *Crocus sativus*, πραγματοποιήθηκαν 26 κοπές με ημερομηνία έναρξης ανθοφορίας 25/10/2018 και ημερομηνία λήξης 25/11/2018, ενώ το δεύτερο χρόνο της καλλιέργειας κρόκου, το σύνολο των κοπών ήταν 12 καθώς η ανθοφορία ξεκίνησε από τις 1/11/2019 έως τις 17/11/2019. Η δειγματοληψία γινόταν καθημερινά ή ανά 2 ημέρες τις πρωινές ώρες και περιλάμβανε την κοπή των ανθέων χειρωνακτικά από το κάθε κεντρικό υποτεμάχιο 1m² (Εικόνα 16). Με προσεκτικές κινήσεις του χεριού κοβόταν το άνθος από τη βάση του στύλου, ώστε να μη διαχωριστούν τα στίγματα. Στη συνέχεια, τα δείγματα από κάθε υποτεμάχιο, τοποθετούνταν σε χάρτινα κουτιά (σύνολο 54 κουτιά) (Εικόνα 16) και μεταφέρονταν στον εργαστηριακό χώρο της εταιρείας «ΚΡΟΚΟΣ Σερρών ΙΚΕ ΣΠΙΣ» στο Νέο Σκοπό Σερρών, όπου γινόταν την ίδια ημέρα η επεξεργασία του κρόκου και οι μετρήσεις σύμφωνα με το πειραματικό πλάνο. Αρχικά, γινόταν μέτρηση

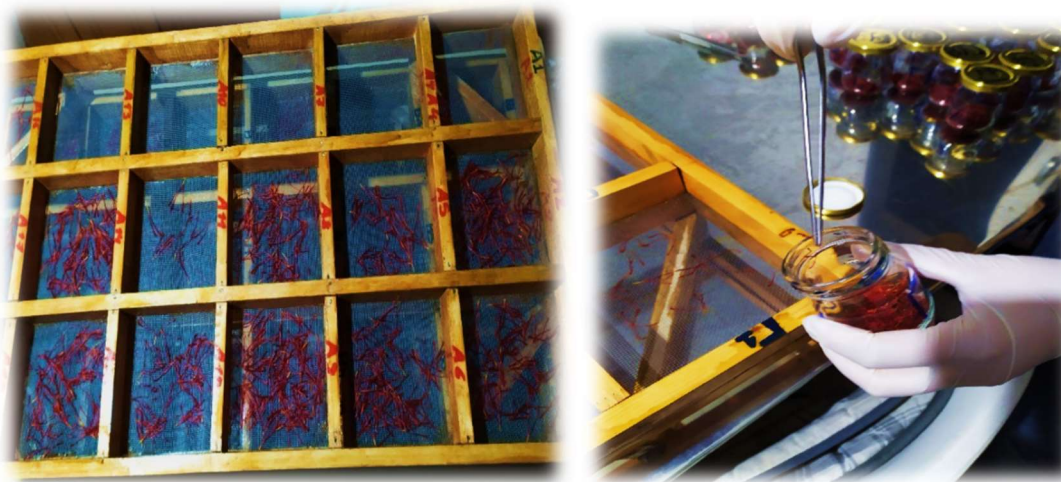
του αριθμού των ανθέων ανά υποτεμάχιο ανά ημέρα κοπής και του χλωρού βάρους τους ανά υποτεμάχιο ανά ημέρα κοπής. Έπειτα, γινόταν προσεκτικός διαχωρισμός των στιγμάτων από το υπόλοιπο μέρους του άνθους και μέτρηση του χλωρού βάρους των στιγμάτων ανά υποτεμάχιο και ανά ημέρα κοπής (Εικόνα 17). Ύστερα, ακολουθούσε η μεταφορά των χλωρών στιγμάτων με τη βοήθεια αποστειρωμένης μεταλλικής λαβίδας σε κατάλληλα σχεδιασμένες σίτες για το διαχωρισμό κάθε υποτεμαχίου και οδηγούνταν στο δωμάτιο ξήρανσης, όπου παρέμεναν για περίπου 8 ώρες σε συνθήκες θερμοκρασίας 26 - 28°C και σχετικής υγρασίας 30 – 40% (Εικόνα 18). Με το πέρας των 8 ωρών, γινόταν έλεγχος της υφής των ξηρών στιγμάτων και της ύπαρξης υπολειμμάτων γύρης ή ξένων σωμάτων (χόμα, ξερά χόρτα) και μεταφέρονταν από τις σίτες στα δοχεία αποθήκευσης με τη βοήθεια αποστειρωμένης μεταλλικής λαβίδας.(Εικόνα 18) Για την αποθήκευση των δειγμάτων που έχουν τη μορφή ολόκληρων ή κομμένων ξηρών νημάτων, χρησιμοποιήθηκαν 54 αποστειρωμένα αεροστεγή γυάλινα δοχεία μικρού μεγέθους. Με το τέλος της ανθοφορίας, γινόταν η τελευταία μέτρηση που αφορούσε το συνολικό ξηρό βάρος των στιγμάτων ανά υποτεμάχιο. Η ίδια ενέργεια επαναλήφθηκε και για τις δύο χρονιές. Να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις βάρους έγιναν με τη χρήση ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας και ο χώρος επεξεργασίας του κρόκου βρισκόταν σε πλήρως αποστειρωμένες συνθήκες.



Εικόνα 7: (αριστερά) Ανθοφορία καλλιέργειας κρόκου (*Crocus sativus*) και (δεξιά) συγκομιδή ανθέων χειρωνακτικά σε κουτιά για την περαιτέρω καταμέτρησή τους το Νοέμβριο του 2019 στο Ν. Σκοπός Σερρών. (ιδιόκτητο αρχείο)



Εικόνα 8: (αριστερά) Ο ηλεκτρονικός ζυγός ακριβείας που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του χλωρού βάρους ανθέων και στιγμάτων, αλλά και του ξηρού βάρους στιγμάτων. (Δεξιά) Ο διαχωρισμός των στιγμάτων από το υπόλοιπο άνθος με το χέρι (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 9: (αριστερά) Κόκκινα στίγματα κρόκου ξηραίνονταν σε κατάλληλα σχεδιασμένες σίτες για περίπου 8 ώρες στο θάλαμο ξήρανσης. (δεξιά) Μεταφορά ξηρών στιγμάτων (saffron) από τις σίτες στα αποστειρωμένα αεροστεγή γυάλινα δοχεία αποθήκευσης με τη βοήθεια αποστειρωμένης μεταλλικής λαβίδας (προσωπικό αρχείο).

2.5. Πειρατικό μέρος της ανάλυσης των κύριων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου

Το τελευταίο στάδιο του πειραματικού μέρους της παρούσας πτυχιακής μελέτης αφορά στις αναλύσεις των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων κρόκου των δύο πρώτων ετών καλλιέργειας στο Ν. Σκοπό Σερρών που έλαβαν χώρα στο Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας και Γεωργικής Φαρμακολογίας του Τμήματος ΓΦΠΑΠ του Π.Θ.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ποιότητας των δειγμάτων του κρόκου, ακολουθούν το πρότυπο ISO 3632-2:2011 και περιλαμβάνουν την προετοιμασία των δειγμάτων του κρόκου, τον προσδιορισμό της υγρασίας και των

πτητικών ουσιών και τον προσδιορισμό των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου.

2.5.1. Προετοιμασία δειγμάτων κρόκου

Κατά την προετοιμασία των δειγμάτων κρόκου γίνεται θραύση των νημάτων κρόκου (είτε ολόκληρα είτε κομμένα μέχρις ότου προκύψει σκόνη κρόκου (powder) και ακολούθως κοσκίνισμα ώστε να είναι ομογενοποιημένο το δείγμα.

2.5.1.1. Υλικά

A. Θραυστήρας – μπλέντερ, που πρέπει να πληροί τις εξής προδιαγραφές:

- Να είναι εύκολος στη χρήση και στον καθαρισμό.
- Να επιτρέπει μια γρήγορη και ομοιόμορφη σύνθλιψη, χωρίς την αύξηση θερμοκρασίας και υγρασίας των δειγμάτων.
- Να εμποδίζει όσο το δυνατόν την επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.
- Να επιτρέπει την ανάκτηση όλου του κονιορτοποιημένου δείγματος, χωρίς την ύπαρξη υπολειμμάτων στη συσκευή.
- Να μην εισέρχονται ξένα σώματα στο δείγμα.

B. Κόσκινο με σπές διαμέτρου 500 μm.

2.5.1.2. Μέθοδος για ολόκληρα ή κομμένα νήματα

Συνθλίβουμε τα νήματα κρόκου στο μπλέντερ έως ότου γίνουν σκόνη και ακολούθως τα περνάμε από το κόσκινο έως ότου περάσει το 95% του δείγματος. Ύστερα, ενσωματώνουμε ότι παρέμεινε στο κόσκινο και ομογενοποιούμε (Εικόνα 19).

2.5.2. Προσδιορισμός της υγρασίας και των πτητικών ουσιών του κρόκου

Η περιεκτικότητα του κρόκου σε υγρασία και σε πτητικές ουσίες αποτελεί σπουδαίο ποιοτικό χαρακτηριστικό και οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από 10 – 12% αν πρόκειται για αποξηραμένα νήματα (ολόκληρα ή κομμένα), σύμφωνα με την τεχνική προδιαγραφή ISO 3632-1:2010 εδάφιο 6 Πίνακας 2. Αν το δείγμα βρεθεί με υψηλότερο ποσοστό, τότε πρέπει να μεταβεί ξανά σε αποξήρανση.

2.5.2.1. Υλικά

A. Γυάλινη κάψα

B. Αναλυτικός ζυγός 0,0001 g (KERN ALS 2204)

Γ. Κλίβανος με δυνατότητα λειτουργίας στους $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Δ. Γυάλινος αφυγραντήρας

2.5.2.2. Μέθοδος

Σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO 3632-2:2011 εδάφιο 7, προτείνεται η ακόλουθη διαδικασία για τον προσδιορισμό της υγρασίας και των πτητικών στοιχείων του κρόκου σε μορφή νημάτων (ολόκληρων ή κομμένων) ή σε μορφή σκόνης: Τα δείγματα ζυγίζονται σε αναλυτική ζυγαριά ακριβείας 2,5 g κρόκου σε γυάλινη κάψα και τοποθετείται σε κλίβανο στους 103°C επί 16 ώρες. Με το πέρας αυτών των ωρών, η γυάλινη κάψα καλύπτεται και αφήνεται να κρυώσει στον γυάλινο αφυγραντήρα. Ακολούθως, ζυγίζεται το δείγμα στην αναλυτική ζυγαριά ακριβείας. Ο προσδιορισμός της υγρασίας και των πτητικών ουσιών γίνεται μέσω του τύπου:

$$w_{\text{MV}} = (m_0 - m_4) \times \frac{100}{m_0} \%$$

Όπου m_0 είναι η αρχική μάζα του δείγματος (σε g), m_4 είναι η μάζα του δείγματος μετά από την ξήρανση (σε g).

2.5.3 Προσδιορισμός των κύριων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου με τη χρήση της μεθόδου της φασματοφωτομετρίας υπεριώδους ορατού.

Η μέθοδος της φασματοφωτομετρίας επιτρέπει τον προσδιορισμό των κύριων χαρακτηριστικών του κρόκου όσον αφορά στην περιεκτικότητά τους σε πικροκροκίνη, σαφρανάλη και κροκίνη και έχει σκοπό την κατάταξη των υπό εξέταση δειγμάτων που συλλέχθηκαν τις χρονιές 2018-2019 σε μία από τις τρεις ποιοτικές κατηγορίες (I,II,III).

Η αρχή στην οποία βασίζεται η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η μέτρηση της μεταβολής της οπτικής πυκνότητας σε μήκος κύματος 200 nm και 700 nm ενός υδατικού εκχυλίσματος σε συνθήκες περιβάλλοντος.

2.5.3.1. Υλικά

A. Φασματοφωτόμετρο με δυνατότητα μέτρησης της απορρόφησης στο υπεριώδες – ορατό φάσμα (UV – Vis) σε μήκη κύματος μεταξύ 200 – 700 nm (Kontron Spectrophotometer UV-Vis UVIKON 922) του Εργαστηρίου Φυτοπαθολογίας του Τμήματος ΓΦΠΑΠ του Π.Θ.

B. Ογκομετρικές φιάλες, κλάσης A, χωρητικότητας 200 mL και 1000 mL

Γ. Σιφόνιο μέτρησης, βαθμού A, 20 mL.

Δ. Μembrάνη διήθησης κατασκευασμένη από υδρόφιλο φίλτρο πολυτετραφθοροαιθυλενίου (PTEE) με διάμετρο οπών 0,45 μm.

E. Μαγνητικός αναδευτήρας

ΣΤ. Κυψελίδα από κρύσταλλο χαλαζία (quartz) με διαδρομή 1 cm

H. Αναλυτικός ζυγός 0,0001 g (KERN ALS 2204)

2.5.3.2. Μέθοδος

Σύμφωνα με την τεχνική προδιαγραφή ISO /TS 3632-2, εδάφιο 14, η εφαρμοζόμενη διαδικασία είναι η εξής: Αρχικά 0,5 g των δειγμάτων κρόκου, που έχουν υποστεί προετοιμασία (κεφάλαιο 2.5.1.2), ζυγίζονται σε αναλυτική ζυγαριά με ακρίβεια $\pm 0,0001$ g και μεταφέρονται σε γυάλινη ογκομετρική φιάλη των 1000 mL, όπου προστίθεται απιονισμένο νερό μέχρι τα $\frac{3}{4}$ της φιάλης και η μαγνητική ράβδος. Το μείγμα αναδεύεται με τη βοήθεια του μαγνητικού αναδευτήρα (στις 1000 στροφές/λεπτό) επί μία ώρα και μακριά από το φως. Έπειτα, απομακρύνεται η μαγνητική ράβδος και συμπληρώνεται απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή της φιάλης. Το δείγμα σφραγίζεται με γυάλινο πώμα και αναδεύεται. Στη συνέχεια, με σιφόνιο λαμβάνονται 20 mL του διαλύματος και εισάγονται σε ογκομετρική φιάλη των 200 mL, όπου προστίθεται απιονισμένο νερό μέχρι τη χαραγή. Η φιάλη σφραγίζεται με γυάλινο πώμα και ομογενοποιείται με ανάδευση. Το διάλυμα διηθείται αμέσως και απουσία φωτός μέσω διηθητικής μεμβράνης PTEE, της οποίας η διάμετρος των οπών είναι 0,45 μm, με σκοπό την παραγωγή ενός διαυγούς διαλύματος. Μέρος αυτού του διαλύματος τοποθετείται σε κυψέλη από κρύσταλλο χαλαζία και καταγράφεται η διακύμανση της απορρόφησης μεταξύ 200 και 700 nm, χρησιμοποιώντας ως μάρτυρα απιονισμένο νερό. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίζεται η απορρόφηση σε τρία μήκη κύματος (λ_{max}): 257 nm όπου η πικροκροκίνη παρουσιάζει το μέγιστο επίπεδο απορρόφησης της, στα 330 nm (λ_{max}), όπου η σαφρανάλη παρουσιάζει τη μέγιστη απορρόφησης της και στα

440 nm (λ_{\max}), όπου η κροκίνη παρουσιάζει τη μέγιστη απορρόφησή της (προσδιορισμός της χρωστικής δύναμης). Στα τρία μήκη κύματος υπολογίζονται βάσει του παρακάτω τύπου:

$$A_{1\text{cm}}^{1\%}(\lambda_{\max}) = \frac{D \times 10\,000}{m \times (100 - w_{MV})}$$

Όπου: **D** είναι η τιμή απορρόφησης του κάθε μήκους κύματος, **m** είναι η μάζα του δείγματος σε γραμμάρια, **w_{MV}** είναι η περιεκτικότητα του δείγματος σε υγρασία και σε πτητικές ουσίες σε επί τοις %.

Σύμφωνα με την τεχνική προδιαγραφή ISO 3632-1: 2011 εδάφιο 6 Πίνακας 2, στο οποίο γίνεται η κατηγοριοποίηση του κρόκου, η ελάχιστη τιμή της απορρόφησης για την χρωστική δύναμη του κρόκου ($A_{1\text{cm}}^{1\%} 440 \text{ nm}$) στην κατηγορία I είναι 200. Για την κατηγορία I, η ελάχιστη τιμή της απορρόφησης στα 257 nm ($A_{1\text{cm}}^{1\%} 257 \text{ nm}$) για τον κρόκο είναι 70, ενώ η απορρόφηση στα 330 nm ($A_{1\text{cm}}^{1\%} 330 \text{ nm}$) πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 20 (min) και 50 (max).

Τέλος, για την στατιστική ανάλυση και τη μελέτη των αποτελεσμάτων έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο GenStat (7^η έκδοση).



Εικόνα 10: Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στις αναλύσεις των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων κρόκου. (**Αριστερά**) Σύνθλιψη νημάτων κρόκου στο μπλέντερ, (**Κέντρο**) Ογκομετρική φιάλη 200 ml, πιπέτα 20 ml και πουάρ 3 βαλβίδων, (**Δεξιά**) Ογκομετρική φιάλη 1000 ml που περιέχει το μείγμα απιονισμένου νερού και δειγμάτων κρόκου που έχουν υποστεί προετοιμασία αναδεύεται σε μαγνητικό αναδευτήρα με τη βοήθεια μαγνητικής ράβδου (προσωπικό αρχείο).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

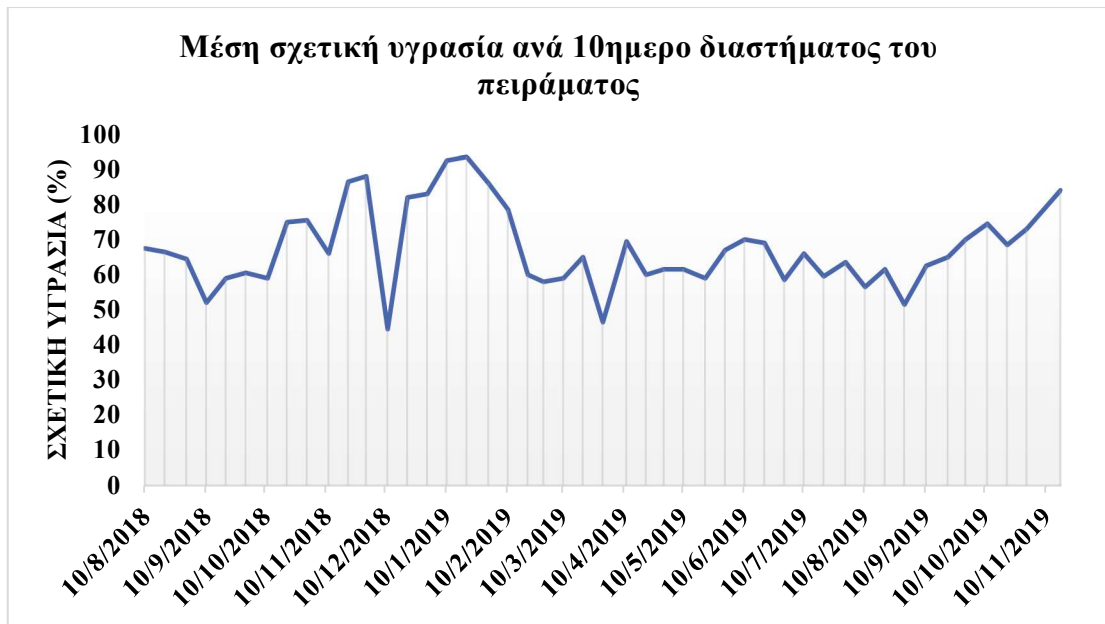
Για την καλλιεργητική περίοδο του πειράματος, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες, οι ελάχιστες τιμές της ημερήσιας σχετικής υγρασίας και το αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης στο Νέο Σκοπό Σερρών παρουσιάζονται στα διαγράμματα 3.1, 3.2 και 3.3 αντίστοιχα.

Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του πειράματος κυμάνθηκαν από 0,1 έως 28,8 °C. Ως γενικό συμπέρασμα προκύπτει πως κατά την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος υπήρχαν φυσιολογικές κλιματικές συνθήκες για την περιοχή του Νέου Σκοπού Σερρών και δεν παρατηρήθηκαν ακραία φαινόμενα ξηρασίας ή αποκλίσεις από τις μέσες συνθήκες των τελευταίων ετών.



Διάγραμμα 3.1. Μέσες θερμοκρασίες αέρα (°C) που επικρατούσαν ανά 10ήμερο του διαστήματος του πειράματος από τους μήνες Αύγουστος 2018 έως Νοέμβριος 2019.

Όσον αφορά τη σχετική υγρασία που επικρατούσε η μέγιστη (93%) παρατηρήθηκε προς στις αρχές και τα μέσα Ιανουαρίου, ενώ η ελάχιστη (44%) σημειώθηκε προς το πρώτο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου (Διάγραμμα 3.2). Το συνολικό ύψος των βροχοπτώσεων κατά τη διεξαγωγή του πειράματος, ήταν 614,2 mm (Διάγραμμα 3.3). Οι σημαντικές βροχοπτώσεις σημειώθηκαν το μήνα Ιανουάριο και Απρίλιο του 2019 (79,4 και 97,8 mm βροχόπτωσης αντίστοιχα) και δευτερευόντως το μήνα Νοέμβριο του 2019 με 38,8 mm (έως 17/11/2019), δηλαδή κατά τη διάρκεια της συλλογής ανθέων τη δεύτερη καλλιεργητική χρονιά.



Διάγραμμα 3.2. Μέση σχετική υγρασία (%) που σημειώθηκε ανά 10ημερο διαστήματος του πειράματος τους μήνες Αύγουστος 2018 έως Νοέμβριος 2019.



Διάγραμμα 3.3. Αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης (mm) κατά τη διάρκεια του πειράματος, από 15/8/2018 έως 17/11/2019.

3.2 Παρατηρήσεις του κύκλου καλλιέργειας κρόκου

Κατά την ανθοφορία του 1^{ου} έτους καλλιέργειας, οι κόρμοι που αρδεύτηκαν εκβλάστησαν νωρίτερα, εμφανίζοντας αρχικά το φύλλωμα και μετά από κάποιες μέρες τα πρώτα άνθη. Αντίθετα, τα ξηρικά αγροτεμάχια κρόκου, καθυστέρησαν να εκβλαστήσουν και ανθοφόρησαν με απουσία φυλλώματος (υστερανθία).



Εικόνα 3.1. (αριστερά) Αρδευόμενα πειραματικά αγροτεμάχια κρόκου εκπτύζανε πρώτα βλαστικό άξονα με φύλλα και ύστερα άνθος (3/11/201), (δεξιά) ξηρικά πειραματικά αγροτεμάχια εμφάνισαν βλαστοφόρο άξονα που έκπτυξε πρώτα το ανθικό στέλεχος και έπειτα φύλλα(7/11/2018, Ν. Σκοπός Σερρών, προσωπικό αρχείο)

Το στίγμα του άνθους του φυτού είναι τρίλοβο, ωστόσο βρέθηκαν κάποια άνθη με τετράλοβο και άλλα με πεντάλοβο στίγμα. Το μήκος του στίγματος κυμάνθηκε από 1,5 cm έως 4,5 cm (Εικόνα 3.3.).



Εικόνα 3.3.(Αριστερά) Στίγμα μήκους 4,5 cm. (Δεξιά) στίγμα κρόκου με 4 και 5 νήματα.(συγκομιδή Νοεμβρίου 2018 και 2019, Ν. Σκοπός Σερρών, προσωπικό αρχείο)

Την άνοιξη 2019, έλαβε χώρα η αγενής αναπαραγωγή των μητρικών βολβών, με αποτέλεσμα να προκύψουν θυγατρικοί βολβοί από τους πλευρικούς οφθαλμούς των μητρικών βολβών, με τους τελευταίους να νεκρώνονται για την ανάπτυξη των νέων βολβών. (Σαρλής, 1999, Κουτσός, 2006, Shah and Tripathi, 2008). Στο συγκεκριμένο πείραμα, παρατηρήθηκε ότι κάποιοι μητρικοί βολβοί δεν ανέπτυξαν έως και 4 θυγατρικούς βολβούς (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.4. (Αριστερά)Θυγατρικοί βολβοί που σχηματίστηκαν στην κορυφή των μητρικών βολβών. Μεταξύ των θυγατρικών και των μητρικών βολβών παράχθηκαν λίγα κορμίδια, που αποτελούν το κύριο μέρος πολλαπλασιασμού των φυτών. (Δεξιά) Κιτρίνισμα φύλλων κρόκου και μετάβαση καλλιέργειας στη φάση λήθαργου (Ιούνιος 2019, Ν. Σκοπός Σερρών, προσωπικό αρχείο)

Περί τα τέλη Μαΐου 2019, παρατηρήθηκε κιτρίνισμα, μάρανση και αποκοπή των φύλλων και του βλαστού, συνεπώς ο κρόκος μετέβη στη φάση του λήθαργου και παρέμεινε μέχρι το τέλος του καλοκαιριού (Εικόνα 3.4.).Στο τέλος του καλοκαιριού του 2^{ου} έτους, οι θυγατρικοί βολβοί βρίσκονται στη φάση δραστηριοποίησης και στα μέσα Οκτώβρη παρατηρήθηκε η έκπτυξη του μικρού βλαστοφόρου άξονα μαζί με τη εμφάνιση των φύλλων στα αρδευόμενα αγροτεμάχια, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.6.

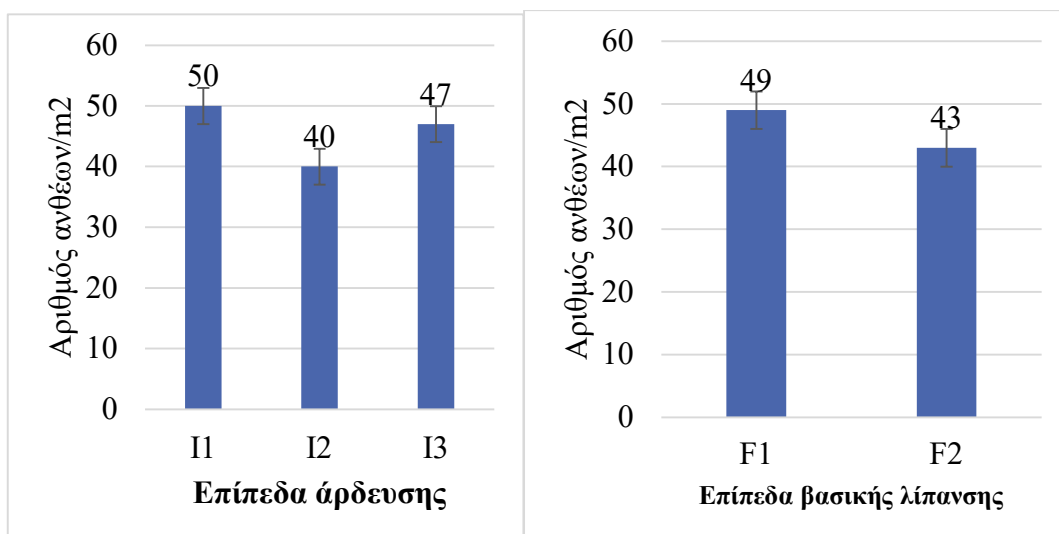


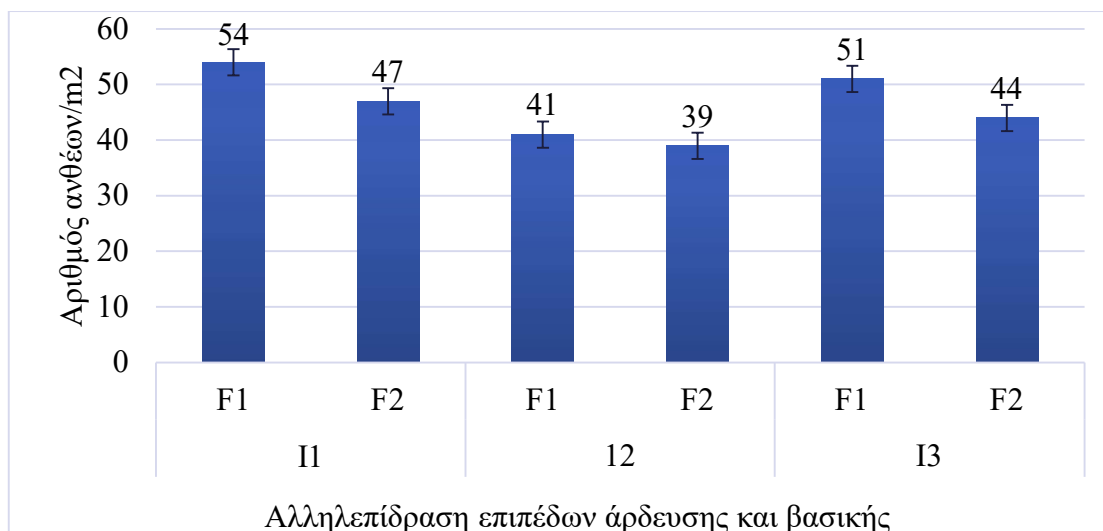
Εικόνα 3.6. Τέλος λήθαργου και έναρξη δραστηριοποίησης του βολβού με την έκπτυξη του βλαστοφόρου άξονα που θα αναπτυχθεί το ανθικό στέλεχος και τα περιβάλλοντα φύλλα. (13 Οκτώβρη 2019, Ν. Σκοπός Σερρών)

3.3 Παραγωγικότητα των φυτών

3.3.1. Αριθμός ανθέων

Στην Εικόνα 3.9 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα αναφορικά με τον αριθμό ανθέων ανά m^2 , όπως μετρήθηκαν κατά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης της καλλιέργειας (2018).

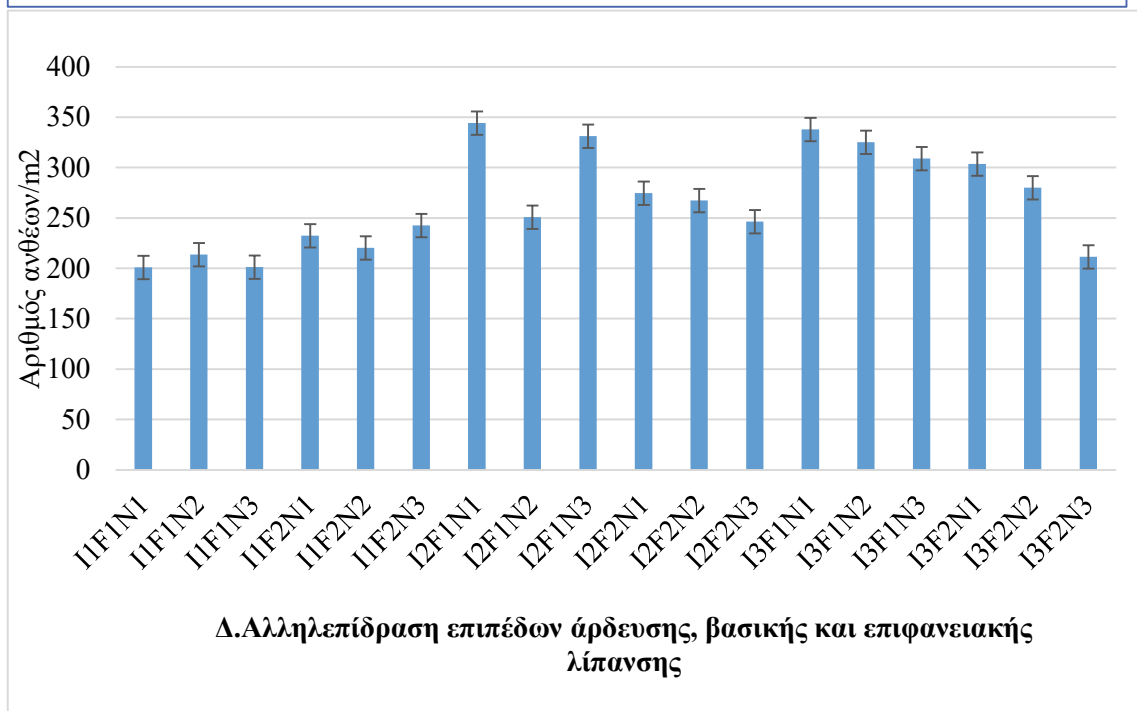
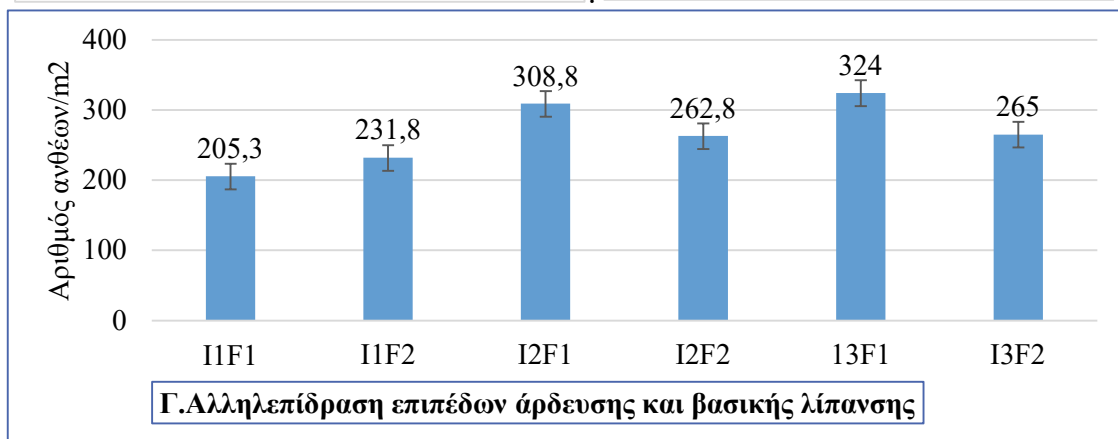
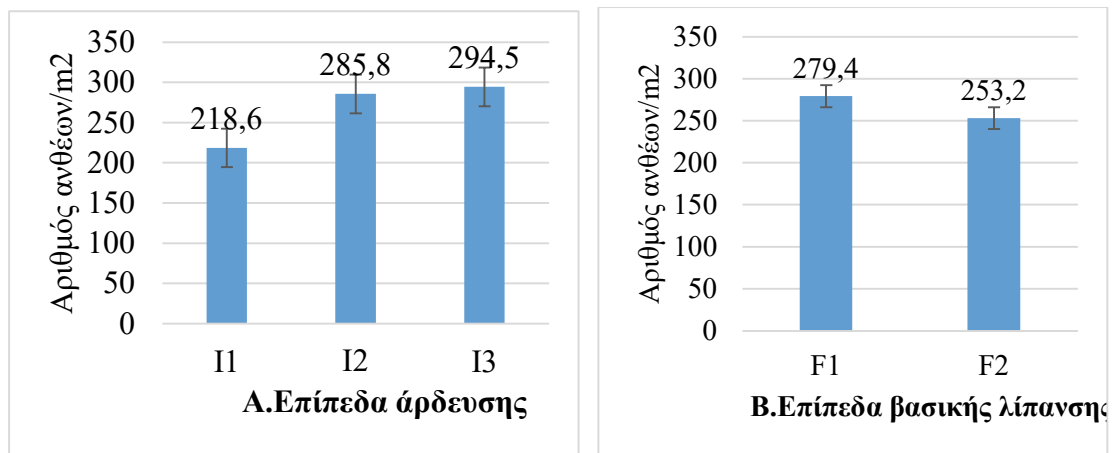




Εικόνα 3.9: Αριθμός ανθέων ανά m² (y-άξονας) για 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας) (α. επάνω αριστερά) και 2 επίπεδα λίπανσης (β. επάνω δεξιά) και την αλληλεπίδρασή τους (γ. κάτω) στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Οκτώβρη – Νοέμβρη 2018. [I1: ξηρικό, I2: 75% ETo and I3: 100% ETo, F1: 40 kg/στρ. μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς. Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Το έδαφος του πειραματικού αγρού χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό, μέτριας γονιμότητας και υψηλό σε φώσφορο, το οποίο προσδίδει θετική επίδραση στην καλλιέργεια του κρόκου (Daneshmandi and Seyyedi, 2019). Κατά τον 1^ο χρόνο, η καλλιέργεια δέχθηκε τρία επίπεδα άρδευσης και δύο επίπεδα λίπανσης, με μόνο το παράγοντα λίπανσης να παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές καθώς η λίπανση χωρίς κοπριά (F1) έδωσε περισσότερα άνθη (49 άνθη) σε σχέση με τη λίπανση με κοπριά (43 άνθη). Από την άλλη, τα ξηρικά αγροτεμάχια έδωσαν μεγαλύτερο αριθμό ανθέων (50 άνθη) σε σχέση με τα αρδευόμενα. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.9, ο συνδυασμός λίπανσης χωρίς κοπριά και μηδενικής άρδευσης (I1F1) έδωσε το μέγιστο αριθμό ανθέων ανά m² (54 άνθη).

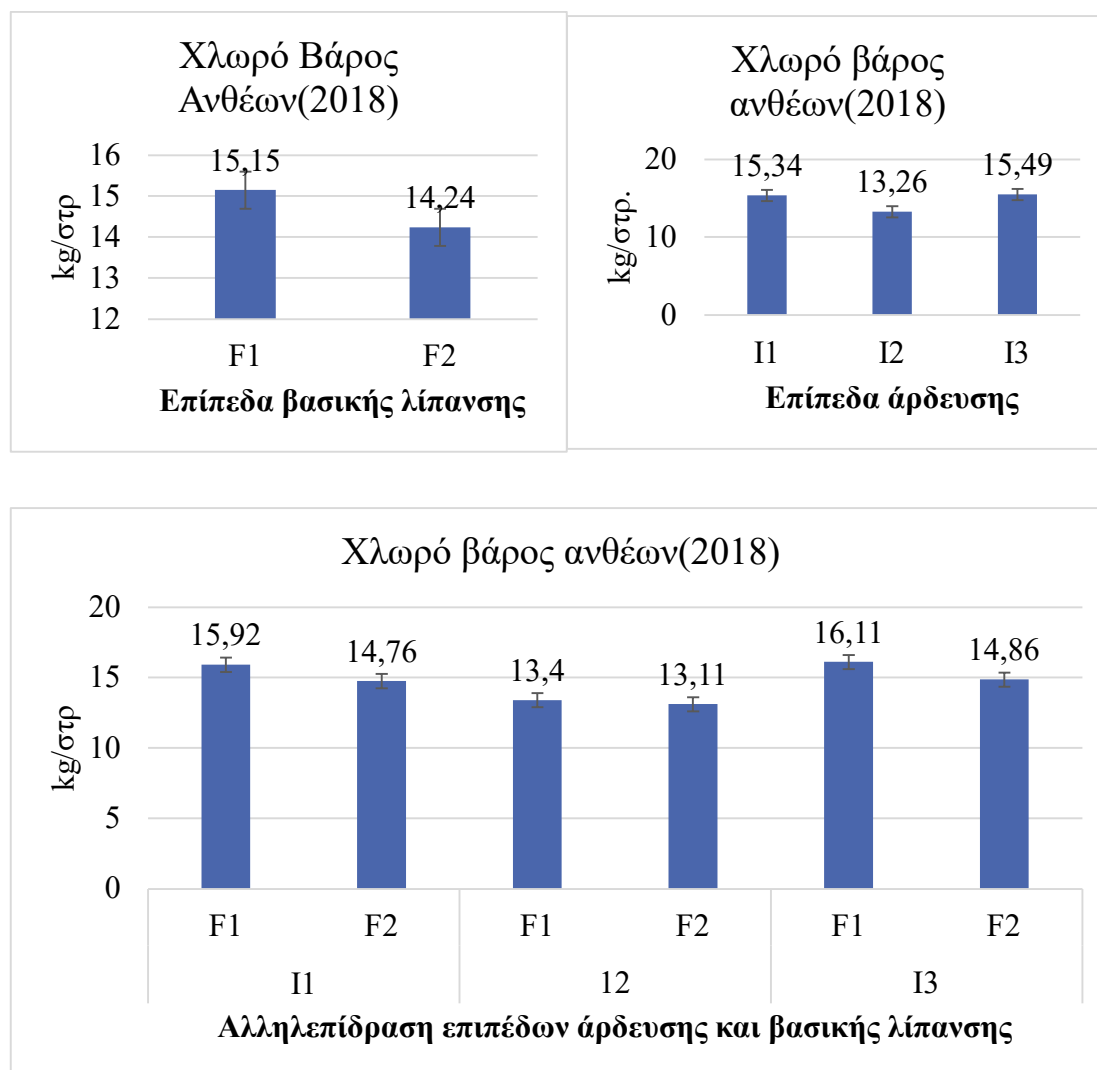
Στην Εικόνα 3.10 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα αναφορικά με τον αριθμό ανθέων ανά m², όπως μετρήθηκαν το δεύτερο χρόνο καλλιέργειας (2019).



Εικόνα 3.10. Αριθμός ανθέων ανά m² (y-άξονας) για α) 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας), β) 2 επίπεδα βασικής λίπανσης (x-άξονας), γ) την αλληλεπίδρασή τους (x-άξονας), δ) την αλληλεπίδραση των επιπέδων άρδευσης, βασικής και επιφανειακής λίπανσης (x-άξονας), στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Νοέμβριο 2019. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς, N1: 0, N2: 4 και N3: 8 kg/στρ. (35-0-0). Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Όπως αναμενόταν, τη 2^η χρονιά καλλιέργειας ο αριθμός των ανθέων ήταν σημαντικά μεγαλύτερος (σχεδόν εξαπλάσιος), καθώς ο κρόκος αποτελεί πολυετής καλλιέργεια και επιτυγχάνει το μέγιστο της παραγωγής του τον 3^ο και 4^ο έτος καλλιέργειας (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Τα πιο παραγωγικά έτη του κρόκου θεωρούνται το 3^ο και το 4^ο έτος, καθώς δίνουν τη μεγαλύτερη απόδοση (Ordoudi & Tsimidou, 2004). Επίσης, την άνοιξη του 2^{ου} έτους, η καλλιέργεια δέχθηκε επιπλέον επιφανειακή λίπανση σε 3 διαφορετικά επίπεδα, χωρίς όμως αυτή να εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές (Εικόνα 3.10.α.). Όσον αφορά τη βασική λίπανση, η λίπανση χωρίς κοπριά (F1) φάνηκε ότι και τη 2^η χρονιά εμφανίζει μεγαλύτερο αριθμό ανθέων (Εικόνα 3.10.δ.). Από την άλλη, η άρδευση αποδείχθηκε ότι εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων, καθώς με πλήρη (294 άνθη) και μειωμένη άρδευση (285 άνθη) παράγονται πολύ περισσότερα άνθη από ότι στα μη αρδευόμενα (218 άνθη). Συγκεκριμένα, η πλήρη άρδευση (I3: 100%ETo) οδήγησε σε αύξηση απόδοσης σε άνθη περίπου 35%, δηλαδή 76 άνθη ανά m² παραπάνω σε σχέση με τα ξηρικά (I1) (Εικόνα 3.10.α.). Στατιστικά σημαντικές διαφορές βρέθηκαν και στην αλληλεπίδραση της άρδευσης με τη βασική λίπανση, με την πλήρη και μειωμένη άρδευση σε συνδυασμό με τη λίπανση χωρίς κοπριά να παράγουν μεγαλύτερο αριθμό ανθέων ανά m² (I3F1-309 και I2F1 - 324 άνθη αντίστοιχα). Επομένως, τα αγροτεμάχια που δέχθηκαν πλήρη άρδευση και μόνο μικτό λίπασμα (I3F1) αύξησαν την απόδοση σε άνθη περίπου 60% (= 119 άνθη παραπάνω) σε σχέση με τα ξηρικά και την λίπανση μόνο με μικτό λίπασμα (I1F1) (Εικόνα 3.10.γ.). Τέλος, ο μέγιστος αριθμός ανθέων ανά m² ήταν 344 και επιτεύχθηκε με μειωμένη άρδευση, λίπανση χωρίς κοπριά και μηδενική επιφανειακή λίπανση (I2F1N1).

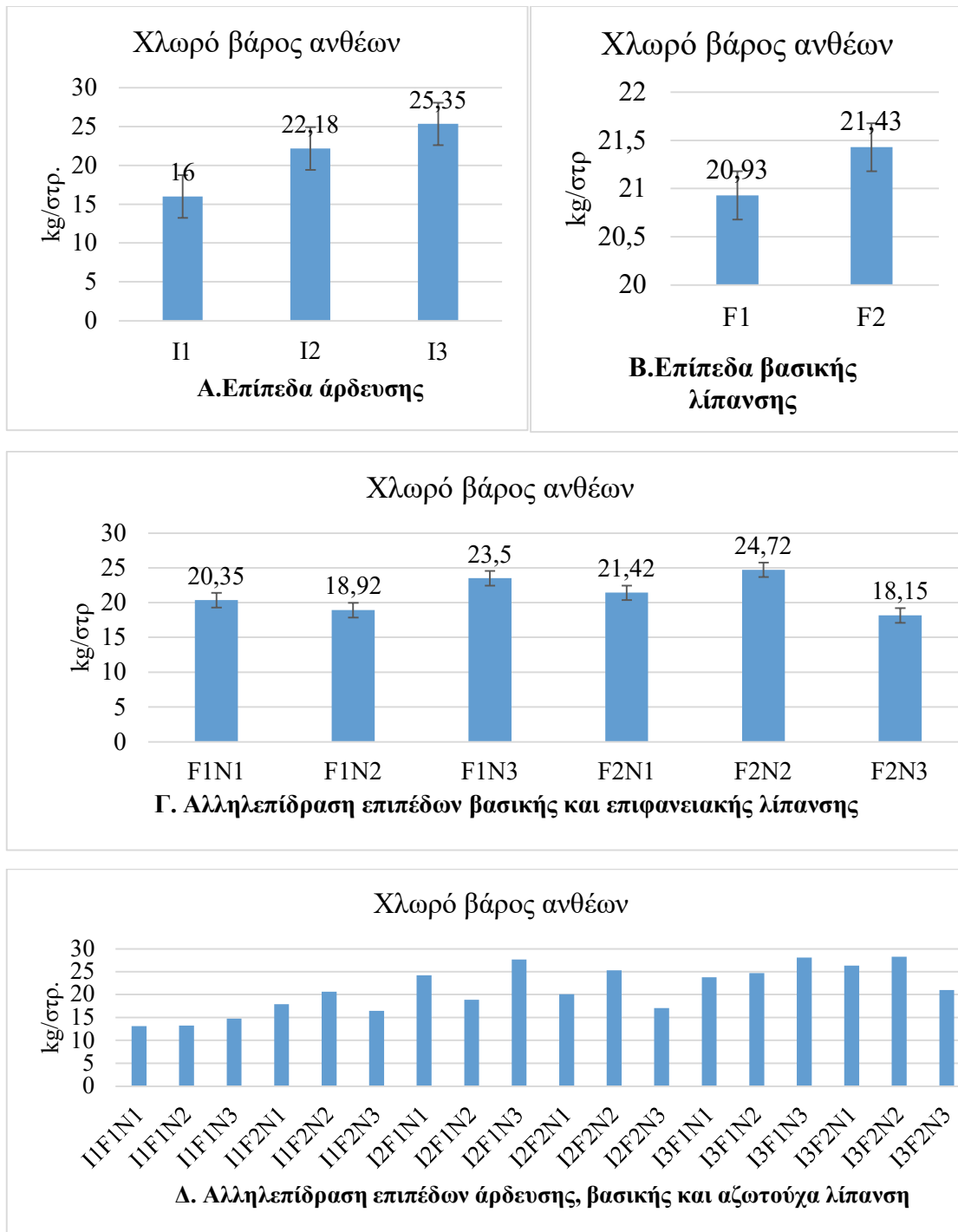
3.3.1. Χλωρό βάρος ανθέων



Εικόνα 3.11. Χλωρό βάρος ανθέων (y-άξονας σε kg/στρ.) για 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας) (α. επάνω αριστερά) και 2 επίπεδα λίπανσης (β. επάνω δεξιά) και την αλληλεπίδρασή τους (γ. κάτω) στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Οκτώβρη – Νοέμβρη 2018. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς. Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.11 τόσο η άρδευση, όσο και η λίπανση επηρέασαν το χλωρό βάρος ανθέων, όμως οι διαφορές δεν αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές. Παρατηρήθηκε ότι το μέγιστο χλωρό βάρος ανθέων (16,11 kg/στρ.), βρέθηκε στα φυτά που δέχθηκαν πλήρη άρδευση με λίπανση χωρίς κοπριά (I3F1).

Στην Εικόνα 3.12 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα με το χλωρό βάρος ανθέων, όπως μετρήθηκαν κατά το δεύτερο χρόνο καλλιέργειας (2019).

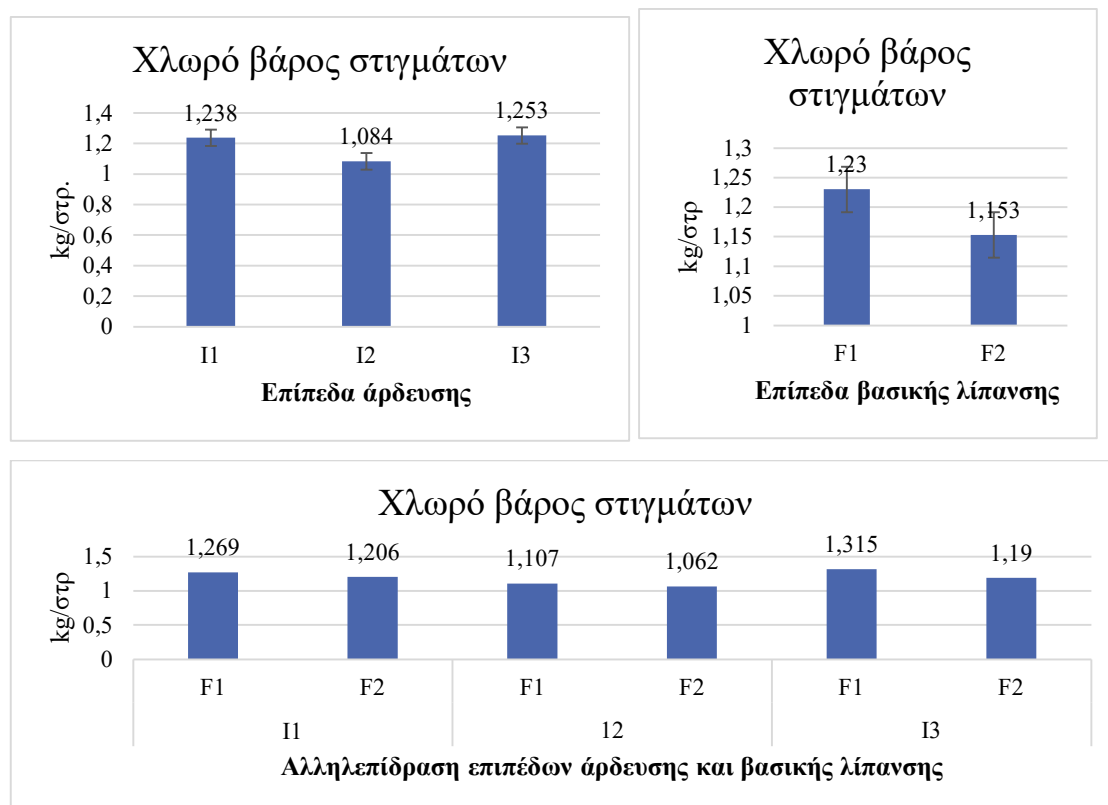


Εικόνα 3.12. Χλωρό βάρος ανθέων (y-άξονας σε kg/στρ.) για α) 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας), β) 2 επίπεδα βασικής λίπανσης (x-άξονας), γ) την αλληλεπίδραση των επιπέδων βασικής και επιφανειακής λίπανσης (x-άξονας), και δ) την αλληλεπίδραση των επιπέδων άρδευσης, βασικής και αζωτούχα λίπανσης (x-άξονας), στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Νοέμβριο 2019. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς, N1: 0, N2: 4 και N3: 8 kg/στρ. (35-0-0). Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Η απόδοση σε χλωρό βάρος ανθέων ήταν πολύ μεγαλύτερη τη 2^η χρονιά καλλιέργειας όπως αναμενόταν. Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσίασε η επίδραση της άρδευσης στην απόδοση σε χλωρό βάρος ανθέων, καθώς σε σχέση με τα

ξηρικά αγροτεμάχια, η άρδευση στο 100%ΕΤο (I3) αύξησε την απόδοση κατά περίπου 60% (δηλαδή κατά 9,3 kg/στρ. περισσότερο), ενώ η άρδευση στο 75%ΕΤο (I2) αύξησε την απόδοση περίπου 40% (δηλαδή κατά 6,2 kg/στρ. περισσότερο). Συγκρίνοντας τα δύο επίπεδα άρδευσης I2 και I3, παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές (κατά 3,15 kg/στρ. παραπάνω το I3) ως προς την απόδοση σε χλωρό βάρος ανθέων κρόκου (Εικόνα 3.12). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.12, η αλληλεπίδραση της βασικής με την αζωτούχα λίπανση εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την απόδοση σε χλωρό βάρος ανθέων. Ο συνδυασμός βασικής λίπανσης με κοπριά και επιφανειακή λίπανση στη μέση δόση (4 kg/στρ.) (F2N2) αύξησε την απόδοση κατά 22% (ή κατά 4 kg/στρ.) σε χλωρό βάρος ανθέων σε σχέση με την απόδοση των φυτών που δέχθηκαν βασική λίπανση χωρίς κοπριά και επιφανειακή λίπανση (F1N1). Το μέγιστο χλωρό βάρος των ανθέων για το 2019 βρέθηκε στα 28,25 kg/στρ., στα τεμάχια που δέχθηκαν πλήρη άρδευση, βασική λίπανση με κοπριά και μέτρια επιφανειακή λίπανση (I3F2N2).

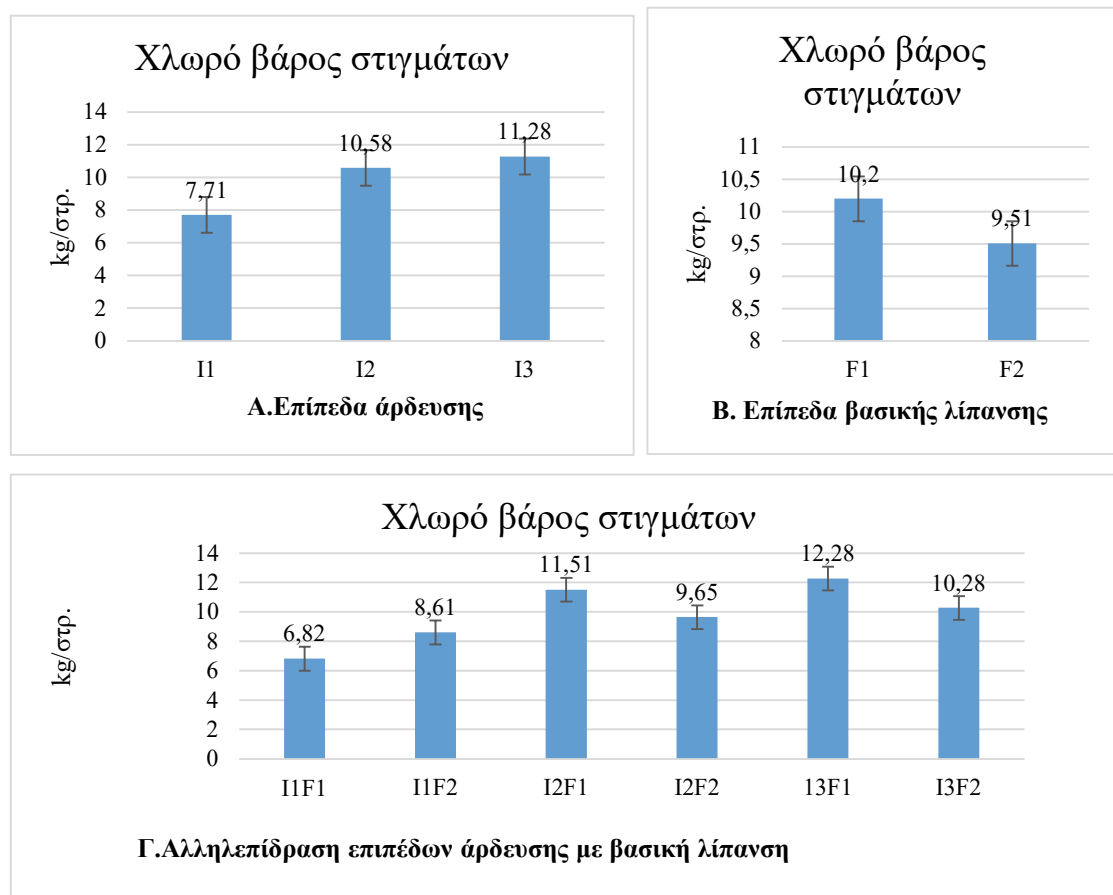
3.3.3 Χλωρό βάρος στιγμάτων

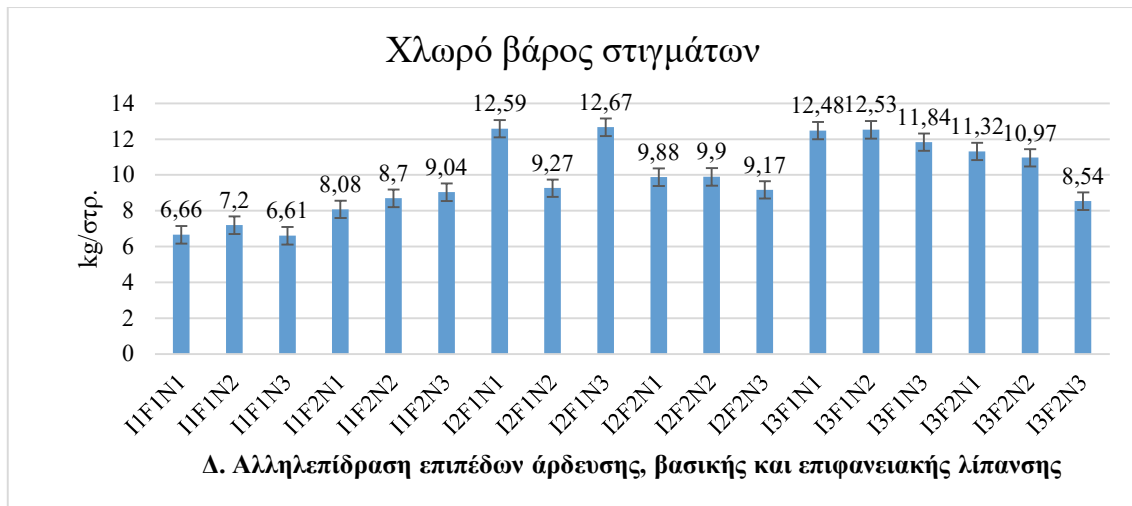


Εικόνα 3.13. Χλωρό βάρος στιγμάτων (y-άξονας σε kg/στρ.) για 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας) (α. επάνω αριστερά) και 2 επίπεδα λίπανσης (β. επάνω δεξιά) και την αλληλεπίδρασή τους (γ. κάτω) στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Οκτώβρη – Νοέμβρη 2018. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς. Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05]

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.13 τόσο η άρδευση, όσο και η λίπανση επηρέασαν το χλωρό βάρος στιγμάτων, όμως οι διαφορές δεν αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές. Το χρόνο εγκατάστασης της καλλιέργειας, η πλήρη άρδευση δείχνει να παρουσιάζει ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα (1,253 kg/στρ.) σε σχέση με τα ξηρικά αγροτεμάχια (1,238 kg/στρ.)(Εικόνα 5). Το μέγιστο χλωρό βάρος στιγμάτων(1,315 kg/στρ.) μετρήθηκε στα φυτά που δέχθηκαν πλήρη άρδευση με λίπανση χωρίς κοπριά (I3F1) (Εικόνα 3.13).

Στην Εικόνα 3.14 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα με το χλωρό βάρος στιγμάτων, όπως μετρήθηκαν κατά το δεύτερο χρόνο καλλιέργειας (2019).



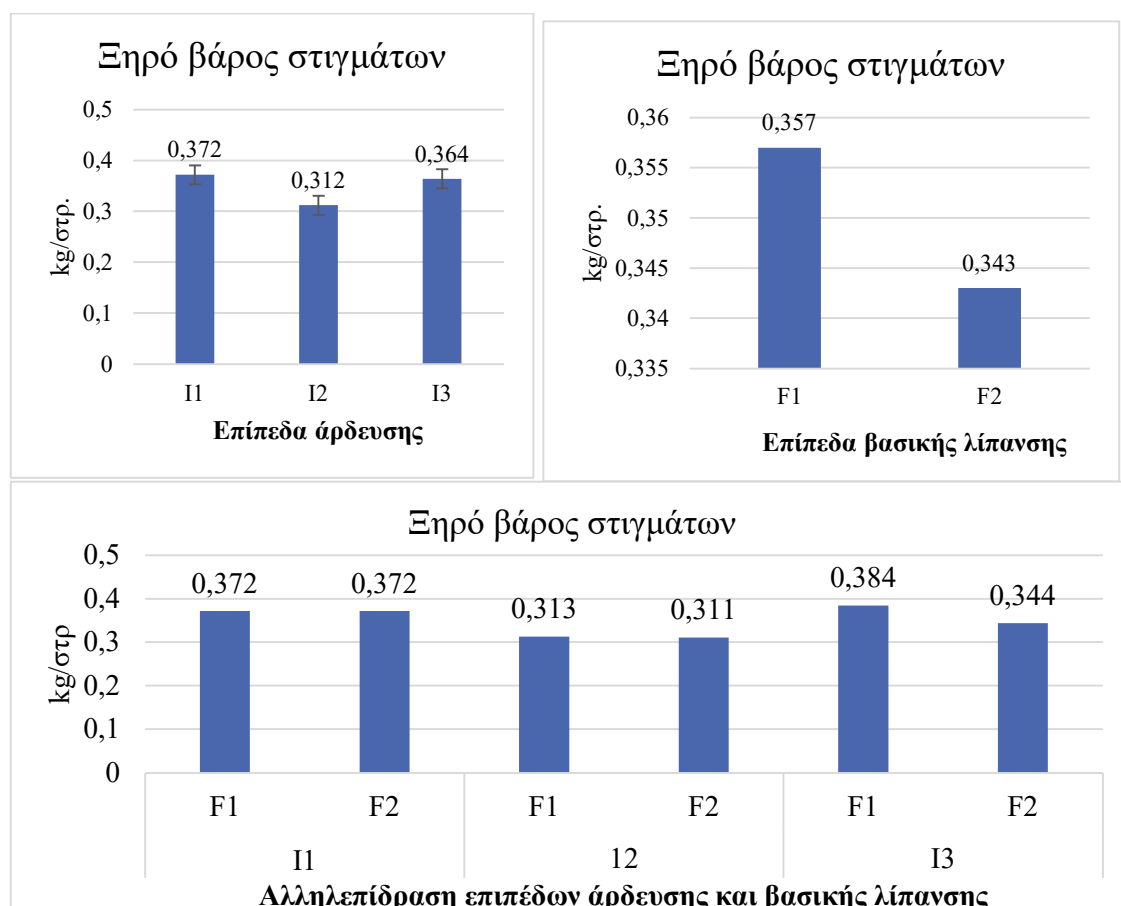


Εικόνα 3.14. Χλωρό βάρος στιγμάτων (y-άξονας σε kg/στρ.) για α) 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας), β) 2 επίπεδα βασικής λίπανσης (x-άξονας), γ) την αλληλεπίδρασή τους (x-άξονας), δ) την αλληλεπίδραση των επιπέδων άρδευσης, βασικής και αζωτούχας λίπανσης (x-άξονας), στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Νοέμβρη 2019.[I1: ξηρικό, I2: 75% ETo and I3: 100% ETo, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς, N1: 0, N2: 4 και N3: 8 kg/στρ. (35-0-0). Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Η 2^η χρονιά καλλιέργειας έδειξε σημαντικά υψηλότερη παραγωγή χλωρού βάρους στιγμάτων σε σχέση με τη χρονιά εγκατάστασης, όπως αναμενόταν. Η μέγιστη απόδοση σε χλωρό βάρος στιγμάτων μετρήθηκε στα 12,67 kg/στρ., που αφορούσαν τα φυτά που δέχθηκαν μειωμένη άρδευση, βασική λίπανση χωρίς κοπριά και υψηλή αζωτούχα λίπανση (I2F1N3). Τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην απόδοση σε χλωρό βάρος στιγμάτων, καθώς σε σχέση με τα ξηρικά αγροτεμάχια, η άρδευση στο 100% ETo (I3) αύξησε την απόδοση κατά περίπου 50% (δηλαδή κατά 3,6 kg/στρ. περισσότερο), ενώ η άρδευση στο 75% ETo (I2) αύξησε την απόδοση 37% (δηλαδή κατά 2,9 kg/στρ. περισσότερο). Συγκρίνοντας τα δύο επίπεδα άρδευσης I2 και I3, παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές (κατά 0,7 kg/στρ. παραπάνω το I3) ως προς την απόδοση σε χλωρό βάρος ανθέων του *Crocus sativus* (Εικόνα 3.14). Η αλληλεπίδραση των επιπέδων άρδευσης και βασικής λίπανσης επηρέασαν την απόδοση σε χλωρό βάρος στιγμάτων και παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα φυτά κρόκου που δέχθηκαν λίπανση χωρίς κοπριά μαζί με πλήρη (I3F1) και μειωμένη άρδευση (I2F1) είχαν τις υψηλότερες τιμές (12,28 και 11,51 kg/στρ. αντίστοιχα), που ισοδυναμεί σε αύξηση της απόδοσης περίπου 70 - 80% (ή 4,7 - 5,5 kg/στρ. περισσότερο) σε σχέση με τα ξηρικά αγροτεμάχια που δέχθηκαν βασική λίπανση χωρίς κοπριά (I1F1).

3.3.4. Ξηρό βάρος στιγμάτων

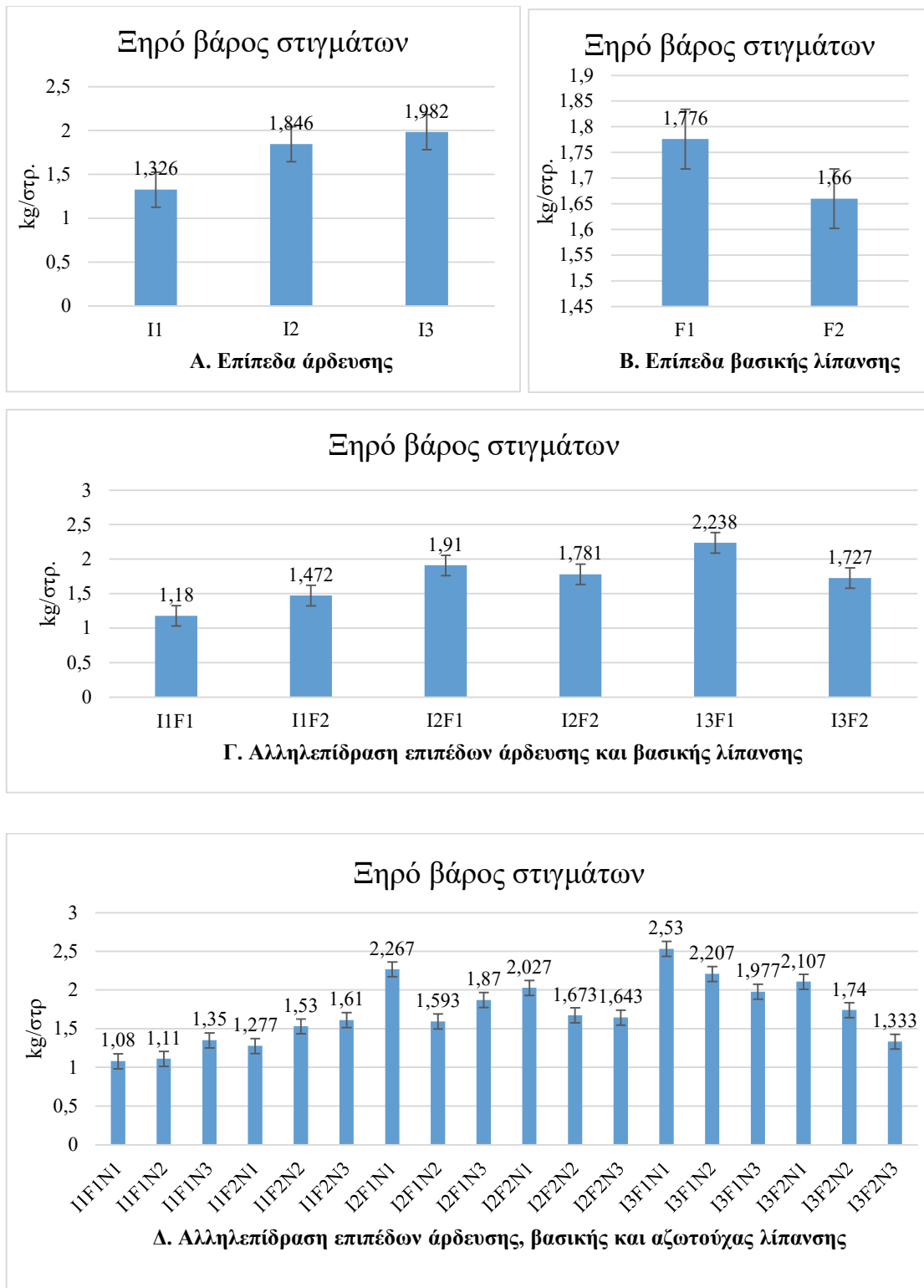
Η τελική μέτρηση της παραγωγικότητας τους κρόκου αφορά την μέτρηση του ξηρού βάρους στιγμάτων και αποτελεί καθοριστικής σημασίας ως προς την εμπορική αξία του προϊόντος.



Εικόνα 3.15. Ξηρό βάρος στιγμάτων (γ-άξονας σε kg/στρ.) για 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας) (α. επάνω αριστερά) και 2 επίπεδα λίπανσης (β. επάνω δεξιά) και την αλληλεπίδρασή τους (γ. κάτω) στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Οκτώβρη – Νοέμβρη 2018. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αελαδινής κοπριά.ς. Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05]

Για τη χρονιά εγκατάστασης της καλλιέργειας (2018), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η άρδευση, όσο και η λίπανση επηρέασαν το ξηρό βάρος στιγμάτων, όμως οι διαφορές δεν αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές. Παρατηρούμε ότι οι παράγοντες είναι ασταθείς, εξαιτίας της προσπάθειας προσαρμογής και εγκατάστασης της καλλιέργειας. Το μέγιστο ξηρό βάρος στιγμάτων (0,384 kg/στρ.) μετρήθηκε στα φυτά που δέχθηκαν πλήρη άρδευση με λίπανση χωρίς κοπριά (I3F1) (Εικόνα 3.15).

Στην Εικόνα 3.16 παρουσιάζονται σχηματικά τα αποτελέσματα με το ξηρό βάρος στιγμάτων, όπως μετρήθηκαν κατά το δεύτερο χρόνο καλλιέργειας (2019).



Εικόνα 3.16. Ξηρό βάρος σιγμάτων (y-άξονας σε kg/στρ.) για α) 3 επίπεδα άρδευσης (x-άξονας), β) 2 επίπεδα βασικής λίπανσης (x-άξονας), γ) την αλληλεπίδρασή τους (x-άξονας), δ) την αλληλεπίδραση των επιπέδων άρδευσης, βασικής και επιφανειακής λίπανσης (x-άξονας), στον πειραματικό αγρό κρόκου, στο Ν. Σκοπό Σερρών τον Νοέμβρη 2019. [I1: ξηρικό, I2: 75% ΕΤο and I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. Μικτού λιπάσματος 11-15-15 και F2: 40 kg/στρ 11-15-15 αναμειγμένα με 1,4 kg m⁻³ αγελαδινής κοπριάς, N1: 0, N2: 4 και N3: 8 kg/στρ. (35-0-0). Οι γραμμές σφάλματος αντιπροσωπεύουν το standard error για p<0,05.]

Τα αποτελέσματα έδειξαν αξιοσημείωτη αύξηση της παραγωγής ξηρού βάρους στιγμάτων κατά τη 2^η χρονιά καλλιέργειας κρόκου (2019), καθώς η μέγιστη ποσότητα που μετρήθηκε από όλες τις μεταχειρίσεις έφτασε τα 2,53 kg/στρ., δηλαδή σχεδόν 6 φορές περισσότερο από τη χρονιά εγκατάστασης (Εικόνα 7) και αφορά τα φυτά που δέχθηκαν πλήρη άρδευση και μόνο συμβατική λίπανση(I3F1N1) (Εικόνα 3.16). Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκουν συμφωνία και με άλλες πειραματικές μελέτες στην Ιταλία (Cardonne, 2019 και Colla, 2019), που αποδεικνύουν ότι το 1^ο έτος καλλιέργειας έχει αρκετά μικρότερη απόδοση σε αριθμό ανθέων, χλωρού και ξηρού στίγματος σε σχέση με τα επόμενα έτη.

Η παροχή αρδευτικού νερού στην καλλιέργεια αύξησε σημαντικά την παραγωγή και αποδείχθηκε κρίσιμος παράγοντας τόσο για τον παραγόμενο αριθμό ανθέων ανά m² (Εικόνα 3.10), όσο και για την απόδοση σε στίγμα (Εικόνα 3.16). Συγκεκριμένα, η εφαρμογή άρδευσης με 100%ET₀ (I3) σημείωσε σπουδαία αύξηση της απόδοσης σε ξηρό βάρος στιγμάτων (saffron) περίπου 50% (αντιστοιχεί σε 0,65 kg/στρ.) σε σχέση με το ξηρικό, ενώ σε σχέση με τη μειωμένη άρδευση (I2: 75%ET₀) η αύξηση ήταν μικρή (7% ή 0,13 kg/στρ. περισσότερο). Επομένως, αποδεικνύεται η ισχυρή επίδραση των εντατικών αγρονομικών μεταχειρίσεων, όπως είναι η άρδευση (Behdani et al., 2016, Koocheki et al., 2014, Kumar et al., 2009, Lage and Cantrell, 2009, Gresta et al., 2008, 2009) που οδήγησε σε πολύ μεγαλύτερη απόδοση του τελικού εμπορεύσιμου προϊόντος (saffron). Επίσης, η επιλογή χρήσης του καταιονισμού ως σύστημα άρδευσης, θεωρείται το ιδανικότερο σύστημα άρδευσης, διότι επιτυγχάνεται βέλτιστη υγρασία σε κάθε αγροτεμάχιο (Λευκή Βίβλος του Κρόκου). Ο καταιονισμός σε συνδυασμό με το σωστό προγραμματισμό της άρδευσης φαίνεται ότι κάλυψαν της ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό και επηρέασαν θετικά στην απόδοση της καλλιέργειας

Τη 2^η καλλιεργητική χρονιά η λίπανση με κοπριά και η εφαρμογή επιφανειακής λίπανσης δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον αριθμό ανθέων (Εικόνα 3.10) και την απόδοση σε στίγμα (Εικόνα 3.14,3.15). Αντιθέτως, επηρέασαν αρνητικά την απόδοση και σε ξηρό βάρος στιγμάτων, σε σύγκριση με τη συμβατική λίπανση (F2) και το μάρτυρα (N1) (Εικόνα 3.16). Όμοια αποτελέσματα βρέθηκαν ακόμα και στην περίπτωση του καλαμποκιού, καλλιέργεια που απαιτεί ακόμα περισσότερο άζωτο (Geng et al., 2019). Στις περισσότερες μελέτες για τον κρόκο, έχει αναφερθεί ότι η μεγιστοποίηση της παραγωγής σε στίγμα πετυχαίνεται με μεταχειρίσεις λίπανσης χρησιμοποιώντας μόνο οργανικά λιπάσματα ή με συνδυασμό vermicompost

και συμβατικού λιπάσματος (Ajami-Khals, 2017, Feli, 2016; Heydari et al., 2014, Koocheki et al., 2011) σε σύγκριση με τους μάρτυρες (μηδενική λίπανση) και όχι χρησιμοποιώντας μόνο συμβατικά λιπάσματα. Τα αποτελέσματα της εργασίας βρίσκουν συμφωνία με τα ευρήματα της μακροχρόνιας μελέτης των Behzad et al., 1992, που έδειξαν ότι η εφαρμογή μικτών λιπασμάτων N-P-K δεν παρουσίασαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στην παραγωγή κρόκου, ενώ η αγελαδινή κοπριά μπορεί να επηρεάσει θετικά την απόδοση της καλλιέργειας σε εδάφη με χαμηλή οργανική ουσία. Το έδαφος του πειραματικού αγρού ήταν μέτριας γονιμότητας, επομένως η επίδραση της αγελαδινής κοπριάς δεν έπαιξε σπουδαίο ρόλο.

Η μικρή επίδραση της λίπανσης στην παραγωγικότητα της καλλιέργειας, ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι στους βολβούς βρίσκονται σε αφθονία αποθηκευμένα στοιχεία και σε ισορροπημένα ποσότητα ενεργών ουσιών που δεν απαιτείται η εφαρμογή οργανικών και ορυκτών λιπασμάτων.

Τέλος, οι διαφορές μεταξύ της αλληλεπίδρασης άρδευσης και βασικής λίπανσης αποδείχτηκαν στατιστικά σημαντικές, καθώς η συμβατική λίπανση μαζί με πλήρη (I3F1) και μειωμένη άρδευση (I2F1) σχεδόν διπλασίασαν την απόδοση σε ξηρό βάρος στιγμάτων (2,238 και 1,911 kg/στρ. αντίστοιχα), σε σχέση με την απουσία άρδευσης με συμβατική λίπανση (I1F1) που η απόδοση έφθασε μόλις τα 1,18 kg/στρ.

Επομένως, η μέση απόδοση σε ξηρά στίγματα του πειραματικού αγρού στο Ν. Σκοπό Σερρών για τη 2^η χρονιά καλλιέργειας βρέθηκε στα 1,7 kg/ στρ, ενώ το 1 kg χλωρών ανθέων παράγει 460 g νωπά στίγματα και 80 g ξηρά στίγματα, τιμές που ξεπερνούν κατά πολύ των αντίστοιχων στην Κοζάνη και άλλων μέσων τιμών (Λευκή Βίβλος Κρόκου, Sampathu et al., 1984; Green, 1995). Αδιαμφισβήτητα, ο αριθμός των ανθέων αποτελεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την απόδοση σε στίγμα (Ghanbari et al., 2019). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, 1 kg ξηρού στίγματος παράγεται από 120.000 – 200.000 άνθη (Serrano-Diaz et al., 2012, Vignolini et al., 2008; Schmidt et al., 2007, Alonso et al., 2001), το οποίο βρίσκει αντιστοιχία με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, καθώς τη 2^η καλλιεργητική χρονιά 136.000 – 186.000 άνθη παράχθηκαν για 1 kg ξηρού στίγματος.

Οι κλιματικές συνθήκες την περίοδο της ανθοφορίας επηρεάζουν την παραγωγικότητα του κρόκου, καθώς σύμφωνα με τους Cardone et al., 2019, η αύξηση της σχετικής υγρασίας και της βροχόπτωσης μειώνει την απόδοση σε στίγμα. Ωστόσο, στο συγκεκριμένο πείραμα την περίοδο συγκομιδής δεν υπήρξαν ακραίες μεταβολές ως προς τη μέση θερμοκρασία αέρα (Διάγραμμα 3.1) ή τη σχετική υγρασία (Διάγραμμα

3.2), παρά μόνο μια μικρή αύξηση στην βροχόπτωση (περί τα 20 mm) το 2^ο έτος σε σχέση με το προηγούμενο, η οποία όμως δεν ήταν αρκετή για να μειώσει την απόδοση της καλλιέργειας.

3.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.4 απεικονίζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που αφορούν τις μέσες τιμές για κάθε μεταχείριση και έχουν υλοποιηθεί για τον προσδιορισμό της υγρασίας (%) και των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών σε δείγματα κρόκου το 1^ο (2018) και 2^ο έτος καλλιέργειας (2019).

Πίνακας 3.4: Μέσοι όροι από τις μετρήσεις των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών και της περιεχόμενης υγρασίας κατά ISO του κρόκου για το 1^ο και το 2^ο έτος καλλιέργειας στον πειραματικό αγρό στο Ν. Σκοπό Σερρών.

		Υγρασία (%)		Γεύση/Πικροκροκίνη A ^{1%} _{1cm} 257 nm		Αρωμα/Σαφρανάλη A ^{1%} _{1cm} 330 nm		Χρωστική/Κροκίνη A ^{1%} _{1cm} 440 nm		Κατηγορία	
Μεταχειρίσεις		1ο έτος	2ο έτος	1ο έτος	2ο έτος	1ο έτος	2ο έτος	1ο έτος	2ο έτος	1ο έτος	2ο έτος
Άρδευση	I1	9,9	9,3	86	97	37	40	157	219	III*	I*
	I2	9,9	9,1	86	104	39	44	172	250	II*	I*
	I3	9	9,1	83	96	42	43	108	222	n.c.*	I*
ΕΣΔ,05		0,43	ns	ns	5,7	2,8	2,7	4,26	18	-	-
Λίπανση	F1	10,3	9,3	84	96	37	42	135	225	III*	I*
	F2	8,9	9,1	85	101	41	42	156	236	III*	I*
	ΕΣΔ,05	0,35	ns	ns	4,7	2,3	ns	3,48	ns	-	-
Άρδευση * Λίπανση	IIF1	11,1	9,7	85	91	32	37	149	200	III*	I*
	IIF2	8,8	9	86	104	42	43	165	238	III*	I*
	I2F1	10,5	9,1	86	103	37	45	153	252	III*	I*
	I2F2	9,3	9,1	87	104	40	43	191	248	II*	I*
	I3F1	9,4	9,1	82	95	42	45	103	222	n.c.*	I*
	I3F2	8,5	9,1	83	96	42	41	112	222	n.c.*	I*
	ΕΣΔ,05	0,61	ns	ns	ns	3,9	3,8	6,02	25,4	-	-
CV (%)		3,5	3	3,7	4,5	5,5	5	2,3	6,1	-	-

I1: 0%, I2: 75% ΕΤο και I3: 100% ΕΤο, F1: 40 kg/στρ. (11-15-15 και F2: 40 kg/ στρ. (11-15-15) αναμειγμένο με 1.4 kg m⁻³ αελαδινής κοπριάς

ΕΣΔ,05: Ελάχιστη Σημαντική Διαφορά για p < 0,05, ns: not significant, CV: coefficient of variance

* Τα όρια του ISO 3632 για την 1^η κατηγορία ποιότητας I (σε ίνες) είναι: Πικροκροκίνη >70, Σαφρανάλη 20-50, Κροκίνη >200

* Τα όρια του ISO 3632 για την 2^η κατηγορία ποιότητας II (σε ίνες) είναι: Πικροκροκίνη >55, Σαφρανάλη 20-50, Κροκίνη >170

* Τα όρια του ISO 3632 για την 3^η κατηγορία ποιότητας III (σε ίνες) είναι: Πικροκροκίνη >40, Σαφρανάλη 20-50, Κροκίνη > 120

* Το ISO 3632 για την υγρασία για όλες κατηγορίες ποιότητας (νήματα σαφρών) είναι <12 %

* n.c.: not classifiable in any of the three quality categories / δεν βρίσκεται στα όρια των προδιαγραφών

Τα αποτελέσματα αφορούν την απορρόφηση της πικροκροκίνης $A^{1\%}_{1cm}$ στα 257 nm (ένταση γεύσης), την απορρόφηση της σαφρανάλης $A^{1\%}_{1cm}$ στα 330 nm (ένταση αρώματος) και την απορρόφηση της κροκίνης $A^{1\%}_{1cm}$ στα 440 nm (ένταση χρώσης), όπως επίσης και το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας στα δείγματα που μελετήθηκαν για τις χρονιές 2018 και 2019. Οι αναλύσεις των ανωτέρω πραγματοποιήθηκαν ένα μήνα μετά τη συγκομιδή για κάθε χρονιά (Δεκέμβριος 2018 και Δεκέμβριος 2019) με την μέθοδο που περιεγράφηκε στο Κεφάλαιο 2.5 της παρούσας μελέτης. Επομένως τα δείγματα που συλλέχθηκαν αποθηκεύτηκαν σε κατάλληλες συνθήκες ($\Theta \leq 10^\circ\text{C}$, $\Sigma\text{Υ}=40\text{-}60\%$) για τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών, έως ότου να ολοκληρωθούν οι ποιοτικοί προσδιορισμοί.

Σύμφωνα με το ISO 3632, η κατηγορία ποιότητας για κάθε μεταχείριση αναγράφεται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 3.4. Συνολικά υπάρχουν 4 κατηγορίες ποιότητας: I, II, III και η κατηγορία στην οποία οι τιμές δεν βρίσκονται στα όρια των προδιαγραφών και δεν μπορούν να κατηγοριοποιηθούν. (n.c.). Υψηλή ποιότητας saffron θεωρείται το προϊόν που βρίσκεται στην κατηγορία I.

Οι μέσες τιμές απορρόφησης που υπολογίστηκαν σύμφωνα με την μέθοδο που περιεγράφηκε στην παράγραφο 2.5.3.2 του κειμένου για την πικροκροκίνη, τη σαφρανάλη και την κροκίνη είναι 85, 39 και 146 αντίστοιχα κατά το 1^ο έτος καλλιέργειας, ενώ το 2^ο έτος αυξήθηκαν σε 99, 42 και 230 αντίστοιχα. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν οροθετηθεί από το ISO για την 1^η κατηγορία (I), η ποσότητα πικροκροκίνης πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη από 70, η σαφρανάλη πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 20 και 50, ενώ η κροκίνη πρέπει να είναι ίση ή ανώτερη 200. Η περιεκτικότητα σε υγρασία για την 1^η κατηγορία πρέπει να είναι λιγότερη από 12%, που όπως φαίνεται στο Πίνακα 3.4, τα δείγματα του 1^{ου} και 2^{ου} έτους ικανοποιούν το όριο αυτό.

Κατά το χρόνο εγκατάστασης (2018) η ένταση γεύσης (πικροκροκίνη) και η ένταση του αρώματος (σαφρανάλη) πήραν τιμές πάνω από το ελάχιστο όριο της κατηγορίας I κατά ISO 3632. Άρα αποδεικνύεται ότι η πικάντικη γεύση και το χαρακτηριστικό άρωμα του κρόκου παρέμειναν αναλλοίωτα σε άριστη ποιότητα. Ωστόσο, οι τιμές της κροκίνης ήταν αρκετά χαμηλότερες από το ελάχιστο όριο της κατηγορίας I κατά ISO, κατηγοριοποιώντας το τελικό προϊόν σε χαμηλότερη ποιοτική κατηγορία, όπως αναμενόταν. Παρόμοιες μελέτες στην Νότια Ιταλία, που χρησιμοποίησαν βολβούς ιταλικής και ελληνική προέλευσης, βρέθηκε ότι ανεξάρτητα την καλλιεργούμενη τοποθεσία, την 1^η χρονιά καλλιέργειας η κροκίνη συγκεντρώνει

πολύ χαμηλότερες τιμές σε σχέση με την επόμενη χρονιά, κατηγοριοποιώντας το προϊόν στη κατηγορία II κατά ISO 3632 (Cardone, L.,2019). Μία παράμετρος που ενδεχομένως να οδήγησε σε πολύ χαμηλότερες τιμές της χρωστικής δύναμης κατά το 1^ο έτος, (I3F1: 101, I3F2: 112) η έκθεση στο φως κατά τη διάρκεια δοκιμής των ποιοτικών αναλύσεων, καθώς η κροκίνη ως καρετονοειδή παρουσιάζει ευαισθησία στο φως(Ordoudi & Tsimidou, 2004).

Οι πλειοψηφία των μεταχειρίσεων ταξινομήθηκαν στην κατηγορία III, ενώ λίγες από αυτές βρέθηκαν εκτός προδιαγραφών κατά ISO και μόνο η μειωμένη άρδευση σε συνδυασμό με συμβατική λίπανση και κοπριά (I2F2) έδωσε τιμές που αντιστοιχούν πάνω από το ελάχιστο όριο της κατηγορίας II. Όμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε δείγματα saffron 1^{ης} καλλιεργητικής χρονιάς που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία III κατά ISO, ανεξαρτήτως γεωγραφικής προέλευσης και μεθόδου ξήρανσης (Rocchi et al., 2018, 2019)

Από την άλλη πλευρά, κατά τη 2^η χρονιά καλλιέργειας το saffron που παράχθηκε από κάθε μεταχείριση ήταν υψηλής ποιότητας (κατηγορία I σύμφωνα με ISO 3632), ακόμα και αν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ελεγχόμενων παραγόντων (Πίνακας 3.4). Συγκεκριμένα, οι τιμές απορρόφησης της πικροκροκίνης και σαφρανάλης διατηρήθηκαν πάνω από το ελάχιστο όριο της κατηγορίας I κατά ISO, ενώ παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη βελτίωση της χρωστικής δύναμης (κροκίνη), με ελάχιστες αυξομειώσεις στις τιμές που εύκολα ξεπέρασαν το ελάχιστο όριο της κατηγορίας I κατά ISO 3632, που είναι 200. Η μέγιστη τιμή καταγράφηκε 252 και αφορά δείγματα κρόκου που δέχθηκαν μειωμένη άρδευση και μόνο συμβατική λίπανση (I2F1). Επομένως, κατά τη 2^η χρονιά, παρατηρούμε αναβάθμιση ποιότητας που με τις κατάλληλες καλλιεργητικές φροντίδες τόσο στον αγρό όσο και στην επεξεργασία του παράχθηκε άριστης ποιότητας κρόκος, με διατήρηση της χρωστικής δύναμης, της πικάντικης γεύσης και του χαρακτηριστικού αρώματος, στον πειραματικό αγρό στο Ν. Σκοπό Σερρών.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του κρόκου, όπως οι κλιματικές συνθήκες την περίοδο συγκομιδής των ανθέων, η μέθοδος ξήρανσης, η διάρκεια και συνθήκες αποθήκευσης (Teixeira, 2010). Ανάλογα την θερμοκρασία και το χρόνο ξήρανσης, η ποιότητα του κρόκου μπορεί να μεταβάλλεται εξαιτίας του σχηματισμού ορισμένων δευτερογενών μεταβολιτών αντί των επιθυμητών(Pardo J.E. et al., 2002; Carmona M. et al., 2005; Gregory M.J. et al.,2005).

Στην συγκεκριμένη μελέτη, τα δείγματα saffron που συλλέχθηκαν από όλες τις μεταχειρίσεις αποθηκεύτηκαν στις ίδιες συνθήκες, οι ποιοτικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν το ίδιο χρονικό διάστημα μετά τη συγκομιδή. η περίοδος συγκομιδής ήταν ίδια. Οι μόνοι παράγοντες που επηρέασαν την ποιότητα του κρόκου ήταν οι διαφορετικές μεταχειρίσεις, ως προς την άρδευση και τη λίπανση και το έτος καλλιέργειας. Επομένως, συνεπάγεται ότι στο Ν. Σκοπό Σερρών ο παραγόμενος κρόκος είναι υψηλής ποιότητας την 2^η καλλιεργητική χρονιά ανεξάρτητα από την άρδευση, τη λίπανση και τις κλιματικές συνθήκες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των ανθέων αποτελεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στην καλλιέργεια του κρόκου, καθώς το εμπορικό προϊόν είναι τα ξηρά στίγματα και για την παραγωγή 1 kg ξηρού στίγματος απαιτούνται κατά μέσο όρο 133.000 (1^ο έτος) -155.000 (2^ο έτος) άνθη. Αυτό εξηγεί γιατί διεκδικεί τον τίτλο του πιο ακριβού μπαχαρικού, αν ληφθεί υπόψη η προσπάθεια που χρειάζεται για την συγκομιδή και επεξεργασία αυτού του αριθμού ανθέων.

Η άρδευση είναι ο σπουδαιότερος παράγοντας που επίδρασε θετικά στην απόδοση όλων των εξεταζόμενων παραμέτρων. Συγκεκριμένα, η μειωμένη (75%ETo) και η πλήρη (100%ETo) άρδευση οδήγησαν στην παραγωγή 286 – 294 ανθέων ανά m², 22,18 kg/στρ. – 25,35 kg/ στρ. χλωρού βάρους ανθέων, 10,58 – 11,28 kg/στρ. χλωρού βάρους στιγμάτων και 1,86 kg/στρ. – 1,98 kg/στρ. ξηρού βάρους στιγμάτων αντίστοιχα. Επομένως, τα φυτά κρόκου που δέχθηκαν πλήρη άρδευση (100%ETo) αύξησαν την απόδοση σε αριθμό ανθέων κατά 35% και κατά 50% σε ξηρό βάρος στιγμάτων σε σχέση με τα ξηρικά, οπότε κρίνεται ως το πιο αποδοτικό επίπεδο άρδευσης ως προς την απόδοση της καλλιέργειας κρόκου στον συγκεκριμένο αγρό.

Από την άλλη, η χρήση αγελαδινής κοπριάς για ενίσχυση της βασικής λίπανσης και η αζωτούχος λίπανση βρέθηκε ότι δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά στην παραγωγικότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του κρόκου. Η ελάχιστη επίδραση της λίπανσης στην απόδοση του κρόκου, μπορεί να οφείλεται αρχικά στο γεγονός ότι το έδαφος του πειραματικού αγρού βρίσκεται σε επάρκεια θρεπτικών στοιχείων και γονιμότητας, καθώς και οι βολβοί διαθέτουν αποθηκευμένα τα στοιχεία και ενεργές ουσίες, που κρίνουν τη λίπανση ως μη απαραίτητη για την καλλιέργεια.

Η αλληλεπίδραση της πλήρους άρδευσης (I3=100%ETo) με τη βασική λίπανση του μικτού λιπάσματος (F1) (11-15-15) έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα για όλες τις μετρηθείσες παραμέτρους, καθώς παράχθηκαν κατά μέσο όρο 324 άνθη ανά m², 12,28 kg/στρ. χλωρού βάρους στιγμάτων και 2,24 kg/στρ. ξηρού βάρους στιγμάτων (saffron).

Επιπρόσθετα, κανένας από τους εξεταζόμενους παράγοντες (διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και βασική λίπανσης) δεν φάνηκε να μειώνει την ποιότητα του κρόκου, η οποία βρέθηκε ότι βρίσκεται στην ανώτερη κατηγορία (κατηγορία I κατά ISO-3632), για το 2^ο έτος καλλιέργειας. Επομένως, αποδεικνύεται ότι ο μοναδικός συντελεστής που μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του κρόκου είναι το έτος

καλλιέργειας, άρα συνεπάγεται ότι το saffron μπορεί να σταθεροποιήσει την ποιότητα και απόδοσή του κατά το 2^ο έτος καλλιέργειας ανεξάρτητα από την εφαρμοζόμενη άρδευση και λίπανση.

Ως γενικό συμπέρασμα αυτής της μελέτης είναι ότι ο *Crocus sativus* L. κατάφερε να ευδοκιμήσει σε διαφορετική περιοχή στην Ελλάδα πέρα από το Νομό Κοζάνης καθώς η καλλιέργεια στο Ν. Σκοπό Σερρών ανέδειξε ότι ο κρόκος αποτελεί μία υποσχόμενη πολυετή καλλιέργεια, που χαρακτηρίζεται από ικανοποιητική απόδοση, και παραγόμενο στίγμα υψηλής ποιότητας, στοιχεία που αποδεικνύουν ότι μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή εισοδήματος ως εναλλακτική καλλιέργεια και σε άλλες αγροτικές περιοχές της χώρας μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Βαμβακάς Ι., 1976. Ο ελληνικός κρόκος. Αθήνα.
- Βογιατζή – Καμβούκου Ε. 2004 *Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών*, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία , Θεσσαλονίκη, σελ.71-80.
- Δοδόπουλος Σ., 1976. *Καλλιέργεια και εμπορία του κρόκου*, Κοζάνη.
- Δόρδας Χ., 2012. *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά* , Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία , Θεσσαλονίκη.
- Κουτσός Θ.Β.. 2006. *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Κώδικας Τροφίμων και Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσεως, IV, 37,3,2012.
- Λευκή Βίβλος, Ο ΚΡΟΚΟΣ στην Ευρώπη, 2006, Εκδόσεις ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΕΠΕ, Αθήνα, ISBN: 978-960-8092-56-3.
- Σαρλής, Γ., 1994. *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*. Εκδόσεις Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.
- Σαρλής Γ., 1999. *Συστηματική Βοτανική-Εφαρμογές Κορμόφυτων*. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα.
- Σκρουμπής Β. 1985. *Αρωματικά φυτά και αιθέρια έλαια*, Εκδόσεις ΓΙΑΧΟΥΔΗ-ΓΙΑΠΟΥΛΗ, Θεσσαλονίκη, σελ.109-111.
- Τερκεσίδου Λ. 2003.*Πολύτιμες αρχαίες αφροδισιακές συνταγές*, Εκδόσεις Καστανιώτη ,σελ. 50-51.

Ξένη βιβλιογραφία

- Abdullaev, F. I., 2002. Cancer chemopreventive and tumoricidal properties of saffron (*Crocus sativus* L.). *Experimental Biology and Medicine*, 227,20-25.
- Aga, F.A., Wani, G.M., Hassan, B. and Wani, M.A. 2006. Cultivating saffron scientifically in Kashmir. *Indian Horticulture*, 51 (1), 21 – 24.
- Ahmed N., Anwar S., Al-Sokari S.S., Ansari Y. S., Wagih E. M., 2016. Chapter 80 –Saffron *Crocus (Crocus sativus)* Oils.In: Preedy V.R.(eds) *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, Academic Press,pp. 705-713.
- Ajami-Khals, M.R., 2017. Effects of the Weight of the Corms and Application of Organic and Chemical Fertilizers on Yield of Saffron. MSc Thesis. Faculty of agriculture, University of Torbath, Iran.

- Alsayied, N. A. F. A. 2015. Molecular Diversity and Relationships of Saffron and Wild Crocus Species (Doctoral dissertation, University of Leicester).
- Alonso G.L., Salinas MR, Garijo J, Sanchez-Fernández MA., 2001. Composition of crocins and picrocrocin from Spanish saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Food Quality* 24, 219-233.
- Basker, D., Negbi, M., 1983. Uses of saffron. *Economic Botany*, 37, 228-236.
- Baumann, B. B. 1960. The botanical aspects of ancient Egyptian embalming and burial. *Econ. Bot.* 14: 84–104.
- Baynes, S., and W.R. Smith, ed. 1905. Saffron. *Encyclopaedia Britannica*. Vol. 21, p. 153–154. Werner, Akron, OH.
- Bazoobandi M., Rahimi H., Karimi-Shahri M.R. 2020. Saffron: science, technology and health. In: Koocheki A. And Khajeh-Hosseini (eds.), *Saffron*, Woodhead Publishing, pp 169-185, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00010-1>.
- Behdani, M.A., Al-Ahmadi, M.J., Fallahi, H.R., 2016. Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus* L.) using regression models. *J. Crop. Sci. Biotechno.* 19, 71–76.
- Benschop, M. 1993. “Crocus”. In *The physiology of flower bulbs*, Edited by: de Hertogh, A. and Nard, M. le. 257–272. Amsterdam: Elsevier.
- Bezhad, S., Razavi, M. and Mahajeri, M., 1992. The effect of mineral nutrients (N. P. K.) on saffron production. *Acta Hort.* 306, 426-430.
- Botella, O., de Juan, A., Muñoz, M.R., Moya, A., López, H., 2002. Descripción morfológica y ciclo anual del azafrán (*Crocus sativus* L.). *Cuadernos de Fitopatología* 71, 18–28.
- Bouvier, F., Suire, C., Mutterer, J. r. m., Camara, B., 2003. Oxidative remodeling of chromoplast carotenoids identification of the carotenoid dioxygenase CsCCD and CsZCD genes involved in crocus secondary metabolite biogenesis. *The Plant Cell* ,15, 47-62.
- Bowles, E. H. 1952. *A Handbook of Crocus and Colchicum*. Bodley Head, London.
- Caida M.G., Canini A. 2010. Looking for saffron’s (*Crocus sativus* L.) In: Husaini A.M (Ed.) *Saffron*. Global Science Book, UK, 1 -14.

- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Cicco, N. and Candido, V. 2019, Evaluation of corm origin and climatic conditions on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and quality. *J. Sci. Food Agric.*, 99: 5858-5869.
- Carmona, M., Zalacain, A., Pardo, J.E., Alvarruiz, A., Alonso, G.L., 2005. Influence of different drying and aging conditions on saffron constituents. *J. Agr. Food Chem.* 53,3974-3979
- Carrubba A., Lo Verde G., Salamone A. 2015. Sustainable Weed, Disease and Pest Management in Medicinal and Aromatic Plants. In: Máthé Á. (eds) *Medicinal and Aromatic Plants of the World. Medicinal and Aromatic Plants of the World*, vol 1. Springer, Dordrecht, 205-235.
- Christodoulou, E., Kadoglou, N.P., Kostomitsopoulos, N. and Valsami, G. 2015, Pharmaceutical applications of saffron. *J Pharm Pharmacol*, 67: 1634-1649. doi:10.1111/jphp.12456.
- Colla, G., & Roupheal, Y. (2009). Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(1), 19-23.
- Cristurean I., Anastasiou P., Cucu N., Jordan D., Barbacrou N., Onisei T., 2004. Complex Approach for the Study of Some Romanian *Crocus* species. 3rd Conference on Medicinal and Aromatical Plants of the Southeast European Countries. Nitra, Slovak & Republic, Book of Abstracts:P088-pp40.
- Daneshmandi, M.S., Seyyedi, S.M., 2019. Nutrient availability and saffron corms growth affected by composted pistachio residues and commercial poultry manure in a calcareous soil. *Commun. Soil Sci. Plan.* 50, 1465–1475.
- de los Mozos Pascual M, Fernández JA, Roldán M., 2010. Preserving biodiversity in saffron: The Crocusbank Project and the world saffron and crocus collection. *Acta Horticulturae* 850, 23-28.
- De Mastro, G., Ruta, C., 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. *Acta Horticult.* 344, 512–517.
- FAO Food and Nutrition Paper (1986). *Manuals of food quality control. Food analysis: Quality, adulteration, and tests of identity.* FAO, Rome, 249–251.
- Feli, A., 2016. The Effect of Different Fertilizers on Growth, Yield and Soil Properties on the Saffron Culture. Msc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Shahed, Tehran. Iran.

- Fernandez, J.-A., 2004, Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Recent Research Developments in Plant Sciences, pg. 127-159.
- Forbes, K. I. 1964. Studies in Ancient Technology. Vol. 4, p. 123. Brill, Leiden, Holland.
- Frello S, Orgaard M, Jacobsen N, Heslop-Harrison J.S., 2004. The genomic organization and evolutionary distribution of a tandemly repeated DNA sequence family in the genus *Crocus* (Iridaceae). *Hereditas* 141, pp 81-88.
- Geng, Y., Cao, G., Wang, L., Wang, S., 2019. Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PLoS ONE* 14(7),
- Ghanbari, J., khajoei-negad, Gh., Van Ruth, S., Aghighi, S., 2019. The possibility for improvement of flowering, corm properties, bioactive compounds, and nutritional regimes. *Ind. Crop. Prod.* 135, 301–310
- Goliaris, A. H. 1999. Saffron cultivation in Greece. In M. Negbi (ed.), *Saffron: Crocus sativus L.* Harwood Academic Publications, Amsterdam, The Netherlands, pp. 73–85.
- Green, C. L. 1995. Non-Wood forest products In: *Natural colorants and dyestuffs*. Vol. 4. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, pp. 80–85.
- Gregory, M.J., Menary, R.C., Davies N.W., 2005. Effect of drying temperature and air flow on the production and retention of secondary metabolites in saffron. *J. Agr. Food Chem.* 53, 5969-5975.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. 28. Springer Verlag/EDPSciences/INRA. *Agron. Sustain. Dev.*, pp. 95–112.
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., Ruberto, G., 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. *Sci. Hortic-Amsterdam* 119, 320–324
- Guenther, E. 1952. *The Essential Oils*. Vol. 2, p. 348. Van Nostrand, New York.

- Heydari, Z., Besharati, H., Maleki-Farahani, S., 2014. Effect of some chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of crop Saffron. *J. Saffron Agr. Techno.* 2(3), 177–189.
- Husaini A.M., Kamili A.N. , Wani M.H. , Teixeira da Silva J. A. , Bhat G. N., 2010. Sustainable Saffron (*Crocus sativus Kashmirianus*) Production: Technological and Policy Interventions for Kashmir. *Functional Plant Science and Biotechnology* 4(special issue 2) Global Science Books. pp 116-127.
- Khazdair M.R., Boskabady M.H., Hosseini M., Rezaee R. and Tsatsakis A. M., 2015 .The effects of *Crocus sativus* (saffron) and its constituents on nervous system: A review. *Avicenna journal of phytomedicine.* 5(5): pp 376–391.
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., Mohammadabadi, A.A., 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron *Crocus sativus* L. *J. Soil Water* 25 (1), 196–206.
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Jamshid Eyni, M., 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. *Sci. Horticulture* 180, 147–155
- Koocheki A., Fallahi H. R., Jami-Al-Ahmadi, M., 2020. Saffron water requirements. In: Koocheki, A. and Khajeh-Hosseini, M.(eds.), *Saffron: science, technology and health.*, Woodhead Publishing, pp 67-72 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818638-1.00006-X>
- Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., Ahuja, P.S., 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L) agronomy, a comprehensive review. *Food Rev. Int.* 25, 44-85.
- Lage, M., Cantrell, C., 2009. Quantification of saffron (*Crocus sativus* L.) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. *Sci. Horticulture* 121, 366–373.
- Lust, J. B. 1978. *The Herb Book.* Bantam, New York.
- Mathew B., 1982. *The Crocus,* B.T. Batsford Ltd., London,pp 127.

- Mathew B., 1999. Botany, taxonomy, and cytology of *C. sativus* L. and its allies. In: Negbi M (Ed) Saffron, Harwood Academic Publishers, The Netherlands, pp 19-30.
- Michell, H. 1940. The Economics of Ancient Greece. Univ. Press, Cambridge.
- Molina, R. V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J. L., & García-Luis, A., 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 103(3), 361–379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.005>
- Negbi, M., 1999. Saffron Cultivation: Past, present and future prospects. In M. Negbi (ed.), *Saffron: Crocus sativus* L. Harwood Academic Publications, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1–17.
- Nehvi, F.A., Wani S.A., Dar, S. A., Makhdoomi, M. I. et al. 2006, II International Symposium on Saffron Biology and Technology 739, pp. 375–381.
- Ordoudi S.A., Tsimidou M.Z., 2004. Saffron quality: effect of agricultural practices, processing and storage. In: Dris R, Jain S.M. (Eds) *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops (Vol 1)*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp 209-260.
- Pérez B., M. 1995. *El azafrán*. 2a edición. Mundi-Prensa, Madrid, España .
- Pfander H, Schurtenberger H., 1982. Biosynthesis of C₂₀-carotenoids in *Crocus sativus*. *Biochemistry* 21, 1039-1042.
- Preece, W. E. ed. 1968. Saffron. *Encyclopaedia Britannica*, Vol. 19, p. 875–876. Benton, Chicago, IL.
- Rios, J. L., Recio, M. C., Giner, R. M., Manez, S., 1996, An update review of saffron and its active constituents. *Phytotherapy Research* 10, pp 189-193.
- Rocchi, R., Mascini, M., Sergi, M., Compagnone, D., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2018). Crocins pattern in saffron detected by UHPLC-MS/MS as marker of quality, process and traceability. *Food Chemistry*, 264, 241–249.
- Rocchi, R., Mascini, M., Faberi, A., Sergi, M., Compagnone, D., Martino, V. D., Carradori, S., & Pittia, P. (2019). Comparison of IRMS, GC-MS and E-Nose data for the discrimination of saffron samples with different origin, process and age. *Food Control*, 106, 106736.

- Rubio-Moraga, A., Castillo-Lopez, R., Gamez-Gamez, L., Ahrazem, O., 2009. Saffron is a monomorphic species as revealed by RAPD, ISSR and microsatellite analyses. *BMC Research Notes* , 2, 189.
- Saltron F, Tisse C, Thiercelin JM (1999) Update methods for identification of saffron adulteration. In: *Proceedings of 1st International Congress PFT 'Pigments in Food Technology'*, 24-26 March 1999, Sevilla, Spain, pp 355-362
- Sampathu S.R., Shirashankar S, Lewis YS (1984) Saffron (*Crocus sativus* L.) – Cultivation, processing, chemistry and standardisation. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 20, 123-157
- Samuelsson G. (1996) Φαρμακευτικά Προϊόντα Φυσικής Προελεύσεως, Εγχειρίδιον Φαρμακογνωσίας, Απόδοση στην Ελληνική, Γενική Επιστημονική Επιμέλεια: Π.Κορδοπάτης, Ε.Μάνεση-Ζούπας, Γ. Πάιρας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης Ηράκλειο,σ.289
- Schmidt, M., Betti, G., Hensel, A., 2007. Saffron in phytotherapy: pharmacology and clinical uses. *Wien. Med. Wochenschr.* 157, 315–319.
- Serrano-Díaza J., Sánchez A. M., Martínez-Tomé M., Winterhalter P., Alonso G. L., 2013. A contribution to nutritional studies on *Crocus sativus* flowers and their value as food. pp.101-108.
- Shah, A. A., & Tripathi, R. A. J. B. (2008). Improved technology of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation in Kashmir. 3(2), 446–448.
- Shahnawaz M, Sangale MK, Qazi HA, Dar RA , et al.,(2017) An attempt of in vivo cultivation of *Crocus sativus* L. in Western Maharashtra, India. *International Journal of Advanced Research*5, pp1403-1407
- Singla, R.K., Bhat,V.G.(2011) *Crocic: an overview*. *Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences* ,1,pg. 281-286
- Stahl, E., and C. Wagner. 1969. TAS-method for the microanalysis of important constituents of saffron. *J. Chromatogr.* 40: 308.
- Tarantilis, P. A., Tsoupras, G., Polissiou, M.,(1995) Determination of saffron (*Crocus sativus* L.) components in crude plant extract using highperformance liquid chromatography-UV-visible photodiode-array detection-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A.* 699,pp 107-118.
- Tarantilis, P. A., Polissiou, M., & Manfait, M. (1994). Separation of picrocrocin, cis-trans-crocins and safranal of saffron using high-performance

liquid chromatography with photodiode-array detection. *Journal of Chromatography A*, 664(1), 55-61. doi:10.1016/0021-9673(94)80628-4

- Tarantilis, P.A. Morjani H., Polissiou M., Manfait M., 1994. Inhibition of Growth and Induction of Differentiation Promyelotic Leukemia (HL-60) by Carotenoids from *Crocus sativus* L. *Anticancer Res.*, 15: 1913-1918.
- Tarantilis PA, Polissiou MG (1997) Isolation and identification of the aroma components from saffron (*Crocus sativus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 459-462
- Tsoktouridis G, Krigas N, Karamplianis T, Constantinidis T, Maloupa E (2009). Genetic differences among wild Greek *Crocus* taxa and cultivated saffron (*Crocus sativus* L.). In: 3rd International symposium on saffron Forthcoming challenges in cultivation research and economics. Krokos, Kozani, Greece Book of Abstracts, pp. 37.
- UNIDO and FAO. 2005. Herbs, spices and essential oils. Post-harvest operations in developing countries, pp 21-22
- Vignolini, P., Heimler, D., Pinelli, P., Ieri, F., Sciullo, A., Romani, A., 2008. Characterization of by-products of saffron (*Crocus sativus* L.) production. *Nat. Prod. Commun.* 3, 1959 – 1962.
- Winterhalter, P. Straubinger, M. (2000) Saffron-renewed interest in an ancient spice, *Food Reviews International*, 16, pg 35-39
- Yadollahi A, Shojaei ZA, Farahnaky A (2007) Study of colouring, aromatic strength and bitterness of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivated in the UK. *Acta Horticulturae* 739, 455-461
- Zhang, A., Shen, Y., Cen, M., Hong, X., Shao, Q., Chen, Y., & Zheng, B. (2019). Polysaccharide and crocin contents, and antioxidant activity of saffron from different origins. *Industrial Crops and Products*, 133, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.009>
- <https://saffronserres.gr/el/>
- <http://penteli.meteo.gr/stations/serres/NOAAPRYR.TXT>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίν.1: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες, μέση ημερήσια σχετική υγρασία και ύψος βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του πειράματος στο Ν. Σκοπό Σερρών.(Πηγή: Μετεωρολογικός Σταθμός Αυτοκινητοδρομίου Σερρών υπό την ιδιοκτησία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

MONTH	MEAN TEMP (C)	MIN RH (%)	MAX RH (%)	MEAN RH(%)	RAIN(mm)
10/8/2018	26	40	95	67,5	7,6
20/8/2018	26,9	36	97	66,5	8
31/8/2018	26,5	32	97	64,5	8
10/9/2018	25,5	28	76	52	8,6
20/9/2018	21,2	28	90	59	98,6
30/9/2018	15,8	30	91	60,5	189,6
11/10/2018	16,4	32	86	59	275,6
21/10/2018	14,4	55	95	75	370,6
31/10/2018	17,8	56	95	75,5	465,6
11/11/2018	12	44	88	66	553,6
21/11/2018	13	77	96	86,5	649,6
30/11/2018	4	88	88	88	737,6
11/12/2018	8	36	53	44,5	790,6
21/12/2018	4,2	69	95	82	885,6
31/12/2018	2,4	73	93	83	978,6
10/1/2019	0,1	90	95	92,5	1073,6
20/1/2019	4	90	97	93,5	1170,6
31/1/2019	7,4	75	97	86	1267,6
10/2/2019	5,1	62	95	78,5	1362,6
20/2/2019	8,7	27	93	60	1455,6
28/2/2019	7,6	31	85	58	1540,6
10/3/2019	14,4	21	97	59	1637,6
20/3/2019	13,8	35	95	65	1732,6
30/3/2019	12,6	25	68	46,5	1800,6
11/4/2019	15,4	43	96	69,5	1896,6
21/4/2019	13	29	91	60	1987,6
30/4/2019	18,1	32	91	61,5	2078,6
10/5/2019	17,9	31	92	61,5	2170,6
21/5/2019	20,2	27	91	59	2261,6
31/5/2019	20,1	46	88	67	2349,6
10/6/2019	22,3	44	96	70	2445,6
20/6/2019	24,3	42	96	69	2541,6
30/6/2019	26,2	35	82	58,5	2623,6
10/7/2019	25,5	39	93	66	2716,6
20/7/2019	25,1	33	86	59,5	2802,6
31/7/2019	28	34	93	63,5	2895,6
10/8/2019	28,8	31	82	56,5	2977,6
20/8/2019	25,3	35	88	61,5	3065,6
30/8/2019	25,2	23	80	51,5	3145,6
10/9/2019	23,4	41	84	62,5	3229,6
21/9/2019	16,6	35	95	65	3324,6
30/9/2019	21,7	45	95	70	3419,6
11/10/2019	17,5	52	97	74,5	3516,6
21/10/2019	17,6	42	95	68,5	3611,6
31/10/2019	13,1	50	96	73	3707,6
17/11/2019	15,4	70	98	84	3805,6

Πίν.2: Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων όσον αφορά τον αριθμό ανθέων ανά m², χλωρό βάρος ανθέων(kg/στρ.), χλωρό βάρος σιγμάτων (kg/στρ.), ξηρό βάρος σιγμάτων (kg/στρ.), όπως αυτά μετρήθηκαν το 1^ο έτος καλλιέργειας (25/10/2018 – 25/11/2018).

α/α μάχια	Επισπορά/φάσις	Αρδευση	Αίπωση	αριθμός ανθέων/m ²		υγρό βάρος ανθέων(kg/στρ.)		υγρό βάρος σιγμάτων(kg/στρ.)		ξηρό βάρος σιγμάτων (kg/στρ.)	μήκος υγρού σιγματος(cm)
				Μ.Ο	Σύνολο	Μ.Ο.	Σύνολο	Μ.Ο.	Σύνολο		
1	1	1	1	2,48	62	0,59	15,33	0,046	1,21	0,34	max
2	1	2	1	1,38	36	0,43	11,27	0,036	0,93	0,26	4,5
3	1	3	1	1,38	36	0,39	10,07	0,029	0,75	0,24	min
4	1	1	1	1,96	51	0,51	13,36	0,031	0,82	0,3	1,5
5	1	2	1	1,26	33	0,33	8,8	0,031	0,81	0,22	
6	1	3	1	1,69	44	0,53	13,84	0,04	1,04	0,31	
7	1	1	1	1,46	38	0,41	10,67	0,034	0,9	0,31	
8	1	2	1	1,8	47	0,61	15,87	0,05	1,33	0,43	
9	1	3	1	1,34	35	0,43	11,36	0,039	1,015	0,27	
10	1	1	2	1,61	42	0,44	11,42	0,039	1,01	0,28	
11	1	2	2	1,7	45	0,56	14,71	0,052	1,37	0,38	
12	1	3	2	1,5	39	0,52	13,55	0,039	1,02	0,25	
13	1	1	2	1,92	50	0,49	12,89	0,037	0,975	0,31	
14	1	2	2	1,73	45	0,67	16,89	0,05	1,29	0,37	
15	1	3	2	1,34	35	0,45	11,62	0,04	1,05	0,36	
16	1	1	2	1,61	42	0,5	13,19	0,04	1,06	0,3	
17	1	2	2	1,42	37	0,43	11,19	0,033	0,86	0,35	
18	1	3	2	1,34	35	0,46	12,06	0,033	0,85	0,25	
19	2	1	1	2,1	55	0,62	16,25	0,051	1,35	0,37	
20	2	2	1	3,07	80	1	26,18	0,08	2,17	0,55	
21	2	3	1	1,7	46	0,5	14,5	0,046	1,2	0,38	
22	2	1	1	2,27	59	0,7	18,27	0,06	1,56	0,42	
23	2	2	1	1,77	46	0,65	16,96	0,057	1,47	0,42	
24	2	3	1	2	52	0,67	17,53	0,054	1,39	0,45	
25	2	1	1	1,65	43	0,5	12,93	0,04	1,04	0,34	
26	2	2	1	1,69	44	0,55	14,42	0,046	1,19	0,31	
27	2	3	1	1,46	38	0,515	13,3	0,03	0,86	0,26	
28	2	1	2	2,11	55	0,72	18,84	0,06	1,61	0,44	
29	2	2	2	1,96	51	0,65	17,01	0,054	1,4	0,39	
30	2	3	2	1,54	40	0,52	13,72	0,038	0,98	0,32	
31	2	1	2	1,84	48	0,67	17,56	0,063	1,65	0,45	
32	2	2	2	1,88	49	0,65	16,95	0,054	1,4	0,35	
33	2	3	2	1,61	42	0,55	14,22	0,04	1,04	0,29	
34	2	1	2	1,84	48	0,6	15,7	0,058	1,5	0,38	
35	2	2	2	1,96	51	0,66	17,09	0,05	1,27	0,37	
36	2	3	2	1,57	41	0,59	15,33	0,048	1,25	0,34	
37	3	1	1	2,34	61	0,77	20,1	0,22	5,71	0,42	
38	3	2	1	1,11	29	0,33	8,7	0,026	0,68	0,22	
39	3	3	1	2,42	63	0,75	19,4	0,07	1,81	0,57	
40	3	1	1	2,73	71	0,88	23,03	0,07	1,84	0,53	
41	3	2	1	1,15	30	0,37	9,66	0,027	0,71	0,19	
42	3	3	1	3,07	80	0,96	25,06	0,082	2,14	0,55	
43	3	1	1	1,73	45	0,51	13,43	0,045	1,18	0,32	
44	3	2	1	3,07	78	0,33	8,78	0,026	0,67	0,22	
45	3	3	1	2,38	62	0,76	19,95	0,06	1,56	0,43	
46	3	1	2	1,92	50	0,6	15,57	0,05	1,3	0,43	
47	3	2	2	1,23	32	0,41	10,9	0,034	0,89	0,27	
48	3	3	2	2,15	56	0,69	17,97	0,064	1,66	0,54	
49	3	1	2	1,27	33	0,41	10,75	0,04	1,04	0,29	
50	3	2	2	0,7	19	0,23	6,01	0,019	0,5	0,16	
51	3	3	2	1,73	45	0,58	15,03	0,04	1,11	0,29	
52	3	1	2	1,96	51	0,68	16,92	0,063	1,65	0,47	
53	3	2	2	0,8	21	0,28	7,24	0,043	1,12	0,16	
54	3	3	2	2,3	60	0,78	20,24	0,067	1,75	0,46	

Πίν.3: Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων όσον αφορά τον αριθμό ανθέων ανά m², χλωρό βάρος ανθέων(kg/στρ.), χλωρό βάρος σιγμάτων (kg/στρ.), ξηρό βάρος σιγμάτων (kg/στρ.), όπως αυτά μετρήθηκαν το 2^ο έτος καλλιέργειας (1/11/2019– 17/11/2019).

α/α τιμάρι α	Επιγαλήφεις	Αρδισση	Λύταση(Βασική)	Αιτιούχα Λύταση	Αριθμός Ανθέων/m ²		Βάρος Νωπού Σίγματος(kg/στρ.)		Ξηρό Βάρος σιγμάτων(kg/στρ.)		Νωτό Βάρος Ανθέων (kg/στρ.)	
					Σύνολο	M.O.	Σύνολο	M.O.	Σύνολο	Σύνολο	M.O.	
1	1	1	1	1	117,0	9,8	3,5	0,3	0,59	52,65	3,09	
2	1	2	1	1	264,0	22,0	10,8	0,9	1,93	118,8	9,90	
3	1	3	1	1	292,0	24,3	10,1	0,8	1,94	131,4	10,95	
4	1	1	1	2	162,0	13,5	5,1	0,4	0,86	72,9	6,08	
5	1	2	1	2	168,0	14,0	6,6	0,5	1,15	75,6	6,30	
6	1	3	1	2	251,0	20,9	9,0	0,8	1,7	112,95	9,41	
7	1	1	1	3	140,0	11,7	4,4	0,4	0,79	63	5,25	
8	1	2	1	3	338,0	28,2	13,5	1,1	2,08	152,1	12,68	
9	1	3	1	3	245,0	20,4	9,0	0,8	1,7	110,25	9,19	
10	1	1	2	1	121,0	10,1	3,8	0,3	0,69	54,45	4,54	
11	1	2	2	1	275,0	22,9	9,3	0,8	2,13	123,75	10,31	
12	1	3	2	1	239,0	19,9	8,1	0,7	1,55	107,55	8,96	
13	1	1	2	2	251,0	20,9	8,1	0,7	1,41	112,95	9,41	
14	1	2	2	2	234,0	19,5	9,4	0,8	1,56	105,3	8,78	
15	1	3	2	2	232,0	19,3	9,6	0,8	1,71	104,4	8,70	
16	1	1	2	3	219,0	18,3	7,8	0,7	1,32	98,55	8,21	
17	1	2	2	3	294,0	24,5	11,3	0,9	2,16	132,3	11,03	
18	1	3	2	3	128,0	10,7	4,8	0,4	0,73	57,6	4,80	
19	2	1	1	1	221,0	18,4	7,3	0,6	1,21	99,45	8,29	
20	2	2	1	1	448,0	37,3	15,1	1,3	2,84	201,6	16,80	
21	2	3	1	1	306,0	25,5	11,2	0,9	1,85	137,7	11,48	
22	2	1	1	2	226,0	18,8	7,1	0,6	1	101,7	8,48	
23	2	2	1	2	342,0	28,5	12,6	1,0	2,17	153,9	12,83	
24	2	3	1	2	305,0	25,4	11,8	1,0	1,99	137,25	11,44	
25	2	1	1	3	196,0	16,3	6,1	0,5	1,69	88,2	7,35	
26	2	2	1	3	342,0	28,5	12,2	1,0	1,62	153,9	12,83	
27	2	3	1	3	283,0	23,6	10,2	0,9	1,44	127,35	10,61	
28	2	1	2	1	288,0	24,0	10,4	0,9	1,48	129,6	10,80	
29	2	2	2	1	236,0	19,7	9,2	0,8	2,07	106,2	8,85	
30	2	3	2	1	318,0	26,5	12,7	1,1	2,4	143,1	11,93	
31	2	1	2	2	250,0	20,8	8,5	0,7	1,57	112,5	9,38	
32	2	2	2	2	293,0	24,4	10,9	0,9	1,91	131,85	10,99	
33	2	3	2	2	329,0	27,4	12,2	1,0	2,05	148,05	12,34	
34	2	1	2	3	189,0	15,8	7,5	0,6	1,27	85,05	7,09	
35	2	2	2	3	238,0	19,8	9,0	0,8	1,56	107,1	8,93	
36	2	3	2	3	204,0	17,0	8,0	0,7	1,26	91,8	7,65	
37	3	1	1	1	265,0	22,1	9,2	0,8	1,44	119,25	9,94	
38	3	2	1	1	321,0	26,8	11,9	1,0	2,03	144,45	12,04	
39	3	3	1	1	415,0	34,6	16,2	1,3	3,8	186,75	15,56	
40	3	1	1	2	253,0	21,1	9,4	0,8	1,47	113,85	9,49	
41	3	2	1	2	242,0	20,2	8,7	0,7	1,46	108,9	9,08	
42	3	3	1	2	420,0	38,2	16,8	1,4	2,93	189	15,75	
43	3	1	1	3	268,0	22,3	9,3	0,8	1,57	120,6	10,05	
44	3	2	1	3	314,0	26,2	12,3	1,0	1,91	141,3	11,78	
45	3	3	1	3	399,0	33,3	16,3	1,4	2,79	179,55	14,96	
46	3	1	2	1	288,0	24,0	10,0	0,8	1,66	129,6	10,80	
47	3	2	2	1	313,0	26,1	11,1	0,9	1,88	140,85	11,74	
48	3	3	2	1	354,0	29,5	13,2	1,1	2,37	159,3	13,28	
49	3	1	2	2	160,0	13,3	9,4	0,8	1,61	72	6,00	
50	3	2	2	2	275,0	22,9	9,5	0,8	1,55	123,75	10,31	
51	3	3	2	2	279,0	23,3	11,1	0,9	1,46	125,55	10,46	
52	3	1	2	3	320,0	26,7	11,8	1,0	2,24	144	12,00	
53	3	2	2	3	207,0	17,3	7,1	0,6	1,21	93,15	7,76	
54	3	3	2	3	302,0	25,2	12,8	1,1	2,01	135,9	11,33	

Πίν.4: Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων όσον αφορά των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου, δηλαδή την ένταση γεύσης(πικροκροκίνη, A1%1cm 257 nm), ένταση αρώματος(σαφρανάλη, A1%1cm 330 nm),ένταση χρωστικής(κροκίνη, A1%1cm 440 nm) και της υγρασίας, όπως αυτά προσδιορίστηκαν κατά ISO 3632 στα δείγματα κρόκου 1^{ου} έτους καλλιέργειας (Δεκέμβριος,2018).

		Φασματομετρία									
α/α δείγματα δοκιμασίας	Υγρασία(%)	Μάζα(g)	Κροκίνη-Ένταση χρωστικής(440 nm)			Σαφρανάλη-ένταση αρώματος(330 nm)			Πικροκροκίνη- ένταση της γεύσης(257 nm)		
			Ενδειξη οργάνου (M.O.)	Απορρόφηση (M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)	ένδειξη οργάνου(M.O.)	Απορρόφηση(M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)	Ενδειξη οργάνου(M.O.)	Απορρόφηση(M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)
1	9,06	0,5	0,6640	146	III	0,143	31	I	0,379	83	I
2	25	0,52	0,7159	182	II	0,1728	44	I	0,404	103	I
3	9,4	0,52	0,4815	103	Κατώτερης κατηγορίας	0,1952	42	I	0,3927	82	I
4	8,8	0,52	0,7798	165	III	0,2007	42	I	0,4078	86	I
5	9,3	0,52	0,9026	191	II	0,1882	40	II	0,41	87	I
6	8,5	0,51	0,5221	112	Κατώτερης κατηγορίας	0,1975	42	I	0,389	83	I

Πίν.5: Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων όσον αφορά των κυριότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών του κρόκου, δηλαδή την ένταση γεύσης(πικροκροκίνη, A1%1cm 257 nm), ένταση αρώματος(σαφρανάλη, A1%1cm 330 nm),ένταση χρωστικής(κροκίνη, A1%1cm 440 nm) και της υγρασίας, όπως αυτά προσδιορίστηκαν κατά ISO 3632 στα δείγματα κρόκου 2^{ου} έτους καλλιέργειας (Ιανουάριος 2019).

α/α δείγμα α δοκιμασ ίας	Υγρασία(%)	Μάζα(g)	Κροκίνη-Ένταση χρωστικής(440 nm)			Σαφρανάλη-ένταση αρώματος(330 nm)			Πικροκροκίνη- ένταση της γεύσης(257 nm)		
			Ενδειξη οργάνου (M.O.)	Απορρόφηση (M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)	ένδειξη οργάνου(M.O.)	Απορρόφηση(M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)	Ενδειξη οργάνου(M.O.)	Απορρόφηση(M.O.)	Κατηγορία(ISO 3632-2:2010)
1	9,2	0,50	0,71992	158	III	0,12104	27	I	0,33326	73	I
	9,3	0,50	0,932125	204	I	0,1648	29	I	0,43145	95	I
2	9,1	0,50	1,05546	231	I	0,1933	32	I	0,460366	101	I
3	9,05	0,50	0,941325	206	I	0,215125	38	I	0,445825	98	I
4	9,22	0,50	0,8135	177	II	0,146675	26	I	0,371525	81	I
5	9,18	0,50	0,0147	222	I	0,0303	7		0,10324	23	III
	9,35	0,50	1,20062	264	I	0,19924	44	I	0,4451	7	III
6	9,4	0,50	0,8709571	190	II	0,003448	1		0,0332285	7	III
	9,15	0,50	1,0234	224	I	0,19835	43	I	0,428825	94	I
7	9,2	0,50	0,97863	214	I	0,18676	41	I	0,43155	94	I
8	9,18	0,51	1,14956	250	I	0,03486	8		0,113	25	III
	9,67	0,50	1,19578	262	I	0,21648	47	I	0,50558	111	I
9	9,55	0,51	0,95173	206	I	0,01693	4		0,10613	23	III
	9,43	0,50	1,07566	236	I	0,2021	40	I	0,428825	94	I
10	9,23	0,50	1,1246	246	I	0,2011	44	I	0,4741	104	I
11	9,1	0,50	1,1567	252	I	0,2051	45	I	0,492275	107	I
12	9,8	0,51	1,01385	219	I	0,352225	76	I	0,817025	176	I
13	9,32	0,50	1,0666	233	I	0,185333	41	I	0,4621	101	I
14	9,4	0,50	1,08706	237	I	0,19536	43	I	0,46636	102	I
15	9,13	0,50	0,9366	206	I	0,1777	39	I	0,45483	100	I
16	9,2	0,50	1,0704	234	I	0,19756	43	I	0,4824	106	I
17	9,57	0,50	1,1607	254	I	0,1907	42	I	0,4416	97	I
18	9,33	0,51	1,1473	249	I	0,1971	43	I	0,4681	102	I

Πίν.6: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) για τις μετρήσεις επί της παραγωγικότητας για το 1^ο έτος καλλιέργειας κρόκου (2018).

Μεταχειρίσεις		Αρ. Ανθέων/ m ²	Χ.Β. Ανθέων kg/στρ	Χ.Β.στιγμάτων kg/στρ	Συν. Ξ.Β. στιγμάτων kg/στρ	
Αρδευση	I1	50	15,34	1,238	0,372	
	I2	40	13,26	1,084	0,312	
	I3	47	15,49	1,253	0,364	
ΕΣΔ,05		ns	ns	ns	ns	
Λίπανση	F1	49	15,15	1,23	0,357	
	F2	43	14,24	1,153	0,343	
ΕΣΔ,05		5,19	ns	ns	ns	
Αρδευση * Λίπανση	I1	F1	54	15,92	1,269	0,372
		F2	47	14,76	1,206	0,372
	I2	F1	41	13,4	1,107	0,313
		F2	39	13,11	1,062	0,311
	I3	F1	51	16,11	1,315	0,384
		F2	44	14,86	1,19	0,344
	ΕΣΔ,05		ns	ns	ns	ns
	CV (%)		20,1	22,8	22,9	21,4

Πίν.7: Πίνακας ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) για τις μετρήσεις επί της παραγωγικότητας για το 2^ο έτος καλλιέργειας κρόκου (2019).

1	Μεταβλητές		Αρ. Ανθών/ m ²	Χ.Β. Ανθών kg/στρ	Χ.Β.σπυριών kg/στρ	Συν. Ξ.Β. σπυριών kg/στρ	
2	N Αίτηση	N1	282,2	20,99	10,17	1,301	
3		N2	259,6	21,82	9,76	1,642	
4		N3	257	20,83	9,64	1,631	
5	F2A,05		ns	ns	ns	ns	
6	Αρίθμηση	I1	218,6	16	7,71	1,326	
7		I2	285,8	22,18	10,58	1,846	
8		I3	294,5	25,35	11,28	1,987	
9	F2A,05		65,59	6,723	1,965	0,4034	
10	Αρίθμηση*N Αίτηση	I1N1	216,7	15,5	7,37	1,178	
11		I1N2	217	16,91	7,95	1,32	
12		I1N3	222	15,61	7,83	1,48	
13		I2N1	309,5	22,12	11,24	2,147	
14		I2N2	259	22,09	9,58	1,633	
15		I2N3	288,8	22,34	10,92	1,757	
16		I3N1	320,7	25,04	11,9	2,318	
17		I3N2	302,7	26,46	11,75	1,973	
18		I3N3	260,2	24,53	10,19	1,655	
19	F2A,05		ns	ns	ns	ns	
20	Αίτηση	F1	279,4	20,93	10,2	1,776	
21		F2	253,2	21,43	9,51	1,66	
22	F2A,05		ns	ns	ns	ns	
23	Αίτηση*N Αίτηση	F1N1	294,3	20,35	10,58	1,959	
24		F1N2	263,2	18,92	9,67	1,637	
25		F1N3	280,6	23,5	10,37	1,732	
26		F2N1	270,2	21,42	9,76	1,803	
27		F2N2	255,9	24,72	9,86	1,648	
28		F2N3	233,4	18,15	8,92	1,529	
29		F2A,05		ns	8,511	ns	ns
30		Αρίθμηση * Αίτηση	I1F1	205,3	13,68	6,82	1,18
31			I1F2	231,8	18,32	8,61	1,472
32	I2F1		308,8	23,57	11,51	1,91	
33	I2F2		262,8	20,79	9,65	1,781	
34	I3F1		324	25,52	12,28	2,238	
35	I3F2		265	25,18	10,28	1,727	
36	F2A,05		54,16	ns	2,149	0,4708	
37	Αρίθμηση*Αίτηση*N Αίτηση	I1F1N1	201	13,09	6,66	1,08	
38		I1F1N2	213,7	13,2	7,2	1,11	
39		I1F1N3	201,3	14,76	6,61	1,35	
40		I1F2N1	232,3	17,9	8,08	1,277	
41		I1F2N2	220,3	20,61	8,7	1,53	
42		I1F2N3	242,7	16,46	9,04	1,61	
43		I2F1N1	344,3	24,19	12,59	2,267	
44		I2F1N2	250,7	18,87	9,27	1,593	
45		I2F1N3	331,3	27,66	12,67	1,87	
46		I2F2N1	274,7	20,06	9,88	2,027	
47		I2F2N2	267,3	25,3	9,9	1,673	
48		I2F2N3	246,3	17,02	9,17	1,643	
49		I3F1N1	337,7	23,78	12,48	2,53	
50		I3F1N2	325,3	24,68	12,53	2,207	
51		I3F1N3	309	28,09	11,84	1,977	
52		I3F2N1	303,7	26,31	11,32	2,107	
53		I3F2N2	280	28,25	10,97	1,74	
54		I3F2N3	211,3	20,98	8,54	1,333	
55	F2A,05		ns	ns	ns	ns	
56	CV (%)		17,9	27,9	15	23,2	
57							
58							