



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΔΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ
& ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση των αζωτούχων λιπασμάτων με παρεμποδιστές
(ουρεάσης και νιτροποίησης) στα αγρονομικά χαρακτηριστικά
και την απόδοση της Ατρακτυλίδας (*Carthamus tinctorius L.*)



Παντελεήμων Α. Σταυρόπουλος

Επιβλέπων καθηγητής:
Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2022

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Επίδραση των αζωτούχων λιπασμάτων με παρεμποδιστές (ουρεάσης και νιτροποίησης) στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της Ατρακτυλίδας (*Carthamus tinctorius L.*)

Influence of nitrogen fertilization with inhibitors (urease and nitrification) on agronomic characteristics and yield of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*)

Παντελεήμων Α. Σταυρόπουλος

Εξεταστική επιτροπή:

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)

Τραυλός Ηλίας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΓΠΑ

Κακαμπούκη Ιωάννα, Επίκουρη Καθηγήτρια ΓΠΑ

Επίδραση των αζωτούχων λιπασμάτων με παρεμποδιστές (ουρεάσης και νιτροποίησης) στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της Ατρακτυλίδας

ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας

Περίληψη

Η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius L.*) είναι ένα φυτό της οικογένειας Asteraceae. Πρόκειται για ένα ελαιούχο φυτό, του οποίου το έλαιο έχει πληθώρα χρήσεων. Καλλιεργείται σε διάφορα μέρη του κόσμου, με μεγαλύτερες χώρες παραγωγής την Ινδία, τις ΗΠΑ και το Μεξικό (FAO,2020). Οι χρήσεις του φυτού είναι αρκετές. Χρησιμοποιείται στη διατροφή του ανθρώπου, στις βαφές κ.α.. Το έλαιο του χρησιμοποιείται στην διατροφή του ανθρώπου, την κοσμετολογία καθώς και την φαρμακευτική. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον η χρήση του ελαίου της Ατρακτυλίδας, στην παραγωγή βιοντίζελ (Golzarfar et al., 2012). Το άζωτο αποτελεί στοιχείο κλειδί για την ανάπτυξη των φυτών. Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων, καθώς και ο μεγάλος αριθμός απωλειών που προκύπτει από τη χρήση της ουρίας οδηγεί σε πληθώρα προβλημάτων, όπως περιβαλλοντικές μολύνσεις. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα γίνεται χρήση νέου τύπου λιπασμάτων, που περιέχουν παρεμποδιστές, που επιτρέπουν την σταδιακή απελευθέρωση του λιπάσματος στο έδαφος (Zisi *et al*, 2020). Εκτός από τη λίπανση, μέγιστης σημασίας είναι και η εδαφική κατεργασία, με σκοπό την δημιουργία της βέλτιστης σποροκλίνης. Το σύστημα της συμβατικής κατεργασίας, που χρησιμοποιείται κατά κόρων μέχρι σήμερα, μπορεί να προκαλέσει διαβρώσεις. Για αυτό το λόγο, αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο συστήματα κατεργασίας λιγότερο επιβλαβή για το έδαφος και την ατμόσφαιρα, όπως είναι το σύστημα της ακατεργασίας (no tillage - tillage) (Banjara et. al., 2015).

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να αξιολογηθεί η επίδραση των διαφορετικών τύπων λιπασμάτων, καθώς και η εδαφική κατεργασία, στην ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας (*Carthamus tinctorius L.*)

Στον πειραματικό αγρό του εργαστηρίου γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, έλαβε χώρα ένα πείραμα. Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν ένα εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο δύο παραγόντων με τέσσερις επαναλήψεις. Ο ένας παράγοντας αφορούσε τη λίπανση. Οι επεμβάσεις ήταν η ουρία, η ουρία με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης και ο μάρτυρας (χωρίς προσθήκη λιπάσματος). Ο δεύτερος παράγοντας ήταν η εδαφική κατεργασία. Οι επεμβάσεις της εδαφικής κατεργασίας ήταν η συμβατική κατεργασία και η ακατεργασία. Κατά τη διάρκεια του πειράματος λήφθηκαν μετρήσεις για το ύψος του φυτού, το νωπό και το ξηρό του βάρος, το δείκτη φυλλικής επιφάνειας, τον αριθμό των ανθικών κεφαλών ανά φυτό, τον αριθμό των σπόρων ανά ανθική κεφαλή, το βάρος των στημόνων και την απόδοση της καλλιέργειας.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η λίπανση με ουρία και παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης φάνηκε να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα στο ύψος των φυτών, το νωπό και το ξηρό βάρος και τον αριθμό των ανθικών κεφαλών ανά φυτό. Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, το βάρος των στημόνων και ο αριθμός των σπόρων ανά ανθική κεφαλή δεν επηρεάστηκαν από τον τύπο του λιπάσματος, αλλά από την εδαφική κατεργασία. Η συμβατική κατεργασία έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα. Η απόδοση της καλλιέργειας επηρεάστηκε τόσο από τον τύπο του λιπάσματος, όσο και από την εδαφική κατεργασία. Τα βέλτιστα αποτελέσματα σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης, στα αγροτεμάχια που είχαν υποστεί τη συμβατική κατεργασία.

Στην παρούσα μελέτη φάνηκε, πως τα καλύτερα αποτελέσματα σημειώθηκαν στα αγροτεμάχια που λιπάνθηκαν με ουρία με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης και η κατεργασία του εδάφους που είχε γίνει ήταν η συμβατική κατεργασία.

Επιστημονική περιοχή: Φυτική παραγωγή

Λέξεις κλειδιά: ακατεργασία, συμβατική κατεργασία καλλιεργητική τεχνική, παρεμποδιστής νιτροποίησης, παρεμποδιστής ουρεάσης, Ατρακτυλίδα

Influence of nitrogen fertilization with inhibitors (urease and nitrification) on agronomic characteristics and yield of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*)

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, in Plant Improvement and in Agrometeorology
Department of Crop Faculty
Faculty of Crop Science*

Abstract

Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) is a member of the Asteraceae family. It is an oil crop and it has many uses. It is mainly cultivated in India, USA and Mexico (FAO, 2020). It can be used in human diet, in painting, etc. The oil from Safflower can be used in human diet, cosmetology, medicines. Nowadays it is also used in biodiesel production (Golzarfar et al., 2012). Nitrogen fertilization is important for the plant growth. Because of the problems caused by urea, which is mainly used in nitrogen fertilizers, new types of fertilizers have inhibitors, that control the fertile disposal in soil (Zisi et. al., 2020). In addition to fertilization, tillage practice is important, in order to make a good seedbed. The most common tillage practice is conventional tillage, but it causes problems such as erosion. To prevent this, practices like no tillage – tillage is nowadays used in agronomy (Banjara et. al., 2015).

The aim of this study was to see the effects of using different types of fertilizers (control, urea, urea with inhibitors) and different type of tillage practices (conventional tillage and no tillage – tillage), on the plant growth and yield of a Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) crop.

A complete randomize block design with two factors and four replications experiment was laid out in the field of Agronomy lab in AUA. The measurements were about the height and the weight (fresh and dry) of the plants, the leaf area index, the number of the capitulum and the number of seeds in the capitulum, the weight of the pigments and the yield of the crop.

According to the results, fertilization was the factor that influenced the plant growth. Urea with inhibitors gave the best results in plant height, plant weight

(fresh and dry), number of capitulum. Tillage practice effected the number of seeds in the capitulum and the weight of the pigments. Best results were shown in the conventional tillage practice. The yield of the crop was influenced by both type of fertilization and tillage practice. The best results were calculated in the plots that had nitrogen fertilization with urease inhibitor and nitrification inhibitor and conventional tillage.

In the present research study, we demonstrated that fertilizers with inhibitors were very efficient and helped the plant growth improving many of its characteristics. We also demonstrated that conventional tillage had better results than no tillage – tillage.

Scientific Area: Crop Faculty

Keywords: *Carthamus tinctorius L.*, conventional tillage, nitrification inhibitor, no tillage – tillage, tillage practice, urease inhibitor

Ευχαριστίες

Πριν περάσουμε στην ανάπτυξη του θέματος της μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς κάποια άτομα που με βοήθησαν και με στήριξαν σε όλη την διάρκεια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών, καθώς και στην υλοποίηση της παρούσας διατριβής.

Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή και επιβλέποντα της διατριβής μου κ. Δημήτριο Μπιλάλη για τη βοήθεια, την στήριξη και την καθοδήγησή του τόσο κατά την υλοποίηση του πειράματος, όσο και στη συγγραφή της μελέτης. Οι γνώσεις που με μετέδωσε είναι πολύτιμες, καθώς και οι συμβουλές που μου έδωσε θα με ακολουθούν για όλη μου τη ζωή. Ευχαριστώ για την ευκαιρία να γνωρίσω τον κλάδο της αειφορικής γεωργίας και να δραστηριοποιηθώ σε αυτόν.

Συνεχίζοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, καθώς και τους συμφοιτητές μου στο ΠΜΣ για το ευχάριστο κλίμα και την αρμονική συνεργασία που υπήρχε κατά τη διάρκεια του ΠΜΣ. Ειδικότερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπ. Διδάκτωρ του εργαστηρίου Γεωργίας του ΓΠΑ κα Στέλλα Καρυδόγιαννη, για την στήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε ότι θέμα προέκυψε κατά την φοίτησή μου στο ΠΜΣ. Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις υπ. Διδάκτωρ του εργαστηρίου Γεωργίας του ΓΠΑ κα Βαρβάρα Κουνέλη και κα Αντιγόλενα Φωλίνα για την βοήθεια τους στην διεξαγωγή του πειράματος.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη τους σε αυτό μου το εγχείρημα. Ευχαριστώ για την συμπαράσταση, την στήριξη και την κατανόηση σε όλη τη χρονική διάρκεια της μελέτης.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Στη Μαρία, τη Διονυσία, τον Αποστόλη

Περιεχόμενα

1.	Περίληψη.....	3
2.	Abstract	5
3.	Ευχαριστίες	7
4.	1. Εισαγωγή	14
1.1	Γενικά.....	14
1.2	Ιστορικά στοιχεία	14
1.3	Ταξινόμηση.....	15
1.4	Μορφολογία.....	16
1.4.1	Ριζικό σύστημα	16
1.4.2	Στέλεχος.....	17
1.4.3	Φύλλα	17
1.4.4	Άνθος.....	18
1.4.5	Σπόρος	18
1.5	Στάδια ανάπτυξης.....	19
	Στάδιο 0: Φύτρωμα.....	19
	Στάδιο 1: Ανάπτυξη φύλλων.....	20
	Στάδιο 2: Διακλάδωση	20
	Στάδιο 3: Βλαστική ανάπτυξη	20
	Στάδιο 4: Συγκομιδή α'.....	20
	Στάδιο 5: Εμφάνιση κεφαλών και ανθέων	21
	Στάδιο 6: Ανθηση.....	21
	Στάδιο 7: Ανάπτυξη καρπών	21
	Στάδιο 8: Ωρίμανση κεφαλών και καρπών.....	21
	Στάδιο 9: Ξήρανση.....	21
1.7	Καλλιεργητική τεχνική.....	24
1.8	Εχθροί και ασθένειες.....	26
1.9	Χρήσεις.....	28
1.9.1	Ανθρώπινη κατανάλωση.....	28
1.9.2	Ζωοτροφή.....	29
1.9.3	Βαφή.....	30
1.9.4	Δρεπτά άνθη	30
1.9.5	Κοσμητολογία	30
1.9.6	Φαρμακευτικές χρήσεις	31
1.9.7	Βιοκαύσιμο	31
1.10	Παγκόσμια παραγωγή Ατρακτυλίδας	32
1.11	Συστήματα εδαφοκατεργασίας (Tillage practices)	35
1.10.1	Συμβατική κατεργασία (conventional tillage)	35
1.10.2	Μειωμένη κατεργασία (minimum tillage)	35
1.10.3	Ακατεργασία (no – tillage)	36
1.12	Άζωτο	38
1.13	Λιπάσματα νέας γενιάς.....	39
1.12.1	Παρεμποδιστής νιτροποίησης.....	40

1.12.2 Παρεμποδιστής ουρεάσης.....	41
1.14 Σκοπός της μελέτης	44
5. 2. Υλικά και μέθοδοι	45
6. 3. Αποτελέσματα.....	53
7. 4. Συζήτηση.....	57
8. 5. Συμπέρασμα	68
9. 6. Βιβλιογραφία.....	70
10. 7. Παράρτημα εικόνων.....	80

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1: Ταξινόμηση Ατρακτυλίδας	16
Πίνακας 2: Στάδια ανάπτυξης <i>Carthamus tinctorius</i>	23
Πίνακας 3: Συστήματα κατεργασίας.....	37
Πίνακας 4: Εδαφολογική ανάλυση.....	47
Πίνακας 5: Ύψος φυτού Ατρακτυλίδας	53
Πίνακας 6: Νωπό βάρος φυτών.....	53
Πίνακας 7: Ξηρό βάρος φυτών.....	54
Πίνακας 8: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας	54
Πίνακας 9: Ο αριθμός των ανθικών κεφαλών.....	55
Πίνακας 10: Ο αριθμός των σπόρων / κεφαλή.....	55
Πίνακας 11: Το βάρος των στημόνων.....	56
Πίνακας 12: Απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας	56

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Παγκόσμια παραγωγή σπόρου Ατρακτυλίδας.....	33
Διάγραμμα 2: Παγκόσμια παραγωγή ελαίου Ατρακτυλίδας.....	34
Διάγραμμα 3: Κατανομή παραγωγής Ατρακτυλίδας ανά Ήπειρο σε σπόρο (αριστερά) και λάδι (δεξιά)	34
Διάγραμμα 4: Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή Ατρακτυλίδας σε σπόρο (αριστερά) και έλαιο (δεξιά)	34
Διάγραμμα 5: Μέση θερμοκρασία.....	47
Διάγραμμα 6: Ύψος βροχής.....	48
Διάγραμμα 7: Πορεία ύψους φυτών ανά επέμβαση	58

Διάγραμμα 8: Τελικό ύψος φυτού ανά επέμβαση	58
Διάγραμμα 9: Η εξέλιξη του νωπού βάρους των φυτών.....	59
Διάγραμμα 10: Νωπό βάρος φυτού.....	59
Διάγραμμα 11: Πορεία ξηρού βάρους φυτών κατά τη διάρκεια του πειράματος	60
Διάγραμμα 12: Ξηρό βάρος φυτού.....	61
Διάγραμμα 13: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας	62
Διάγραμμα 14: Σύγκριση δεικτών φυλλικής επιφάνειας στις διαφορετικές ΗΑΣ.....	62
Διάγραμμα 15: Αριθμός ανθικών κεφαλών.....	63
Διάγραμμα 16: Επίδραση λίπανσης στον αριθμό σπόρων ανά κεφαλή.....	64
Διάγραμμα 17: Επίδραση κατεργασίας στον αριθμό σπόρων ανά κεφαλή.....	64
Διάγραμμα 18: Επίδραση λίπανσης στο βάρος των στημόνων.....	65
Διάγραμμα 19: Επίδραση κατεργασίας στο βάρος των στημόνων.....	66
Διάγραμμα 20: Απόδοση καλλιέργειας Ατρακτυλίδας.....	67
Διάγραμμα 21: Απόδοση καλλιέργειας Ατρακτυλίδας.....	67

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: <i>Dehydrocostus lactone</i>	17
Εικόνα 2: <i>Costunolide</i>	17
Εικόνα 3: Ανθοκεφαλή Ατρακτυλίδας	18
Εικόνα 4: Σπόροι Ατρακτυλίδας	19
Εικόνα 5: Στάδια ανάπτυξης <i>Carthamus tinctorius</i>	22
Εικόνα 6: Συμπτώματα από Αλτερνάρια και σκουριά στην Ατρακτυλίδα.....	28
Εικόνα 7: Παγκόσμια παραγωγή σπόρου Ατρακτυλίδας.....	33
Εικόνα 8: Παγκόσμια παραγωγή ελαίου Ατρακτυλίδας.....	33

Εικόνα 9: Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου.....	39
Εικόνα 10: Παρεμποδιστής ουρεάσης NBPT.....	42
Εικόνα 11: Παρεμποδιστής νιτροποίησης DCD.....	43
Εικόνα 12: Κύκλος N και απώλειες	43
Εικόνα 13: Ο πειραματικός αγρός.....	44
Εικόνα 14: Τοποθεσία καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας.....	45
Εικόνα 15: Πειραματικό σχέδιο.....	46
Εικόνα 16: Πρώτα στάδια καλλιέργειας.....	52
Εικόνα 17: Στάδιο ροζέτας.....	52
Εικόνα 18: Εικόνα του αγρού.....	80
Εικόνα 19: Χάραξη αγρού και πρώτο πότισμα	80
Εικόνα 20: Η καλλιέργεια στο στάδιο της ωρίμανσης	81
Εικόνα 21: Ανθικές κεφαλές σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης	82
Εικόνα 22: Μετρήσεις.....	83
Εικόνα 23: Φυτά σε πλήρη ωρίμανση.....	84
Εικόνα 24: Ανθική κεφαλή πρώτα στάδια	85
Εικόνα 25: Ανθική κεφαλή σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης	86
Εικόνα 26: Όργανο μέτρησης δείκτη φυλλικής επιφάνειας	87
Εικόνα 27: Ζυγός ακριβείας που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις.....	87
Εικόνα 28: Εικόνα του αγρού με ώριμα φυτά.....	88

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius*) είναι ένα φυτό που ανήκει στην οικογένεια Asteraceae ή Compositae. Είναι γνωστή με διάφορες ονομασίες, όπως κάρθαμος, ψευδοσαφράν και κενταύριο. Εντοπίζεται αυτοφυόμενη στην Ασία, τη Μέση Ανατολή και την Αφρική (Zahra, 2012), ενώ εξημερώθηκε και ξεκίνησε να καλλιεργείται στην Κίνα, την Ινδία, το Ιράν και την Αίγυπτο (Jinous Asgarpanah and Nastaran Kazemivash, 2013). Σήμερα, καλλιεργείται σε έκταση 867,000 εκτάρια παγκοσμίως, με αποδόσεις 642,000 τόνους. Κύριες χώρες καλλιέργειας είναι το Καζακστάν, οι ΗΠΑ και η Κίνα (FAO, 2019). Η Ατρακτυλίδα καλλιεργείται κυρίως για τα άνθη της. Αυτά χρησιμοποιούνται τόσο ως τροφή, όσο και στη χρώση τροφών και υφασμάτων. Πιο συγκεκριμένα, στις κεφαλές του φυτού υπάρχουν στήμονες, με χρώμα κόκκινο – πορτοκαλί που χρησιμοποιούνται για την γευστική ενίσχυση φαγητών και την χρώση τους, καθώς και για τη χρώση υφασμάτων (Omidi, et. al., 2011). Σήμερα, η καλλιέργεια της γίνεται κυρίως για τους σπόρους της. Αποτελεί ένα ελαιούχο φυτό, με περιεκτικότητα ελαίου στο σπόρο 35 – 50% (Camas et al., 2007). Το έλαιο της Ατρακτυλίδας είναι άχρωμο, χωρίς γεύση και παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες στην σύσταση με το έλαιο του ηλιάνθου (ηλιέλαιο). Οι σπόροι του φυτού, επίσης, περιέχουν μεγάλη ποσότητα ιχνοστοιχείων (Zn, Cu, Mn and Fe), βιταμινών και τοκοφερολών (Omidi, et. al., 2011). Η σημασία της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας έχει αυξηθεί τελευταία, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παραγωγή βιοκαυσίμων (Zahra, 2012).

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Η ακριβής προέλευση της Ατρακτυλίδας δεν έχει ακόμα προσδιοριστεί. Πρόκειται για ένα φυτό που λέγεται ότι είναι το αρχαιότερο φυτό του κόσμου, παλαιότερο και από την ελιά (Smith, 1996). Πιθανή περιοχή προέλευσής της φαίνεται να είναι η έκταση μεταξύ της Ανατολικής Μεσογείου και του Περσικού κόλπου (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Καλλιεργείται σε διάφορες περιοχές από τα αρχαία χρόνια με βασικό παράγωγο την καρθαμίνη. Η καρθαμίνη είναι μια χρωστική που προέρχεται από τα άνθη του φυτού και χρησιμοποιείται για την χρώση φαγητών και υφασμάτων.

Στην Αίγυπτο, χρησιμοποιούνταν για τη χρώση βαμβακερών υφασμάτων και μεταξιού. Επίσης, χρησιμοποιούνταν σε τελετές, για τη χρώση των υλικών ταρίχευσης των μουμιών, καθώς και για την παρασκευή αλοιφών με τις οποίες τις άλειφαν. Ακόμα, με τα άνθη του φυτού κατασκεύαζαν στεφάνια τα οποία τοποθετούσαν στους τύμβους, πράγμα που αποδεικνύεται από την εύρεση σπόρων Ατρακτυλίδας στα συγκεκριμένα μέρη. Επιπρόσθετα, εντοπίστηκαν πολλές τοιχογραφίες και κομμάτια πάπυρου, που απεικόνιζαν άνθη ή και ολόκληρα φυτά Ατρακτυλίδας, ενώ σε μούμια που χρονολογείται το 1600 π.Χ. βρέθηκαν δεμένα άνθη Ατρακτυλίδας σε φύλλα ιτιάς. Τα ευρήματα αυτά προέρχονται από την Αίγυπτο και χρονολογούνται περίπου στα 4000 χρόνια πριν. Είναι πιθανό η Ατρακτυλίδα να καλλιεργούνταν και παλαιότερα στην περιοχή του Ευφράτη (Smith, 1996). Στην Ευρώπη, καλλιεργήθηκε πρώτη φορά πριν από περίπου 200 χρόνια, για την παραγωγή καρθαμίνης. Η καλλιέργεια της με αυτό το σκοπό ελαττώθηκε τον 19^ο αιώνα με την εμφάνιση των συνθετικών χρωστικών, ωστόσο συνέχισε να καλλιεργείται για την παραγωγή ελαίου (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013). Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας άγγιξε τα 20.000 στρέμματα την δεκαετία του 1960, κυρίως σε περιοχές της Αττικής και της Βοιωτίας.

1.3 Ταξινόμηση

Η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius*) ανήκει στην οικογένεια Asteraceae ή Compositae. Το γένος *Carthamus* περιέχει πολλά είδη με διάφορους αριθμούς χρωμοσωμάτων $2n = 20, 22, 24, 44$ και 64 . Το *Carthamus tinctorius* (καλλιεργούμενο είδος) έχει χρωμοσωμικό αριθμό $2n = 24$, ενώ πρόγονοί του με ίδιο αριθμό χρωμοσωμάτων θεωρούνταν ζιζάνια. Τα πιο γνωστά είναι το *C. Oxycanthus* και το *C. palaestinus*. Το συγκεκριμένο εμφανίζει μεγάλο αριθμό ποικιλιών. Οι ποικιλίες διαφέρουν μεταξύ τους σε διάφορα σημεία όπως στην ύπαρξη αγκαθιών, στο χρώμα των στημόνων, κ.α..

Πίνακας 1: Ταξινόμηση Ατρακτυλίδας.

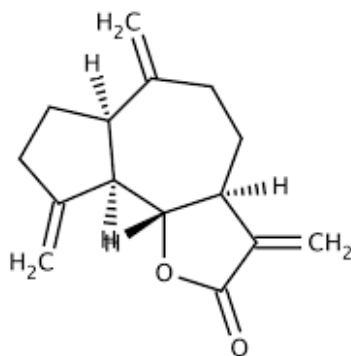
ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Plantae
ΚΛΑΣΗ	Asterids
ΤΑΞΗ	Asterales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Asteraceae
ΓΕΝΟΣ	Carthamus
ΕΙΔΟΣ	<u><i>Carthamus tinctorius</i></u>

1.4 Μορφολογία

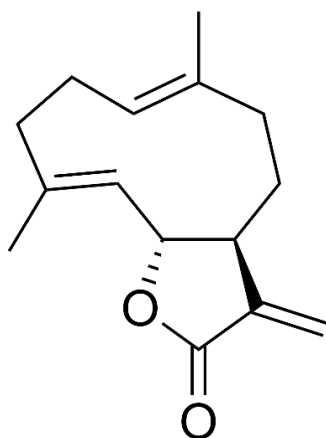
Το *Carthamus tinctorius*, είναι ετήσιο, ποώδες φυτό. Εμφανίζει ορθοστέλεχη ανάπτυξη και το ύψος του κυμαίνεται από 50 έως 200 cm. Στα αρχικά στάδια της ανάπτυξής του περνάει από το στάδιο της ροζέτας, με το οποίο και διαχειμάζει, στην περίπτωση της φθινοπωρινής σποράς. Η διάρκεια αυτού του σταδίου, εξαρτάται άμεσα από την εποχή σποράς. Πιο συγκεκριμένα, στην φθινοπωρινή σπορά διαρκεί περισσότερο (διαχείμανση), συγκριτικά με την εαρινή σπορά όπου το στάδιο της ροζέτας, διαρκεί μερικές εβδομάδες (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984). Σε αυτό το στάδιο, το φυτό παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και μεγάλη ευαισθησία στα ζιζάνια.

1.4.1 Ριζικό σύστημα

Το υπόγειο σύστημα της ατρακτυλίδας μπορεί να εκτείνεται σε πολύ μεγάλο βάθος. Αποτελείται από μία κύρια, πασσαλώδη ρίζα, που μπορεί να φτάσει σε βάθος 2-3 μέτρα και πολλές πλάγιες ρίζες. Αυτό, καθιστά το φυτό, ανθεκτικό στην ξηρασία (Dajue and Mundel, 1996). Παρόλο της δυνατότητας του ριζικού συστήματος της ατρακτυλίδας να διεισδύει σε τόσο μεγάλο βάθος, το ενεργό ριζικό σύστημα παρατηρείται σε βάθος 30 εκατοστά, σε συνθήκες επαρκής υγρασίας (Weiss 2000). Έπειτα από μελέτες που έγιναν (Carlos Rial et. Al, 2020), φαίνεται πως από τη ρίζα της ατρακτυλίδας εκλύονται αλληλοπαθητικές ουσίες, οι οποίες βοηθούν στον ανταγωνισμό με τα ζιζάνια. Πιο συγκεκριμένα, οι ουσίες που αναγνωρίστηκαν ήταν η dehydrocostus lactone και costunolide.



Εικόνα 1: Dehydrocostus lactone (πηγή: <httpswww.glentham.comkoproductsproductGL1542>)



Εικόνα 2: Costunolide (πηγή: <httpswww.selleckchem.comproductsCostunolide.html>)

1.4.2 Στέλεχος

Το στέλεχος παρουσιάζει όρθια ανάπτυξη. Ο βλαστός είναι σκληρός αρκετά χονδρός στη βάση και λεπταίνει σταδιακά φθάνοντας στην κορυφή. Το ύψος του ποικίλει από 50-200 cm και επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές τεχνικές. Έχει χρώμα ελαφρώς γκριζο, ή πρασινωπό προς λευκό με εμφανείς αυλακώσεις. Μετά από το στάδιο της ροζέτας, το στέλεχος εμφανίζει γρήγορη ανάπτυξη και έντονη διακλάδωση. Η διακλάδωση ξεκινάει στα 15cm ενώ η γωνία διακλάδωσης αποτελεί χαρακτηριστικό της ποικιλίας. Κάθε βλαστός, καταλήγει σε ανθική κεφαλή. Σε όλο το μήκος του εντοπίζονται φύλλα, τα οποία έχουν αγκάθια (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2013).

1.4.3 Φύλλα

Τα φύλλα είναι απλά, σχεδόν επιμήκη. Έχουν μήκος 10-15 cm και πλάτος 2,5-5 cm. Στα ανώτερα φύλλα εντοπίζονται αγκάθια. Η παρουσία, καθώς και η ποσότητα των αγκαθιών αποτελεί χαρακτηριστικό της εκάστοτε ποικιλίας ατρακτυλίδας (Dajue

and Mundel, 1996). Οι ποικιλίες με αγκάθια θεωρείται ότι έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε έλαιο στους σπόρους τους (Sanskriti et al., 2014), ενώ οι ποικιλίες που δεν έχουν αγκάθια (var. Zanzibar) δίνουν τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί η συγκομιδή με το χέρι.

1.4.4 Άνθος

Τα άνθη της ατρακτυλίδας εμφανίζονται σε ταξιανθίες στην κορυφή του βλαστού. Η ταξιανθία ονομάζεται κεφαλή. Έχει σφαιρικό σχήμα και διάμετρο 1,3-4 cm. Η κεφαλή περικλείεται από πολλά βράκτια. Μέσα στην κεφαλή, τα άνθη είναι πυκνά διατεταγμένα. Ο αριθμός τους ποικίλει από 20 έως 180, ανάλογα την ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Το χρώμα των ανθέων μπορεί να είναι από ελαφρώς κιτρινωπό έως κοκκινωπό – πορτοκαλί (Martin et. al., 2006). Είναι κατά κύριο λόγο αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Το ποσοστό σταυρογονιμοποίησης δεν ξεπερνά το 10%, ενώ η παρουσία μελισσών και εντόμων βοηθά στην αύξηση αυτού του ποσοστού (Knowles, 1969).



Εικόνα 3: Ανθοκεφαλή Ατρακτυλίδας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

1.4.5 Σπόρος

Ο καρπός της ατρακτυλίδας είναι αχαίνιο, λείος, με σκληρό ινώδες περίβλημα και τέσσερις πλευρές. Το χρώμα του είναι υπόλευκο, γκρι, ή με διάστικτο χρωματισμό. Υπάρχουν ποικιλίες που διαθέτουν πάππο καθώς και ποικιλίες που ο πάππος απουσιάζει. Σε κάθε ανθοκεφαλή υπάρχουν 15-30 σπόροι. Το βάρος 1000 κόκκων

κυμαίνεται από 30 έως 45 gr. Η περιεκτικότητα σε λάδι ποικίλλει από 20 έως 45%, ίσως και περισσότερο (Dajue and Mundel, 1996).



Εικόνα 4: Σπόροι Ατρακτυλίδας (Πηγή: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/469/P0000469.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

1.5 Στάδια ανάπτυξης

Τα στάδια ανάπτυξης της Ατρακτυλίδας έχουν περιγραφεί με το BBCH scale. Η περιγραφή αυτή βασίζεται σε ευδιάκριτα και περιγράψιμα μορφολογικά δεδομένα. Αναλυτικότερα, έχουν χωριστεί σε 9 βασικά στάδια, τα οποία χωρίζονται σε 10 μέρη το καθένα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως το ακριβές στάδιο ανάπτυξης που βρίσκεται το φυτό, καθώς και η διάρκεια του κάθε σταδίου, διαφέρει ανάλογα του γονοτύπου του φυτού και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή κατά την περίοδο ανάπτυξης του.

Στάδιο 0: Φύτρωμα

Η ανάπτυξη του φυτού ξεκινά με την βλάστηση του σπόρου. Πιο συγκεκριμένα το στάδιο 0 χωρίζεται σε 10 ακόμα στάδια, στα οποία το πρώτο (00) αφορά την περίοδο κατά την οποία ο σπόρος είναι ακόμα ξηρός και ολοκληρώνεται με το 09, με την ανάδυση των κοτυληδόνων.

Στάδιο 1: Ανάπτυξη φύλλων

Το συγκεκριμένο στάδιο ξεκινά με την ολοκληρωμένη ανάπτυξη των κοτυληδόνων. Σε αυτό το σημείο ξεκινά και η έκπτυξη του πρώτου ζεύγους φύλλων, τα οποία είναι αρκετά μικρά (1 cm). Το συγκεκριμένο στάδιο έχει διάρκεια από 11 έως 24 ημέρες. Η περιγραφή του, γίνεται από τον αριθμό των φύλλων που έχουν αναπτυχθεί πλήρως και έχουν αποκτήσει μέγεθος τουλάχιστον 4 cm. Τα πρώτα δύο φύλλα είναι απλά και αντίθετα. Τα επόμενα εκπτύσσονται με τέτοιο τρόπο, που δημιουργούν ροζέτα. Στο στάδιο της ροζέτας (19) το φυτό διαχειμάζει. Ο μέγιστος αριθμός φύλλων στον βλαστό κυμαίνεται από 25 έως 45 φύλλα.

Ροζέτα

Η ροζέτα αποτελεί μια δομή που αναπτύσσεται κοντά στο έδαφος. Εμφανίζει μεγάλη αντοχή σε χαμηλές θερμοκρασίες και για αυτό το λόγο αποτελεί το στάδιο με το οποίο διαχειμάζουν αρκετά φυτά. Η διάρκειά του σταδίου της ροζέτας εξαρτάται από την επικρατούσα θερμοκρασία και υγρασία (Abel, 1975).

Στάδιο 2: Διακλάδωση

Αυτό το στάδιο αφορά στην ανάπτυξη των δευτερευόντων βλαστών. Ο αριθμός του, καθώς και η ανάπτυξη τους επηρεάζει την απόδοση, καθώς κάθε ένας από αυτούς έχει στην κορυφή του ανθική κεφαλή.

Στάδιο 3: Βλαστική ανάπτυξη

Σε αυτό το στάδιο παρατηρείται η ανάπτυξη του κεντρικού στελέχους του φυτού. Η διάρκεια αυτού του σταδίου εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, καθώς και από τις εισροές που έχει λάβει ή λαμβάνει η καλλιέργεια, κυρίως την λίπανση και την άρδευση. Ως λήξη της βλαστικής ανάπτυξης, θεωρείται η έναρξη της άνθησης.

Στάδιο 4: Συγκομιδή α'

Αυτό το στάδιο αφορά την εμπορική ωρίμανση των μερών του φυτού που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφή. Πιο συγκεκριμένα, ως ζωοτροφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρυφερά φύλλα και βλαστοί. Σε αυτό το στάδιο, ορίζεται ο χρόνος συγκομιδής αυτών των μερών.

Στάδιο 5: Εμφάνιση κεφαλών και ανθέων

Το συγκεκριμένο στάδιο περιγράφει την εμφάνιση των ανθικών κεφαλών του κεντρικού στελέχους. Ξεκινάει η εμφάνιση της δομής των κεφαλών, ενώ στο εσωτερικό των βρακτίων, πραγματοποιείται διαφοροποίηση της κεντρικής κεφαλής. Στο στάδιο 55, περίπου 91 ημέρες από την ανάδυση των κοτυληδόνων, πραγματοποιείται εμφάνιση της κεντρικής ανθικής κεφαλής και διαχωρισμός της από τα βράκτια φύλλα. Κατά το τέλος του σταδίου 5 (59) οι κεφαλές έχουν λάβει το τελικό τους μέγεθος.

Στάδιο 6: Άνθηση

Στην άνθηση παρατηρείται άνοιγμα των ανθέων της κεντρικής κεφαλής. Εκεί, είναι εμφανείς οι στήμονες του φυτού. Συνήθως, το φυτό φτάνει σε αυτό το στάδιο κατά την 106 – 115 ημέρα μετά την ανάδυση. Η λήξη του συγκεκριμένου σταδίου γίνεται όταν περισσότερο από το 90% των κεφαλών έχουν ανοίξει. (Flemmer et al., 2014). Η άνθηση της Ατρακτυλίδας διαρκεί περίπου ένα μήνα (Sanskriti et al., 2014).

Στάδιο 7: Ανάπτυξη καρπών

Η ανάπτυξη των καρπών ξεκινά με την επέκταση των κεφαλών. Σε αυτό το στάδιο οι στήμονες αλλάζουν χρώμα, γίνονται πιο σκούροι. Επειδή οι καρποί δεν είναι εμφανείς για να χαρακτηριστεί το συγκεκριμένο στάδιο, η περιγραφή του γίνεται σύμφωνα με το μέγεθος της κεφαλής, ενώ ως λήξη του θεωρείται το στάδιο που η ανθική κεφαλή έχει λάβει το τελικό της μέγεθος.

Στάδιο 8: Ωρίμανση κεφαλών και καρπών

Η περιγραφή του σταδίου γίνεται με την παρατήρηση της πορείας ωρίμανσης των κεφαλών, καθώς όπως και στο προηγούμενο στάδιο, οι καρποί δεν είναι εμφανείς. Έτσι, σε αυτό το στάδιο οι κεφαλές έχουν λάβει το τελικό τους μέγεθος και παρατηρείται η έναρξη ξήρανσης των εξωτερικών βρακτίων φύλλων που περιβάλλουν την ανθική κεφαλή. Κατά τη λήξη αυτού του σταδίου το 90% των ανθικών κεφαλών έχει αποκτήσει κίτρινο χρώμα.

Στάδιο 9: Ξήρανση

Σε αυτό το στάδιο το φυτό αρχίζει να ξηραίνεται. Πιο συγκεκριμένα, ο βλαστός και τα φύλλα ξεκινούν να κιτρινίζουν, από τη βάση του φυτού. Κατά τη λήξη του σταδίου περισσότερο από το 90% του φυτού έχει πλέον αποξηρανθεί και έχει χάσει το χρώμα του. Τα φύλλα κατά κύριο λόγο παραμένουν επάνω στο φυτό μετά την ξήρανσή τους, με εξαίρεση τα κατώτερα, που ξηραίνονται και πέφτουν (Flemmer et al., 2014).



Εικόνα 5: Στάδια ανάπτυξης *Carthamus tinctorius* (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Πίνακας 2: Στάδια ανάπτυξης *Carthamus tinctorius*

ΣΤΑΔΙΟ 0: Βλάστηση		
00		Ξηρός σπόρος
05		Έκπτυξη ριζιδίου
09		Ανάδυση κοτυληδόνων
ΣΤΑΔΙΟ 1: Ανάπτυξη φύλλων		
10		Ολοκλήρωση έκπτυξη κοτυληδόνων
12		2 πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα
13		3 πλήρως ανεπτυγμένα φύλλα
...		
19		Ροζέτα
ΣΤΑΔΙΟ 2: Διακλάδωση		
20		Χωρίς δευτερεύοντες βλαστούς
21		Πρώτος δευτερεύον βλαστός
22		2 δευτερεύοντες βλαστοί
23		3 δευτερεύοντες βλαστοί
...		
29		9+ δευτερεύοντες βλαστοί
ΣΤΑΔΙΟ 3: Βλαστική ανάπτυξη		
30		
31		
32		
33		
...		
39		
ΣΤΑΔΙΟ 5: Εμφάνιση ταξιανθιών		
50		Δημιουργία κεφαλών
55		Πλήρης εμφάνιση κεφαλών
59		Διαφοροποίηση βράκτιων φύλλων
ΣΤΑΔΙΟ 6: Άνθηση		
61		Έναρξη άνθησης
65		50% ανοιχτές κεφαλές
67		70% ανοιχτές κεφαλές
69		90% ανοιχτές κεφαλές (τέλος άνθησης)
ΣΤΑΔΙΟ 7: Ανάπτυξη καρπών		
71		Έναρξη επιμήκυνσης ανθικών κεφαλών
75		Κεφαλές με 50% του τελικού τους μεγέθους
79		Κεφαλές με πλήρη ανάπτυξη μεγέθους
ΣΤΑΔΙΟ 8: Ωρίμανση κεφαλών και καρπών		
81		Κιτρίνισμα βράκτιων
83		30% κιτρίνισμα των ανθικών κεφαλών
85		50% κιτρίνισμα των ανθικών κεφαλών
87		70% κιτρίνισμα των ανθικών κεφαλών
89		90% κιτρίνισμα των ανθικών κεφαλών
ΣΤΑΔΙΟ 9: Ξήρανση		
91		10% κιτρίνισμα φύλλων
95		50% κιτρίνισμα φύλλων
97		100% κιτρίνισμα φύλλων
99		Συγκομιδή

1.6 Προσαρμοστικότητα

Θερμοκρασία

Η Ατρακτυλίδα αναπτύσσεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Πιο συγκεκριμένα, οι σπόροι αρχίζουν να βλαστάνουν σε θερμοκρασίες 2 – 5°C (Golkar et Karimi, 2019). Στο στάδιο της ροζέτας, το φυτό έχει μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, -7 °C (Mundel et al., 1992). Αντίθετα, κατά το στάδιο της άνθησης, το φυτό είναι ευαίσθητο στις χαμηλές θερμοκρασίες. Επίσης, θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 32 °C, είναι εξίσου επιβλαβείς για το φυτό (Golkar et Karimi, 2019).

Υγρασία

Η Ατρακτυλίδα είναι φυτό που δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό. Μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του για άρδευση και μέσω των βροχοπτώσεων. Λόγω του μεγάλου βάθους ανάπτυξης της ρίζας, δίνει την δυνατότητα να καλλιεργηθεί σε εδάφη με μεγάλη ιδατοϊκανότητα, χωρίς άρδευση. Επίσης η Ατρακτυλίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ξηρικά συστήματα αμειψισποράς (Golkar et Karimi, 2019). Η υψηλή υγρασία σε συνδυασμό με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 20 °C μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα της καλλιέργειας, καθώς ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων που προσβάλλουν την καλλιέργεια (Mundel et al., 1995).

Εδαφικές απαιτήσεις

Η καλλιέργεια του *Carthamus tinctorius* μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πληθώρα εδαφών. Παρόλα αυτά, η Ατρακτυλίδα προτιμά βαθιά εδάφη, γόνιμα, αμμώδη ή αμμοπηλώδη και με καλή αποστράγγιση (Gurta, 2015). Είναι φυτό που παρουσιάζει αντοχή στην αλατότητα. Ωστόσο, σε εδάφη με έντονη αλατότητα παρατηρείται μείωση της ανάπτυξης και της αναμενόμενης απόδοσης της καλλιέργειας (Golkar et Karimi, 2019).

1.7 Καλλιεργητική τεχνική

Προετοιμασία εδάφους

Πριν την σπορά, απαιτείται να πραγματοποιηθεί καθάρισμα του αγρού από ζιζάνια. Σε περίπτωση συστήματος αμειψισποράς, η καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας θα ακολουθήσει κάποιο σκαλιστικό φυτό. Η σποροκλίνη πρέπει να είναι απαλλαγμένη

από ζιζάνια, καθώς η καλλιέργεια αδυνατεί να τα ανταγωνιστεί στα πρώτα στάδια, με καλή υγρασία και καλό αερισμό. Αυτό, μπορεί να επιτευχθεί με οργώματα ή και σβαρνίσματα.

Σπορά

Η σπορά της καλλιέργειας στη χώρα μας, καθώς και στην υπόλοιπη Μεσόγειο, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε το φθινόπωρο, είτε την άνοιξη. Το στάδιο της ροζέτας εμφανίζει ιδιαίτερα μεγάλη αντοχή στο ψύχος, με αποτέλεσμα να διαχειμάζει το φυτό χωρίς να του προκαλούνται προβλήματα από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Κατά την ανοιξιότικη σπορά απαιτείται άρδευση, πράγμα που δεν συμβαίνει στην φθινοπωρινή. Ένα ακόμα κριτήριο επιλογής εποχής σποράς, είναι και ο σκοπός της καλλιέργειας. Φαίνεται πως η φθινοπωρινή σπορά δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις σε σπόρο και κατ' επέκταση σε έλαιο (Koutroubas et al., 2004; Yau, 2007). Η σπορά γίνεται σε γραμμές, με αποστάσεις φύτευσης 30 εκατοστά (Azari et Khajehbour, 2005). Βιβλιογραφικά αναφέρονται και μεγαλύτερες αποστάσεις (75 εκατοστά). Σε αυτή την περίπτωση είναι πιθανό να υπάρξει πρόβλημα με τα ζιζάνια.

Άρδευση

Πρόκειται για μια καλλιέργεια που δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό, ενώ μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μέσω των βροχοπτώσεων. Παρόλα αυτά, η πραγματοποίηση 2 – 3 αρδεύσεων, έδωσαν πολύ θετικά αποτελέσματα στην απόδοση της καλλιέργειας (Golkar et Karimi, 2019).

Λίπανση

Όσον αφορά στη λίπανση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας, φαίνεται πως το άζωτο αποτελεί ιδιαίτερα βασικό στοιχείο στην ανάπτυξη του φυτού. Μαζί με το Άζωτο, ιδιαίτερη σημασία για το φυτό έχει ο φώσφορος. Ωστόσο, η προτεινόμενη δόση λίπανσης της καλλιέργειας, που έδειξε πιο θετικά αποτελέσματα στην απόδοση και ανάπτυξη του φυτού, φαίνεται πως ήταν 42 kg N / ha (Shahrokhnia et Sepaskhah, 2017), 100 kg P₂O₅ / ha (Golzarfar et al., 2012). Το κάλιο, δεν αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη του φυτού. Παρόλα αυτά φαίνεται πως με την προσθήκη 25 kg K₂O / ha τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερα θετικά (El – Nakhalawy, 1988).

Διαχείριση ζιζανίων

Η ζιζανιοκτονία κρίνεται απαραίτητη στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας (ροζέτα), καθώς έπειτα το φυτό γίνεται ιδιαίτερα ανταγωνιστικό, τόσο μέσω των

ουσιών που εκκρίνει από τη ρίζα (αλληλοπαθητικές), όσο και από την γρήγορη ανάπτυξη του και την έντονη διακλάδωση. Η διαχείριση των ζιζανίων γίνεται με βοτανίσματα, καθώς εμφανίζει μεγάλη ευαισθησία στα ζιζανιοκτόνα (Φασούλας και Φωτιάδης, 1984).

Συγκομιδή

Η συγκομιδή των σπόρων μπορεί να πραγματοποιηθεί μετά την ξήρανση του φυτού και όταν ο σπόρος είναι ξηρός και σκληρός. Επειδή το φυτό δεν λυγίζει και δεν τινάζει ο σπόρος, δίνεται η δυνατότητα καθυστέρησης της συγκομιδής, χωρίς την πρόκληση προβλημάτων.

Αμειψισπορά

Η καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας μπορεί να συμπεριληφθεί σε συστήματα αμειψισποράς σιτηρών. Ακόμα, μπορεί να καλλιεργηθεί σε χωράφια που βρίσκονται σε αγρανάπαυση. Θεωρείται ως μια πολύ καλή επιλογή για χρήση σε συστήματα αμειψισποράς, κυρίως λόγω των χαμηλών εισροών που απαιτεί (Yau, 2010).

1.8 Εχθροί και ασθένειες

Η Ατρακτυλίδα είναι μια καλλιέργεια, που δεν εμφανίζει συχνά προσβολές από εχθρούς ή ασθένειες. Οι μυκητολογικές ασθένειες που απαντώνται στην καλλιέργεια του *Carthamus tinctorius* εμφανίζονται κυρίως έπειτα από χρονικές περιόδους με έντονη βροχόπτωση, που θα προκαλέσει και μεγάλη αύξηση του ποσοστού υγρασίας, με αποτέλεσμα να ευνοείται η ανάπτυξη μυκήτων (Πολονύφης, 2012). Πιο συγκεκριμένα ο συχνότερος μύκητας που προσβάλλει την καλλιέργεια είναι ο *Alternaria*, ο οποίος προκαλεί νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα, χρώματος καστανού. Προσβολή στα φύλλα παρατηρείται επίσης κατά την μόλυνση από μύκητες του γένους *Fusarium*, *Cercospora*, *Rumularia*. Στα άνθη, προκαλείται σήψη από μύκητες του γένους *Sclerotinia* και *Botrytis* ενώ, μύκητες του γένους *Phytophthora* και *Rhizium*, προκαλούν σήψεις στα υπόγεια μέρη του φυτού (Neeraja et al., 2019).

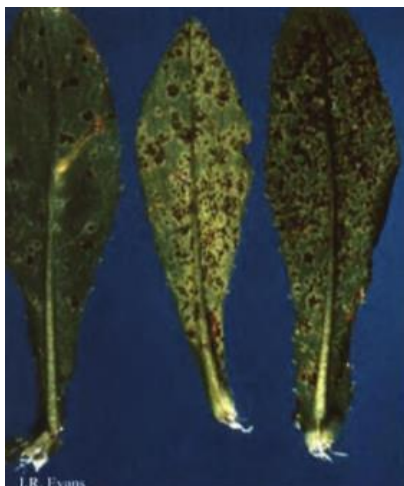
Πέρα των μυκητολογικών ασθενειών, η Ατρακτυλίδα, προσβάλλεται και από βακτηριακές ασθένειες. Βαικότερη εξ' αυτών είναι η βακτηριακή σήψη, η οποία προκαλείται από το βακτήριο *Pseudomonas syringae*. Η συγκεκριμένη ασθένεια

εμφανίζει παρόμοια συμπτώματα με αυτά της προσβολής από τον μύκητα *Aternaria* *sp.*. Πιο συγκεκριμένα, η βακτηριακή σήψη προκαλεί νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα της Ατρακτυλίδας, οι οποίες έχουν κίτρινο - πράσινο χρωματισμό (Πολονύφης, 2012).

Οι εντομολογικοί εχθροί της Ατρακτυλίδας, δεν είναι ιδιαίτερα σημαντικοί, καθώς δεν σχηματίζουν πάντα ζημιά στην παραγωγή της καλλιέργειας. Παρόλ' αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που η προσβολή από εντομολογικούς εχθρούς έχει προκαλέσει μείωση 20 – 30% της απόδοσης (Πολονύφης, 2012). Ο κυριότερος εντομολογικός εχθρός είναι το *Acanthiophilus helianthis* το οποίο προσβάλλει τις ανθικές κεφαλές του φυτού. Η προσβολή από το συγκεκριμένο έντομο, πραγματοποιούνται όταν αυτό βρίσκεται στο στάδιο της λάρβας. Το στάδιο αυτό αφορά μια από τις μεταμορφώσεις που έχει το έντομο, μέχρι να αποκτήσει την μορφή του ενήλικου. Το στάδιο της λάρβας αποτελεί ένα από τα στάδια, στα οποία το έντομο είναι προνύμφη. Εκτός από το συγκεκριμένο έντομο, η Ατρακτυλίδα προσβάλλεται και από Αφίδες. Πιο συγκεκριμένα επιβλαβείς είναι οι *Pleotrichophorus glandulosus* και *Brachycaudus helichrysi* όπου προσβάλλουν το φυτό είτε ως νύμφη είτε ως ενήλικα, ενώ οι προσβολές εντοπίζονται σε ολόκληρο το φυτό.

Τέλος, το *Carthamus tinctorius* προσβάλλεται και από άλλα έντομα, όπως σκώρους και θρίπες, ωστόσο η προσβολή από αυτά τα έντομα είναι ιδιαίτερα σπάνια και δεν προκαλεί ιδιαίτερα σοβαρά προβλήματα τόσο στην παραγωγή, όσο και στην εμπορική αξία του τελικού προϊόντος (Saeidi et Omar, 2011).





Εικόνα 6: Συμπτώματα από Αλτερνάρια και σκουριά στην Ατρακτυλίδα (πηγή: <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/469/P0000469.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

1.9 Χρήσεις

Η καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας γίνεται για διάφορους λόγους, καθώς το φυτό έχει πολλές χρήσεις. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να θερηθεί πως σε αυτή την καλλιέργεια δεν υπάρχει <<φήρα>>, καθώς χρησιμοποιούνται όλα τα μέρη του φυτού, για διαφορετικούς λόγους. Τόσο το υπόγειο μέρος του φυτού, όσο και το υπέργειο μέρος (φύλλα, στελέχη), τα άνθη και οι σπόροι, έχουν κάποια χρησιμότητα.

1.9.1 Ανθρώπινη κατανάλωση

Το κύριο προϊόν της Ατρακτυλίδας που χρησιμοποιείται στην διατροφή είναι το έλαιο που παράγεται από τους σπόρους της. Πιο συγκεκριμένα, το έλαιο της Ατρακτυλίδας είναι παρόμοιο με το ηλιέλαιο και πιο υγιινό από το ελαιόλαδο, καθώς περιέχει μικρότερη ποσότητα κορεσμένων λιπαρών οξέων. Γενικά, περιέχει σε μεγάλο ποσοστό δύο είδη λιπαρών οξέων, το ολεϊκό οξύ και το λινολεϊκό οξύ. Το λινολεϊκό οξύ περιέχει μεγάλες ποσότητες τοκοφερολών, οι οποίες είναι γνωστές για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Επίσης, το έλαιο της Ατρακτυλίδας περιέχει μεγάλη ποσότητα βιταμίνης Ε. Λόγω των παραπάνω, το συγκεκριμένο έλαιο χρησιμοποιείται στην διατροφή ατόμων με καρδιαγγειακές παθήσεις. Ακόμα, το έλαιο της Ατρακτυλίδας έχει μεγάλη θερμική αντοχή, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται και ως λιπαρή ουσία στην μαγειρική. Αποτελεί συστατικό σε σάλτσες, σαλάτες και μαργαρίνες (Emongor and Oagile, 2017).

Τα νεαρά φύλλα του φυτού μπορούν να καταναλωθούν και ως λαχανικά. Είναι πλούσια σε καροτένιο, ριβοφλαβίνες, βιταμίνη Α, βιταμίνη C, φώσφορο και κάλιο. Πέραν της νοπής ατανάλωσης, τα φύλλα της Ατρακτυλίδας βράζονται και λειτουργούν ως συνοδευτικά σε τοπικά πιάτα της Ινδίας και του Πακιστάν (Gautam et al.,2014). Από την Ατρακτυλίδα παράγεται η καρθαμίνη και η καρθαμιδίνη. Αυτές οι ουσίες χρησιμοποιούνται στην χρώση φαγητών, καθώς και ως ενισχυτικά στην γεύση τους (Emongor and Oagile, 2017). Οι στήμονες του φυτού είναι αρκετά όμοιοι με τους στήμονες του φυτού Κρόκου. Λόγω της μεγάλης τους ομοιότητας, τόσο μορφολογικά όσο και στις ιδιότητες, σε συνδυασμό με το μικρότερο κόστος παραγωγής τους, οι στήμονες της Ατρακτυλίδας χρησιμοποιούνται για τη νοθεία του σαφράν (Gautam et al.,2014).

Στην Κίνα παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και καταναλώνονται τα άνθη της Ατρακτυλίδας, κυρίως από ποικιλίες που δεν έχουν αγκάθια. Τα άνθη, είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, σάκχαρα, ασβέστιο, σίδηρο, μαγνήσιο και φώσφορο. Χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ενός ροφήματος παρόμοιο με τσάι, το οποίο είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία και έχει ιδιαίτερα ευχάριστη γεύση (Emongor and Oagile, 2017).

Από την περίοδο του 18^{ου} αιώνα έχει αναφερθεί η χρήση της Ατρακτυλίδας στην τυροκομία και στην καρίκευση λουκάνικων. Πιο συγκεκριμένα, στην Ιταλία, την Γαλλία και την Βρετανία, χρησιμοποιούσαν Ατρακτυλίδα για αυτό το σκοπό. Σήμερα δεν είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση της (Gautam et al.,2014).

1.9.2 Ζωοτροφή

Εκτός από την ανθρώπινη κατανάλωση, η Ατρακτυλίδα αποτελεί πολύ καλή τροφή και για τα ζώα. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σανό και ως ενσίρωμα. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα εύγευστο σανό, το οποίο είναι παρόμοιο με εκείνο της βρώμης. Η πίτα που προκύπτει από την εκχύλιση των σπόρων για την εξαγωγή του ελαίου, αποτελεί μια πολύ θρεπτική επιλογή για ζωοτροφή. Περιέχει μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών (24%) και φυτικών ινών. Σημειώνεται ότι ιδανική ποσότητα πρωτεϊνών στην ζωοτροφή είναι τουλάχιστον 21,8%. Οι σπόροι της Ατρακτυλίδας χρησιμοποιούνται ως τροφή για πτηνά. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται κυρίως για παπαγάλους και συγγενικά τους είδη. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για την τροφή μικρών ζώων όπως τσιντσιλά και χάμστερ. Στην βιομηχανία της πτηνοτροφίας προτιμούνται οι λευκοί σπόροι, χωρίς γραμμές, παρόλο που περιέχουν μικρότερη ποσότητα ελαίου στο σπόρο (Emongor and Oagile, 2017).

1.9.3 Βαφή

Στις μέρες μας οι άνθρωποι στρέφονται ολοένα και περισσότερο σε επιλογές που είναι λιγότερο επιβλαβείς για το περιβάλλον και δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον. Μια από τις αλλαγές που συμβαίνουν είναι η εξερεύνηση για νέες τεχνικές βαφής με σκοπό να αποφευχθεί η χρήση χημικών βαφών. Τα ξερά άνθη της Ατρακτυλίδας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την χρώση υφασμάτων. Αυτή η τεχνική δεν είναι κάτι καινούριο, καθώς χρησιμοποιούνταν από τα αρχαία χρόνια για αυτό το σκοπό. Υλικά όπως το βαμβάκι, το μαλλί και άλλα (υδρόφιλα υφάσματα, μπορούν να βαφτούν από τις χρωστικές της Ατρακτυλίδας. Οι ουσίες καρθαμίνη (κόκκινο χρώμα) και καρθαμιδίνη (κίτρινο χρώμα) χρησιμοποιούνται εδώ και χρόνια από τη βιομηχανία παραγωγής χαλιών στην ανατολική Ευρώπη και την Ινδία.

Επίσης, η Ατρακτυλίδα χρησιμοποιείται και στην παραγωγή χρωμάτων. Αναλυτικότερα, το έλαιο της αποτελεί ιδανικό συστατικό, καθώς περιέχει μεγάλη ποσότητα λινολεϊκού οξέως. Έτσι, μπορούν να παραχθούν μπογιές υψηλής ποιότητας (Emongor and Oagile, 2017).

1.9.4 Δρεπτά άνθη

Το φυτό της Ατρακτυλίδας λειτουργεί και ως καλλωπιστικό φυτό σε κάποιες χώρες. Στην Δυτική Ευρώπη, την Ιαπωνία, την λατινική Αμερική και την Κένυα, εντοπίζονται φυτά Ατρακτυλίδας που προέρχονται από ποικιλίες χωρίς αγκάθια που λειτουργούν ως καλλωπιστικά. Η συγκομιδή των φυτών γίνεται όταν τα άνθη είναι ανοιχτά ή μισάνοιχτα. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 2000 η αγορά των δρεπτών φυτών Ατρακτυλίδας έφτασε τα 5,3 εκατομμύρια ευρώ (Emongor and Oagile, 2017).

1.9.5 Κοσμητολογία

Το έλαιο της Ατρακτυλίδας εντοπίζεται ως συστατικό σε πληθώρα παραφαρμακευτικών προϊόντων. Χρησιμοποιείται σε κρέμες και καλλυντικά αντικαθιστώντας πολλές φορές έλαια από φυτά όπως του ηλίανθου. Θεωρείται πολύ καλή επιλογή για την κοσμητολογία λόγω των θρεπτικών ουσιών που περιέχει, καθώς και των ευεργετικών ιδιοτήτων του. Θεωρείται πως η Ατρακτυλίδα μπορεί να βοηθήσει στην ίαση διάφορων δερματικών ασθενειών, όπως η ακμή, ενώ βοηθά και στην επούλωση τραυματισμών (Emongor and Oagile, 2017). Ακόμα, το έλαιο της Ατρακτυλίδας δεν εμφανίζει αλλεργικές αντιδράσεις, με αποτέλεσμα να θεωρείται μια πολύ καλή πρώτη ύλη για την κοσμητολογία. Στην Ιαπωνία υπάρχει ένα καλλυντικό που ονομάζεται "beni" και περιέχει καρθαμίνη. Επίσης, υπάρχουν πολλά προϊόντα

χειλιών, που χρωματίζονται από τις χρωστικές της Ατρακτυλίδας (Gautam et al., 2014). Άλλα προϊόντα της κοσμητολογίας που χρησιμοποιείται η Ατρακτυλίδα είναι διάφορα προϊόντα μαλλιών όπως σαμπουάν και κρέμες. Επίσης, συναντάται σε κρέμες προσώπου, αρώματα καθώς και κρέμες σώματος (Emongor and Oagile, 2017).

1.9.6 Φαρμακευτικές χρήσεις

Μια ακόμα χρήση του φυτού είναι στην ιατρική. Πιο συγκεκριμένα, στην Κίνα χρησιμοποιούν τα άνθη του φυτού για την αντιμετώπιση θεμάτων υγείας όπως έντονους πυρετούς, καθώς και σε χρόνιες παθήσεις όπως υπέρταση, στεφανιαία νόσο, ρευματισμούς κ.α. (Emongor and Oagile, 2017). Η κατανάλωση Ατρακτυλίδας μειώνει την χοληστερόλη στο αίμα, με αποτέλεσμα να βοηθά σε παθήσεις της καρδιάς. Ακόμα, σε έρυνες που πραγματοποιήθηκαν έχει αποδειχθεί ότι βοηθάει στην καταπολέμηση του άσθματος. Επίσης, βοηθά σε προβλήματα στειρότητας, τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες. Επιπρόσθετα, έχει δείξει θετικά αποτελέσματα σε ρευματισμούς, καθώς και σε ασθενείς με διβήτη τύπου 2. Μέγιστης σημασίας είναι και η κατανάλωση Ατρακτυλίδας, λόγω της αντιοξειδωτικής δράσης που έχουν οι ουσίες που περιέχει (Gautam et al., 2014).

1.9.7 Βιοκαύσιμο

Η παραγωγή ενέργειας με τις μέχρι τώρα γνωστές μεθόδους, αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για το περιβάλλον, καθώς το ρυπαίνει. Επίσης, τα μέσα παραγωγής ενέργειας τείνουν να μειώνονται, με αποτέλεσμα κάποια στιγμή να εκαντληθουν πλήρως. Λόγω των παραπάνω οι άνθρωποι ψάχνουν ολοένα και εντονότερα εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Ένας από αυτούς είναι τα βιοκαύσιμα (Patrascoiu et al., 2013).

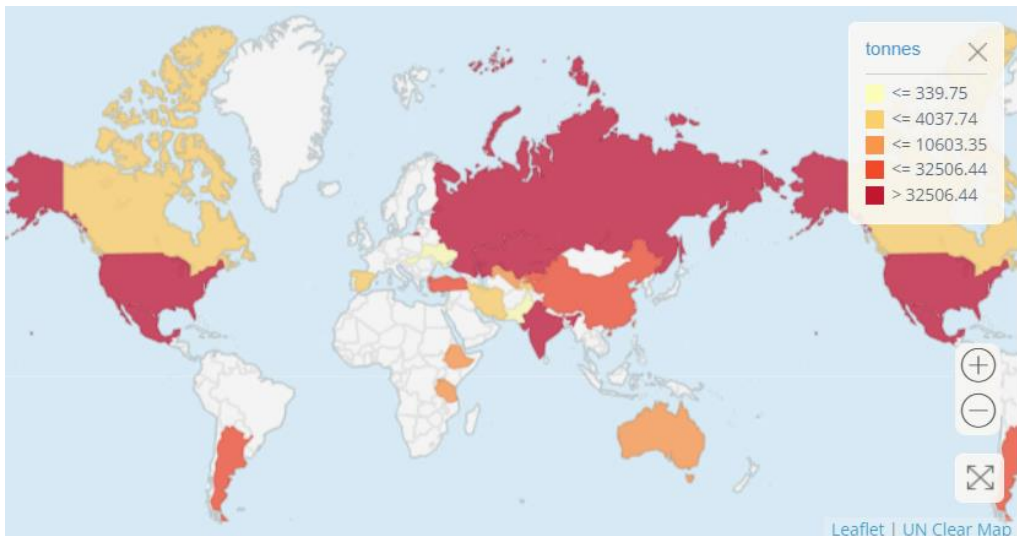
Τα βιοκαύσιμα μπορούν να χωριστούν σε στερεά και υγρά. Τα στερεά βιοκαύσιμα, κυρίως πελλέτες, παράγονται από φυτικά υλικά. Στελέχοι και φύλλα φυτών συλλέγονται, συμπιέζονται και δημιουργούν τα pellets, τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση. Τα υγρά βιοκαύσιμα (βιοντίζελ), παράγονται από ελαιούχα, κυρίως, φυτά. Αποτελούν μια εναλλακτική μορφή παραγωγής καυσίμου, από την καύση του ελαίου των σπόρων των φυτών. Ο λόγος που δεν έχουν εδραιωθεί και ευδοκιμήσει είναι κυρίως το υψηλό κόστος παραγωγής τους.

Το έλαιο της Ατρακτυλίδας, αποτελεί ένα από τα ιδανικότερα έλαια για τη χρήση στην παραγωγή βιοντίζελ. Ο σπόρος περιέχει μεγάλο ποσοστό ελαίου, η καλλιέργεια έχει ιδιαίτερα μικρές εισροές, ενώ το έλαιο που παράγεται ακολουθεί τα

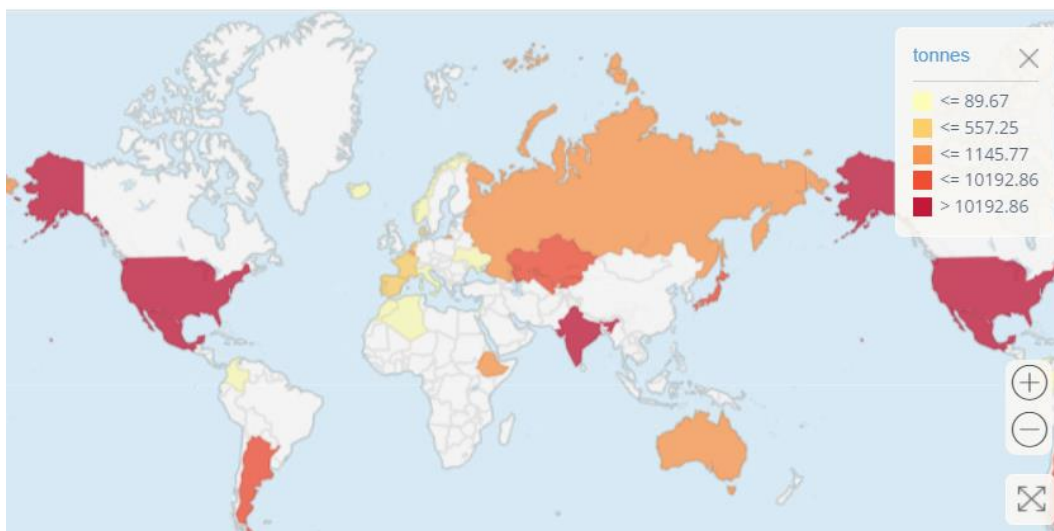
πρότυπα που πρέπει να έχει ένα φυτικό έλαιο για την χρήση του ως βιοκαύσιμο. Οι νέες ποικιλίες που καλλιεργούνται στην Ευρώπη, έχουν μικρή ποσότητα ελαϊκού οξέως και μεγάλη ποσότητα λινελαϊκού οξέως. Επίσης, το έλαιο της Ατρακτυλίδας έχει μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για τα βιοκαύσιμα (Patrascoiu et al., 2013). Λόγω των παραπάνω, θεωρείτε πως η Ατρακτυλίδα αποτελεί ένα από τα ιδανικότερα φυτά για την παραγωγή βιοκαυσίμου (Emongor and Oagile, 2017).

1.10 Παγκόσμια παραγωγή Ατρακτυλίδας

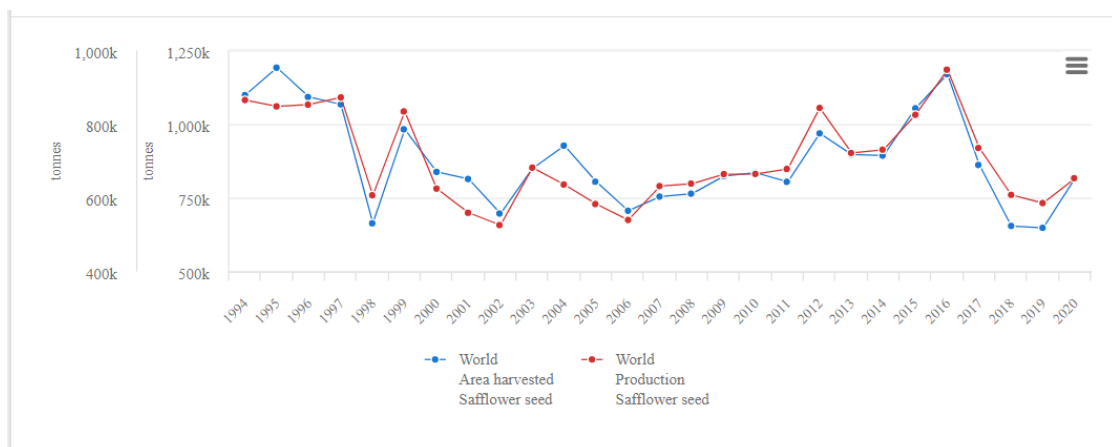
Η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius L.*) παράγεται σε πολλά μέρη του κόσμου εδώ και χιλιάδες χρόνια. Η μεγαλύτερη χώρα τόσο σε σποροπαραγωγή όσο και σε παραγωγή ελαίου Ατρακτυλίδας, φαίνεται να είναι η Ινδία, η οποία παράγει περίπου 200 χιλιάδες τόνους σπόρου και 50 χιλιάδες τόνους έλαιο Ατρακτυλίδας. Ακολουθούν το μεξικό και οι ΗΠΑ με χαμηλότερα ποσοστά παραγωγής. Γενικά, το μεγαλύτερο ποσοστό τόσο σπόρου όσο και ελαίου Ατρακτυλίδας παράγεται στην Ασία. Τα ποσοστά παραγωγής της Ασίας τα ανταγωνίζεται έντονα και η Αμερική, η οποία την πλησιάζει στη σποροπαραγωγή και την ξεπερνά στην παραγωγή ελαίου. Παρά την πτώση στις εκτάσεις καλλιέργειας Ατρακτυλίδας τα προηγούμενα χρόνια, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση. Η αύξηση αυτή πιθανότατα οφείλεται στο ενδιαφέρον του κόσμου για καινοτόμες καλλιέργειες, καθώς και καινοτόμες χρήσεις ήδη γνωστών καλλιεργειών. Μια τέτοια περίπτωση είναι και η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius L.*), η οποία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον (FAOSTAT, 2020). Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας δεν είναι τόσο διαδεδομένη. Τη δεκαετία του 1960 καλλιεργούνταν στη χώρα 20.000 στρέματα στην Αττική και τη Βοιωτία. Τα επόμενα χρόνια η καλλιέργεια της μειώθηκε αρκετά, κυρίως λόγω του χαμηλού κέρδους που προσέφερε (Φασούλας και Σενλόγλου, 1996).



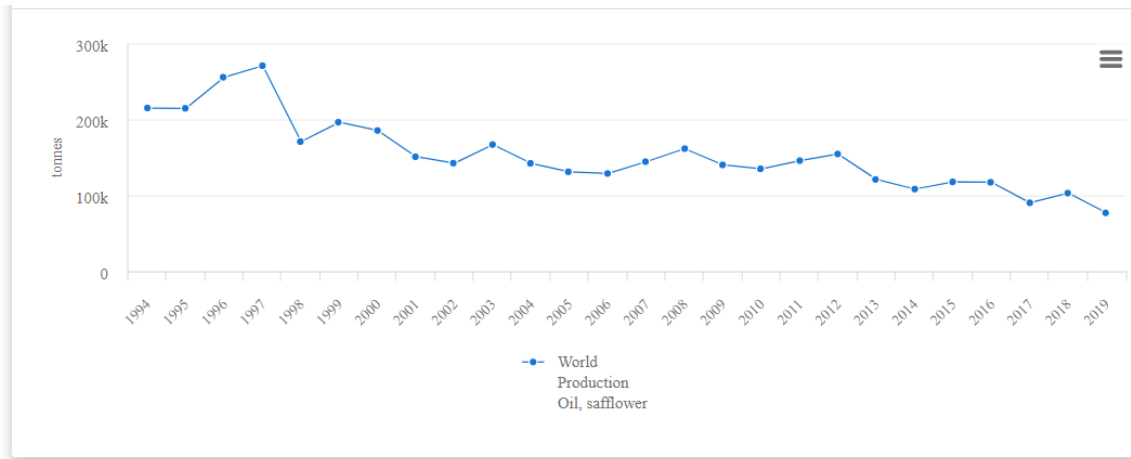
Εικόνα 7: Παγκόσμια παραγωγή σπόρου Ατρακτυλίδας (Πηγή: FAOSTAT)



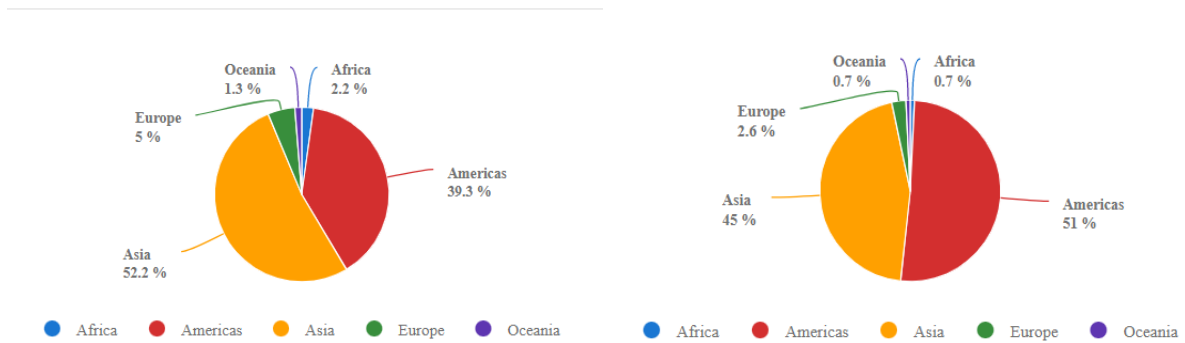
Εικόνα 8: Παγκόσμια παραγωγή ελαίου Ατρακτυλίδας (Πηγή: FAOSTAT)



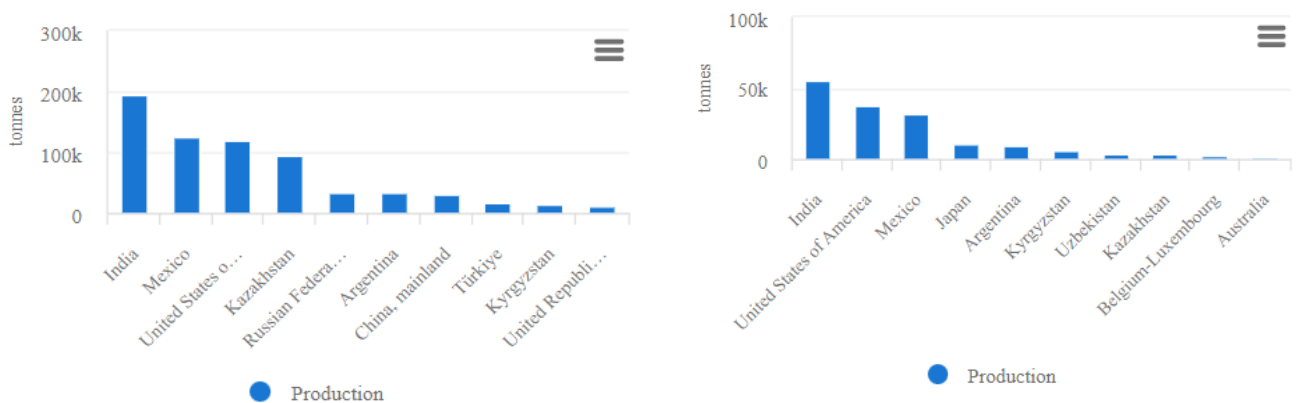
Διάγραμμα 1: Παγκόσμια παραγωγή σπόρου Ατρακτυλίδας



Διάγραμμα 2: Παγκόσμια παραγωγή ελαίου Ατρακτυλίδας



Διάγραμμα 3: Κατανομή παραγωγής Ατρακτυλίδας ανά Ήπειρο σε σπόρο (αριστερά) και λάδι (δεξιά)



Διάγραμμα 4: Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή Ατρακτυλίδας σε σπόρο (αριστερά) και έλαιο (δεξιά)

1.11 Συστήματα εδαφοκατεργασίας (Tillage practices)

Η κατεργασία του εδάφους είναι μια πρακτική, η οποία είναι γνωστή από τα αρχαία χρόνια. Από τις πρώτες κι όλες καλλιέργειες που έκανε ο άνθρωπος, πραγματοποιούσε κατεργασία του εδάφους. Κύριος λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται είναι η διαχείριση των ζιζανίων, η ενσωμάτωση λιπασμάτων, η αποθήκευση νερού στο έδαφος και η προετοιμασία της βέλτιστης σποροκλίνης για το σπόρο. Ο τύπος κατεργασίας που πραγματοποιείται σε ένα έδαφος, μπορεί να επηρεάσει την υγρασία του, την θερμοκρασία του, την μικροβιακή δραστηριότητα καθώς και τη συνοχή του. Τα συστήματα εδαφοκατεργασίας χωρίζονται σε συμβατική κατεργασία (CT), μειωμένη κατεργασία (MT) και ακατεργασία (NT).

1.10.1 Συμβατική κατεργασία (conventional tillage)

Το σύστημα της συμβατικής κατεργασίας είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα κατεργασίας του εδάφους. Χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Στη χώρα μας, αποτελεί τον συνηθέστερο τρόπο με τον οποίο οι αγρότες προετοιμάζουν το χωράφι τους για τη σπορά.

Σε αυτό το σύστημα κατεργασίας χρησιμοποιείται άροτρο. Με την χρήση του αρότρου, γίνεται η κύρια κατεργασία του εδάφους, ενώ στη συνέχεια, πραγματοποιείται δευτερεύουσα ή συμπληρωματική κατεργασία, με τη χρήση άλλων μηχανημάτων. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται κατά τη δευτερεύουσα κατεργασία είναι κυρίως καλλιεργητές, σβάρνες, περιστροφικά σκαπτικά (φρέζες) και κύλινδροι (Τσατσαρέλης, 2000).

Σκοπός της κατεργασίας του εδάφους, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, είναι η δημιουργία της βέλτιστης σποροκλίνης και η διαχείριση των ζιζανίων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση της συμβατικής κατεργασίας. Παρόλα αυτά, το συγκεκριμένο σύστημα κατεργασίας οδηγεί στην διάβρωση του εδάφους, την απώλεια της οργανικής ουσίας, καθώς και την δημιουργία κρούστας (αδιαπέραστο στρώμα εδάφους). Για αυτό το λόγο, τα τελευταία χρόνια έχουν διαδοθεί νέα συστήματα εδαφικής κατεργασίας. (Yau et al., 2010).

1.10.2 Μειωμένη κατεργασία (minimum tillage)

Στο σύστημα της μειωμένης κατεργασίας δεν χρησιμοποιείται κατά κανόνα, άροτρο για την αναστροφή του εδάφους. Η κατεργασία γίνεται με εργαλεία που φέρουν δόντια ή δίσκους. Σκοπός του συγκεκριμένου συστήματος είναι η μείωση του χρόνου

και του κόστους της κατεργασίας, σε συνδυασμό με την προστασία του εδάφους από τη διάβρωση. Κατά το σύστημα μειωμένης κατεργασίας πραγματοποιείται ένα ψευδοόργωμα, με τη χρήση εργαλείων που φέρουν δίσκους ή δόντια (το οποίο μπορεί και να παραλειφθεί), ενώ στην συνέχεια, πραγματοποιούνται δευτερεύουσες εργασίες.

Στο σύστημα μειωμένης κατεργασίας εντάσσονται τρία συστήματα. Η ελάχιστη κατεργασία (minimum tillage), με την μείωση της κατεργασίας στο ελάχιστο δυνατό πριν τη σπορά. Η άριστη κατεργασία (optimum tillage) και το σύστημα χωρίς ενσωμάτωση των υπολειμμάτων (mulch, non reversible tillage). Στο τελευταίο, τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας δεν ενσωματώνονται στο έδαφος ή ενσωματώνονται μερικώς, ενώ επακολουθεί δευτερεύουσα μειωμένη κατεργασία και σπορά (Τσατσαρέλης, 2000).

1.10.3 Ακατεργασία (no – tillage)

Το σύστημα της ακατεργασίας αποτελεί την ακραία μορφή της μειωμένης κατεργασίας. Σε αυτό το σύστημα κατεργασίας δεν γίνεται χρήση αρότρου. Η σπορά πραγματοποιείται κατευθείαν, ενώ τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας παραμένουν στο έδαφος (Τσατσαρέλης, 2000).

Η χρήση του συστήματος της ακατεργασίας φέρει πολλά θετικά. Αναλυτικότερα, βοηθά στην προστασία του εδάφους από διάβρωση. Επίσης, προστατεύει τη δομή του εδάφους, καθώς και την υγρασία του. Με την αποφυγή χρήσης αρότρου το έδαφος συγκρατεί την υγρασία του και δεν σπάζουν τα συσσωματώματα του (Yau et al., 2010). Λόγω της παραμονής των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας στον αγρό, το σύστημα της ακατεργασίας βοηθά στον εμπλουτισμό του εδάφους με οργανική ουσία (Τσατσαρέλης, 2000), καθώς και στην ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων. Έχει αποδεχθεί πως η χρήση συστημάτων ακατεργασίας, οδήγησε στην αύξηση του διαθέσιμου N στο έδαφος, καθώς και στην διατήρηση χαμηλότερης θερμοκρασίας και υψηλότερης υγρασίας του αγρού από την άνοιξη μέχρι και το φθινόπωρο. Από άλλες μελέτες προκύπτει ότι η χρήση συστημάτων ακατεργασίας οδήγησε στην αύξηση της απόδοσης σε καλλιέργεια σόγιας (Yau et al., 2010). Εκτός από τα πλεονεκτήματα της ακατεργασίας για το έδαφος, έχει θετικό αντίκτυπο και στον παραγωγό. Με το σύστημα της ακατεργασίας προκύπτει μείωση στο κόστος του παραγωγού, μέσω της αποφυγής εξόδων καυσίμου για την άροση του αγρού, καθώς και μείωση του χρόνου, αφού η σπορά γίνεται κατευθείαν (Bilalis et al., 2010).

Εκτός από τα πλεονεκτήματα της ακατεργασίας, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα. Πιο συγκεκριμένα, το συγκεκριμένο σύστημα απαιτεί την καταπολέμηση των ζιζανίων είτε με χημικά μέσα είτε με το χέρι, καθώς δεν γίνεται χρήση σκαλιστικών μηχανημάτων. Επίσης, επειδή δεν πραγματοποιείται ενσωμάτωση των λιπασμάτων, χρειάζεται προσοχή για την αποφυγή προβλημάτων όξισης του εδάφους. Τέλος, σε μεγάλες εκτάσεις απαιτείται η χρήση ειδικών μηχανημάτων για τη σπορά, καθώς και γνώση και εμπειρία του χειριστή (Τσατσαρέλης, 2000).

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει ότι το σύστημα ακατεργασίας είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει μικρότερο αποτύπωμα στο περιβάλλον, καθώς είναι γνωστό ότι μεγάλο μέρος εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου γίνεται από την κατεργασία εδαφών και την προετοιμασία σποροκλίνης. Με την επιλογή του συστήματος της ακατεργασίας, δεν γίνεται χρήση αρότρου, άρα μειώνονται κατ' επέκταση οι εκπομπές αερίων. Ακόμα, λόγω της μείωσης απωλειών νερού, το συγκεκριμένο σύστημα έχει μικρότερο αποτύπωμα ύδατος.

Τα τελευταία χρόνια το σύστημα ακατεργασίας τείνει να χρησιμοποιείται ολοένα και συχνότερα στη Μεσόγειο. Αναλογιζόμενοι του κλίματος και των συνθηκών που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή, το συγκεκριμένο σύστημα θεωρείται ιδανικό. Ήδη στην Ισπανία ακατεργασία έχει εφαρμοστεί σε πολλές εκτάσεις, κυρίως σε ξηρικά χωράφια. Η μείωση των απωλειών νερού, καθώς η διατήρηση καλής θερμοκρασίας στο έδαφος που προκύπτουν από το σύστημα ακατεργασίας, το καθιστούν πλέον ιδανικό σύστημα για τη Μεσόγειο (Yau et al., 2010).

Πίνακας 3: Συστήματα κατεργασίας.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	
ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΟΡΓΩΜΑ		ΣΠΟΡΑ
ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΨΕΥΔΟΟΡΓΩΜΑ	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΣΠΟΡΟΚΛΙΝΗΣ	ΣΠΟΡΑ
ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ			ΣΠΟΡΑ

1.12 Άζωτο

Το Άζωτο (N), αποτελεί το βασικότερο στοιχείο στην ανάπτυξη των φυτών. Η επίδρασή του στα φυτά, καθώς και η σημασία του μελετάται εδώ και αρκετά χρόνια. Είναι γνωστό, πως το άζωτο επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού, το χρώμα του και την απόδοσή της καλλιέργειας (Kirkby, 1981). Η έλλειψη του, γίνεται αντιληπτή μέσω χλώρωσης στα γηραιότερα φύλλα.

Το έδαφος εμπλουτίζεται με άζωτο μέσω της αζωτοδέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου. Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιείται από συγκεκριμένους οργανισμούς στο έδαφος. Το άζωτο δεν είναι αφομοιώσιμο για τα φυτά σε όλες τις μορφές του. Πιο συγκεκριμένα, τα εδαφικό άζωτο γίνεται διαθέσιμο για την καλλιέργεια, μέσω της ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας καθώς και μέσω των υπολειμμάτων ανόργανου αζώτου, που πιθανόν να υπάρχουν στο έδαφος (Tao & Rogers, 2019).

Η εντατικοποίηση της γεωργίας έχει οδηγήσει στο "σπάσιμο" του κύκλου του αζώτου. Έτσι, ο φυσικός εμπλουτισμός του εδάφους με άζωτο καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολος. Για τον λόγο αυτό, έχει αναπτυχθεί η χρήση λιπασμάτων για τον παραπάνω σκοπό.

Η ουρία είναι το πιο διαδεδομένο λίπασμα αζώτου, αφού το 55% των αζωτούχων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται περιέχουν ουρία (IFA, 2017). Οι λόγοι που η χρήση της ουρίας είναι τόσο διαδεδομένη είναι η υψηλή περιεκτικότητα της σε άζωτο, το μικρό της κόστος, η εύκολη εφαρμογή της και η εύκολη αποθήκευσή της (Gilbert et al., 2006). Το μεγαλύτερο πρόβλημα, όμως, που δημιουργεί η χρήση λιπασμάτων με βάση την ουρία, είναι οι μεγάλες απώλειες αζώτου που προκύπτουν, τόσο από την εξάτμιση, όσο και από την έκπλυση της αμμωνίας (Karydogianni et al., 2020), καθώς και από τις διαδικασίες νιτροποίησης και απονιτροποίησης που λαμβάνουν χώρα στο έδαφος (Firestone et Davidson, 1989). Είναι γνωστό, πως η εφαρμογή αζώτου, μπορεί επίσης να επηρεάσει την δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο έδαφος (Ramirez et al., 2012).



Εικόνα 9: Συμπτώματα τροφοπενίας αζώτου (Πηγή:<https://www.giantsakiplants.gr/fyta/probl-fyton-aneparkeia-systatikon-laxanikon-1/>)

1.13 Λιπάσματα νέας γενιάς

Όπως προαναφέρθηκε, η σημασία του αζώτου για τα φυτά είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Έτσι και για την Ατρακτυλίδα, το άζωτο έχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξή του. Έρευνες έχουν δείξει πως η προσθήκη αζωτούχου λίπανσης στην καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας έχει θετικά αποτελέσματα τόσο στην ανάπτυξη των φυτών, όσο και στην απόδοση της καλλιέργειας.

Η χρήση λιπασμάτων έχει αυξηθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Μαζί με την αύξηση χρήσης των λιπασμάτων, αυξάνεται και η συχνότητα εμφάνισης των προβλημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για την αποφυγή αυτών των προβλημάτων, κρίθηκε αναγκαία η εύρεση νέων λιπασμάτων, που δεν ζημιώνου το περιβάλλον. Έτσι, δημιουργήθηκαν τα λιπάσματα νέας γενιάς.

Τα λιπάσματα νέας γενιάς είναι αυτά που περιέχουν παρεμποδιστές. Περιέχουν, δηλαδή, ουσίες που επιτρέπουν την σταδιακή απελευθέρωση των ουσιών τους στο έδαφος. Κύριο πλεονέκτημα αυτού, είναι η δυνατότητα απελευθέρωσης μεγαλύτερης ποσότητας στοιχείων, όταν το φυτό την έχει ανάγκη. Έτσι, μειώνονται οι απώλειες στο περιβάλλον. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να σημειωθεί ότι παρόλο των μεγάλων ποσοτήτων αζώτου που χρησιμοποιούνται, η αποδοτικότητα χρήσης των λιπασμάτων φτάνει μόνο το 30-50%, λόγω μεγάλων απωλειών στο περιβάλλον (Delgado, 2002). Απώλειες αζώτου, μπορούν να προκύψουν και από τις επικρατούσες συνθήκες

(βροχόπτωση, θερμοκρασία, άνεμος), καθώς και από τις καλλιεργητικές πρακτικές που λαμβάνουν χώρα κατά την καλλιέργεια (Tao et Rogers, 2019).

Η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της μικροβιακής δραστηριότητας και κατ' επέκταση στην αύξηση των απωλειών αζώτου. Η μείωση της έκπλυσης αζώτου μπορεί να επιτευχθεί είτε με την μείωση του φορτίου του αζώτου από την κτηνοτροφία (Monaghan et al., 2008), είτε με την μείωση του ρυθμού απελευθέρωσης αζώτου, που επιτυγχάνεται με τα λιπάσματα νέας γενιάς (Di et Cameron, 2002). Με αυτόν τον τρόπο, το άζωτο απελευθερώνεται σταδιακά στο έδαφος και έτσι παρέχεται άζωτο στα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας.

Όπως γίνεται αντιληπτό, για την μείωση των απωλειών κρίνεται αναγκαία η χρήση των λιπασμάτων με παρεμποδιστές. Οι παρεμποδιστές που χρησιμοποιούνται, κυρίως, στα αζωτούχα λιπάσματα είναι ο παρεμποδιστής ουρεάσης, ο παρεμποδιστής νιτροποίησης και ο συνδυασμός τους. Ο παρεμποδιστής νιτροποίησης, δικυανδιαμίδη (DCD), καθυστερεί την μετατροπή της αμμωνίας σε νιτρικά (NO_3^-), ενώ ο παρεμποδιστής ουρεάσης, θειοφωσφορικό τριαμίδιο (NBPT), καθυστερεί την μετατροπή της ουρίας σε αμμωνιακά (NH_4^+) και εν συνεχεία σε αμμωνία (NH_3) (Li et al., 2020).

1.12.1 Παρεμποδιστής νιτροποίησης

Ο παρεμποδιστής νιτροποίησης καθυστερεί την οξείδωση της αμμωνίας σε υδροξυλάση, η οποία εν συνεχεία οξειδώνεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2^-) και νιτρικά ανιόντα (NO_3^-). Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται η νιτροποίηση (άμεσα) και η απονιτροποίηση (έμμεσα) (Sun et al., 2015). Επίσης, μειώνει την δραστηριότητα των βακτηρίων του εδάφους που προκαλούν την νιτροποίηση- μετατρέπουν το αμμώνιο (NH_4^+) σε διοξείδιο του αζώτου (NO_2^-) με αποτέλεσμα να αναστέλλεται το πρώτο βήμα της νιτροποίησης και να παραμένει το λίπασμα σε μορφή αμμωνίου (NH_4^+).

Τα λιπάσματα που περιέχουν παρεμποδιστή νιτροποίησης, επιτυγχάνουν καλύτερη προσφορά αζώτου, όταν το φυτό το έχει ανάγκη. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποδοτικότητα χρήσης του αζώτου. Παράλληλα, μειώνονται και οι απώλειες νιτρικών (Ladha et al., 2005).

Η χρήση λιπασμάτων με παρεμποδιστή νιτροποίησης οδήγησε σε μείωση έκπλυσης νιτρικών σε ποσοστό 27%, συγκριτικά με τη χρήση συμβατικών λιπασμάτων

(Quemada et al., 2013). Σε παλαιότερα πειράματα παρατηρήθηκε αύξηση της βιομάζας των μικροοργανισμών του εδάφους που είναι υπεύθυνοι για την διαθεσιμότητα του αζώτου (Juma et Paul, 1983). Σε εργαστηριακά πειράματα, παρατηρήθηκε αύξηση διαθεσιμότητας αμμωνιακών ιόντων για τους μικροοργανισμούς, πράγμα που οδήγησε στην ενίσχυση της ακινητοποίησης του αζώτου (Ma et al., 2015).

Οι παρεμποδιστές νιτροποίησης που χρησιμοποιούνται στα λιπάσματα νέας γενιάς είναι δύο. Η νιτραπυρίνη (2-γλωρο-6[τριγλωρομεθυλ]πυριδίνη) και το δικυανδιαμίδιο (DCD). Το DCD έχει διάρκεια έως και τρεις μήνες (Halvin et al., 2005).

1.12.2 Παρεμποδιστής ουρεάσης

Μια ακόμα ουσία που βοηθά στην ελαχιστοποίηση των απωλειών αζώτου είναι οι παρεμποδιστές ουρεάσης. Η κύρια λειτουργία του είναι η καθυστέρηση της μετατροπής της ουρίας σε αμμώνιο (NH_4^+), με αποτέλεσμα να βρίσκεται σε μικρότερη συγκέντρωση στο έδαφος και να μην υπάρχει κίνδυνος πτητικότητας της αμμωνίας (NH_3) (Dawar et al., 2011). Σε μελέτες που έγιναν φάνηκε ότι η χρήση λιπασμάτων ουρίας με NBPT (θειοφωσφορικό τριαμίδιο), παρεμποδιστή ουρεάσης, μειώνει τις εκπομπές αμμωνίας (Soares et al., 2012). Το NBPT συμβάλλει στην παύση υδρόλυσης της ουρίας κλειδώνοντας την θέση δέσμευσης με το ένζυμο της ουρεάσης και εμποδίζοντάς το να αντιδράσει με την ουρία (Manunza et al., 1999).

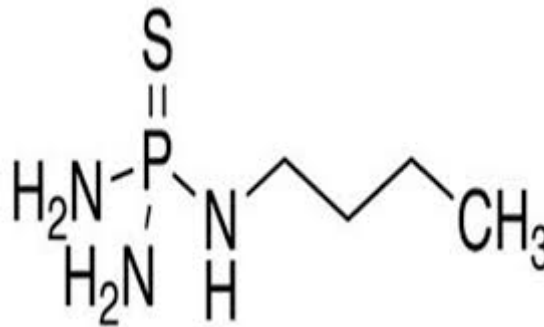
Με τη λειτουργία τους, οι παρεμποδιστές ουρεάσης αναστέλλουν προσωρινά την δραστηριότητα της ουρεάσης, με αποτέλεσμα να ελέγχουν την απελευθέρωση του αζώτου στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα συγχρονισμού της ποσότητας απελευθέρωσης του αζώτου, με τις ανάγκες του φυτού. Έτσι, επιτυγχάνεται αύξηση της αποδοτικότητας χρήσης του αζώτου (NUE) και μείωση των εκπομπών του (Soares et al. 2012).

Σύμφωνα με έρευνες που έγιναν, η χρήση λιπασμάτων με παρεμποδιστή ουρεάσης έφερε μείωση της τάξεως του 4,2% στην εκπομπή αμμωνίας (Sanz – Cobena et al., 2008). Επιπρόσθετα, νεότερες μελέτες έδειξαν πως οι αθροιστικές απώλειες αμμωνίας από την ουρία μειώθηκαν από 11 - 25% σε 0 – 6% (Li et al., 2015). Οι παρεμποδιστές ουρεάσης θεωρείται πως είναι αποτελεσματικοί για 10 έως 14 ημέρες, πράγμα που φαίνεται να αντικρούεται από κάποιες βιβλιογραφίες (Havlin et al., 2005).

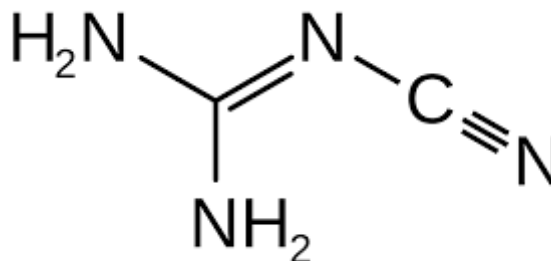
Οι παρεμποδιστές ουρεάσης είναι πιο αποτελεσματικοί σε συνθήκες έκπλυσης ή απονιτροποίησης (Tao et Rogers, 2019). Αυτές οι συνθήκες δημιουργούνται σε

εδάφη με υψηλό pH (>7) ή χαμηλή ρυθμιστική ικανότητα, όπως τα αμμώδη εδάφη, σε εδάφη που έχει γίνει έντονη χρήση λιπασμάτων με βάση την ουρία καθώς και σε εδάφη όπου τα υπολείμματα βρίσκονται σε περίσσεια (Grant, 2004). Ακόμα ένα πλεονέκτημα των λιπασμάτων με παρεποδιστές ουρεάσης είναι η αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων της ουρίας στους σπόρους.

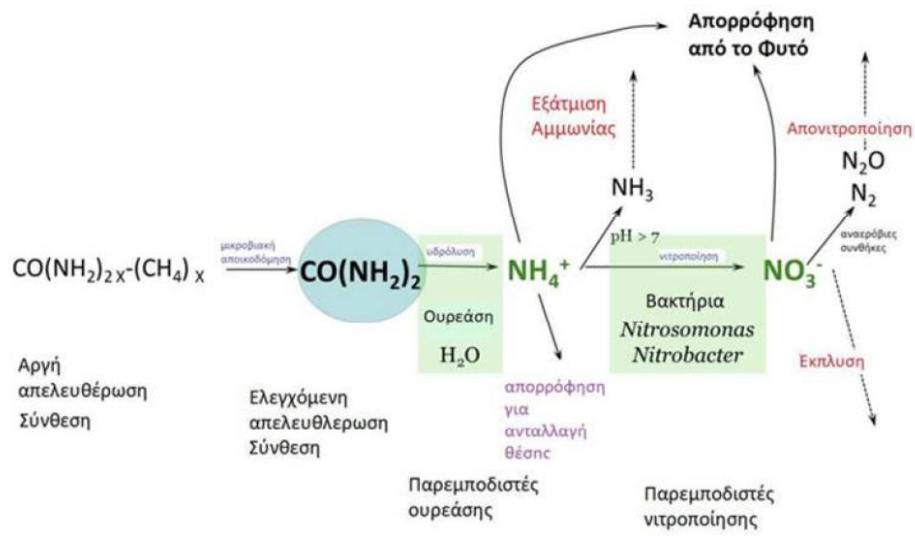
Ο συνδυασμός χρήσης των δύο τύπων παρεποδιστών φαίνεται πως είναι η καταλληλότερη λύση, καθώς είναι αποτελεσματικός οσον αφορά στην εκπομπή αερίων του αζώτου και ταυτόχρονα σημειώνει ιδιαίτερη αύξηση στην απόδοση των καλλιεργειών (Akiyama et al., 2009; Wang et al., 2015). Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας της χρήσης του αζώτου (NUE) (Quemada et al., 2013). Αυτοί είναι και οι λόγοι όπου δικαίως ανταγωνίζονται τα συμβατικά λιπάσματα.



Εικόνα 10: Παρεποδιστής ουρεάσης NBPT



Εικόνα 11: Παρεποδιστής νιτροποίησης DCD



Εικόνα 12: Κύκλος N και απώλειες (Πηγή: <https://cropwatch.unl.edu/>)

1.14 Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης που θα έχει η χρήση διαφορετικής καλλιεργητικής τεχνικής και η διαφορετική λίπανση στην ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας (*Carthamus tinctorius L.*).

Πιο συγκεκριμένα, μελετάται η επίδραση του τύπου της κατεργασίας (συμβατική κατεργασία – ακατεργασία), σε συνδυασμό με τον τύπο λιπάσματος (μάρτυρας - ουρία χωρίς παρεμπόδιση – ουρία με παρεμποδιστή νιτροποίησης και παρεμποδιστή ουρεάσης), στα αγρονομικά χαρακτηριστικά, την απόδοση σε σπόρο και την περιεκτικότητα του σπόρου σε έλαιο, στην καλλιέργεια της Ατρακτυλίδας.



Εικόνα 13: Ο πειραματικός αγρός (Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Παπαδόπουλου Γ.)

2. Υλικά και μέθοδοι

Το πείραμα έλαβε χώρα στον πειραματικό αγρό του εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Γεωγραφικές Συντεταγμένες: 37.983759 'N, 23.701959 'E), κατά το έτος 2020-2021.



Εικόνα 14: Τοποθεσία καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας (Πηγή: Google earth).

Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθείται είναι τα υποδιαιρεμένα τεμάχια. Στα κύρια τεμάχια μελετάται η επίδραση των συστημάτων κατεργασίας (συμβατική κατεργασία – ακατεργασία) του εδάφους, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του φυτού και στην απόδοση της καλλιέργειας. Στα υποτεμάχια, μελετάται η επίδραση της λίπανσης στα αντίστοιχα χαρακτηριστικά. Η επέμβαση της λίπανσης γίνεται σε όλο το αγροτεμάχιο. Κατά τον σχεδιασμό του πειράματος οι συνδυασμοί ουρίας και οι μέθοδοι εφαρμογής τους θεωρήθηκαν παράγοντες ίδιας σημασίας.

Οι επεμβάσεις της εδαφικής κατεργασίας ήταν η συμβατική κατεργασία -CT- και η ακατεργασία -NT-. Όσον αφορά στις επεμβάσεις της λίπανσης, αυτές ήταν ο μάρτυρας -C- (χωρίς προσθήκη λιπάσματος), η ουρία -U- και η ουρία με παρεμποδιστή νιτροποίησης και παρεμποδιστή ουρέασης -UI+NI-.

	5m					
		0.5m		1m		0.5m
3m	1CT/U		1NT/UI+NI		2CT/C	2NT/U
	1CT/UI+NI		1NT/C		2CT/UI+NI	2NT/C
	1CT/C		1NT/U		2CT/U	2NT/UI+NI
	1m					
	3CT/UI+NI		3NT/C		4CT/U	4NT/C
	3CT/C		3NT/U		4CT/UI+NI	4NT/U
	3CT/U		3NT/UI+NI		4CT/C	4NT/UI+NI

Εικόνα 15: Πειραματικό σχέδιο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Όπου:

CT: συμβατική κατεργασία **C:** μάρτυρας

NT: ακατεργασία **U:** ουρία

UI+NI: ουρία + παρεμποδιστή νιτροποίησης + παρεμποδιστή ουρεάσης

Φυτικό υλικό

Το πολλαπλασιαστικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μίγμα σπόρων διάφορων ποικιλιών Ατρακτυλίδας.

Εδαφολογική ανάλυση

Σύμφωνα με την εδαφολογική ανάλυση το έδαφος του πειραματικού αγρού που πραγματοποιήθηκε το πείραμα κατατάσσεται στα Αργιλλοπηλώδη (CL) εδάφη.

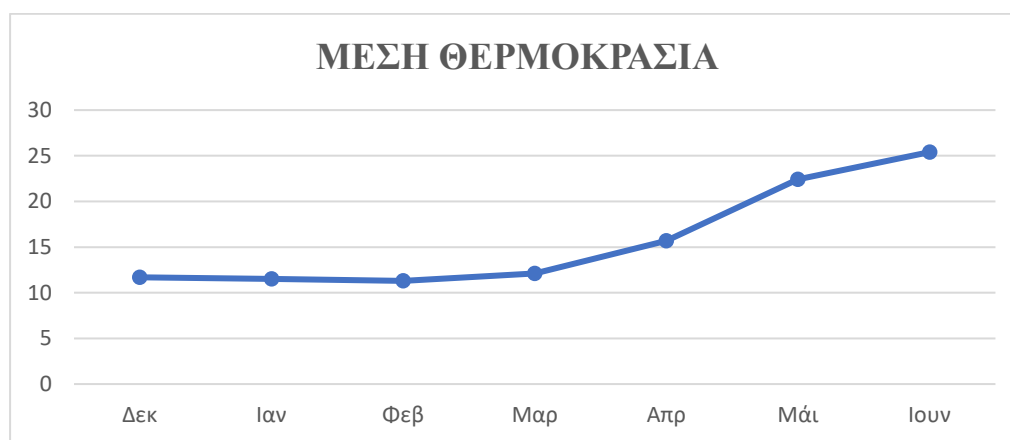
Πίνακας 4 : Εδαφολογική ανάλυση.

CaCO ₃	15,99%	Μαργώδες
Οργανική ουσία	2,37%	Ικανοποιητική περιεκτικότητα
NO ₃ ⁻	104,3 ppm	Επαρκώς εφοδιασμένο
P (Olsen)	9,95 ppm	Οριακά εφοδιασμένο
Na ⁺	110 ppm	Υψηλή περιεκτικότητα
Ph (1:1 H ₂ O)	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
Κοκκομετρική σύσταση	Clay Loam	Αργιλλοπηλώδες

Μετεωρολογικά δεδομένα

Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης του πειράματος επικρατούσε το τυπικό Μεσογειακό κλίμα.

Η μέση θερμοκρασία κυμάνθηκε από 11,3 – 25,4 °C (Διάγραμμα 5).



Διάγραμμα 5 : Μέση θερμοκρασία.

Αντίστοιχα το ύψος βροχόπτωσης για την ίδια περίοδο κυμάνθηκε από 0 – 36 mm βροχής (Διάγραμμα 6).



Διάγραμμα 6 : Ύψος βροχής.

Μετρήσεις

Στη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις, σε 5 διαφορετικές Ημέρες Από τη Σπορά (ΗΑΣ). Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις που λήφθηκαν αφορούσαν κάποια αγρονομικά χαρακτηριστικά του φυτού.

Ύψος φυτών

Αρχικά μετρήθηκε το ύψος των φυτών. Για τη συγκεκριμένη μέτρηση λήφθηκαν τρία φυτά από κάθε plot. Κόπηκαν στο ύψος του λαιμού και μετρήθηκε το ύψος του στελέχους από εκείνο το σημείο, μέχρι το κορυφαίο μερίστωμα. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο μέσος όρος του ύψους των τριών φυτών ανά πειραματικό τεμάχιο.

Νωπό βάρος

Έπειτα από τη λήψη της μέτρησης του ύψους του φυτού, ζυγίστηκε το κάθε φυτό ξεχωριστά. Στο βάρος του φυτού συμμετείχαν ολόκληρα τα φυτά. Αναλυτικότερα, ζυγίστηκε ο βλαστός μαζί με τα φύλλα, ενώ συμπεριλήφθηκαν και οι ανθικές κεφαλές την περίοδο που άνθησε το φυτό.

Ξηρό βάρος

Η μέτρηση του ξηρού βάρους αφορά την ζύγιση των δειγμάτων έπειτα από την απομάκρυνση του νερού από αυτά. Για το λόγο αυτό, τα φυτά τοποθετήθηκαν σε

ξηραντήρα στους 70°C για 72 ώρες. Έπειτα από αυτή τη διαδικασία τα φυτά ζυγίστηκαν με τον ίδιο τρόπο που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του νωπού βάρους.

Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI)

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας υπολογίστηκε με τη χρήση του *Sun Scan type SSI* (Delta --T Devices Cambridge – England) και με τη χρήση του τύπου:

$$\text{LAI} = \text{εμβαδόν φύλλων ενός φυτού} / \text{εμβαδόν του εδάφους που καταλαμβάνει το φυτό}$$

Αριθμός ανθικών κεφαλών

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η Ατρακτυλίδα σχηματίζει ανθικές κεφαλές, κατά την περίοδο της άνθισης. Έτσι, σε εκείνο το στάδιο, μετρήθηκε ο αριθμός των ανθικών κεφαλών που σχηματίστηκαν.

Αριθμός σπόρων ανά κεφαλή

Στο εσωτερικό των ανθικών κεφαλών, περιέχονται οι σπόροι. Κατά την λήψη των μετρήσεων για τα υπόλοιπα αγρονομικά χαρακτηριστικά, πραγματοποιήθηκε σπάσιμο της ανθικής κεφαλής και καταμέτρηση του αριθμού των σπόρων που περιείχε.

Βάρος στημόνων

Το βάρος των στημόνων λήφθηκε σε τρεις διαφορετικές ΗΑΣ και κατά το στάδιο της άνθισης. Πραγματοποιήθηκε συλλογή όλων των στημόνων από τις ανθικές κεφαλές ενός φυτού ανά αγροτεμάχιο και ζύγισή τους με ζυγό ακριβείας.

Απόδοση καλλιέργειας

Κατά τη συγκομιδή υπολογίστηκε η στρεμματική απόδοση της καλλιέργειας, μετρώντας το Βάρος Χιλίων Σπόρων (ΒΧΣ).

Καλλιεργητικές πρακτικές

Προετοιμασία αγρού

Η προετοιμασία του αγρού αποτελεί βασικό στάδιο για την κατασκευή της βέλτιστης σποροκλίνης. Στην συγκεκριμένη μελέτη, οι πρακτικές διέφεραν στα αγροτεμάχια που ακολουθούσαν την NT καλλιεργητική τεχνική, συγκριτικά με εκείνα που ακολουθούσαν την CT. Πιο συγκεκριμένα, για τη NT πρακτική δεν

πραγματοποιήθηκε εδαφική κατεργασία, ενώ η ενσωμάτωση των λιπασμάτων έγινε με τσουγκράνα. Στα αγροτεμάχια που ακολουθούσαν την CT καλλιεργητική πρακτική έγινε κατεργασία με φρέζα, την προηγούμενη ημέρα από τη σπορά, καθώς και ενσωμάτωση των λιπασμάτων.

Χάραξη αγρού

Όπως φαίνεται και στο πειραματικό σχέδιο, ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε 24 υποτεμάχια. Οι διαστάσεις των υποτεμαχίων ήταν 3 m X 5 m. Μεταξύ των υποτεμαχίων με διαφορετική καλλιεργητική πρακτική υπήρχε διάδρομος πλάτους 0,5 m, ενώ μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος πλάτους 1 m. Το εμβαδό του κάθε υποτεμαχίου ήταν 15 m². Το συνολικό εμβαδόν της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας ήταν 418 m².

Σπορά

Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 24/11. Έπειτα από τη χάραξη των γραμμών στο χωράφι, ο σπόρος τοποθετήθηκε με το χέρι. Η σπορά ήταν σε γραμμές. Κάθε αγροτεμάχιο αποτελούνταν από πέντε (5) γραμμές, ενώ η μεταξύ τους απόσταση ήταν 1 m. Εντός της γραμμής ο σπόρος τοποθετήθηκε συνεχόμενα, χωρίς να τηρείται απόσταση σποράς.

Λίπανση

Η λίπανση των υποτεμαχίων έγινε σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο. Υπήρχαν τρεις διαφορετικές επεμβάσεις λίπανσης. Στα υποτεμάχια του μάρτυρα δεν έγινε προσθήκη λιπάσματος. Οι τύποι λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στα υπόλοιπα υποτεμάχια ήταν δύο. Πιο συγκεκριμένα, στην επέμβαση με την ουρία χρησιμοποιήθηκε λίπασμα ουρίας 40-0-0. Στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή νιτροποίησης και παρεμποδιστή ουρέασης χρησιμοποιήθηκε λίπασμα 40-0-0 (+S), με παρεμποδιστή νιτροποίησης και ουρέασης.

Η εφαρμογή του λιπάσματος έγινε την ίδια μέρα με το φρεζάρισμα και πριν από αυτό. Στα υποτεμάχια που δεν έγινε εδαφική κατεργασία το λίπασμα ενσωματώθηκε με τσουγκράνα.

Άρδευση

Στη συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε μόνο ένα πότισμα. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη σπορά ο πειραματικός αγρός ποτίστηκε με κανόνι για μιάμιση ώρα, με σκοπό να δοθεί η κατάλληλη ποσότητα υγρασίας στους σπόρους της Ατρακτυλίδας για να βλαστήσουν.

Διαχείριση ζιζανίων

Η διαχείριση των ζιζανίων ήταν απαραίτητη στα πρώτα στάδια της καλλιέργειας. Έτσι, πραγματοποιήθηκαν δύο σκαλίσματα. Ένα στις πρώτες δύο εβδομάδες από την ανάδυση των φυταρίων και ένα στο στάδιο της ροζέτας. Έπειτα, η καλλιέργεια αναπτύχθηκε έντονα σε ύψος, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 16/6. Κατά τη συγκομιδή συλλέχθηκαν οι ανθικές κεφαλές του φυτού με το χέρι, οι οποίες στη συνέχεια κόπηκαν και αφαιρέθηκαν από μέσα οι σπόροι του φυτού. Η συνολική διάρκεια του πειράματος ήταν 205 ημέρες.

Στατιστική ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SigmaPlot 12.0. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση με την μέθοδο της ANOVA. Τα δεδομένα αξιολογήθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (5%).



Εικόνα 16: Πρώτα στάδια καλλιέργειας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 17: Στάδιο ροζέτας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

3. Αποτελέσματα

Ύψος φυτού

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των 5 μετρήσεων που έγιναν, σε 5 διαφορετικές ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 5: Ύψος φυτού Ατρακτυλίδας.

	90 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ	180 ΗΑΣ	200 ΗΑΣ
CT/U	40,03 ^a	53,67 ^a	84,44 ^a	86,80 ^a	88,00 ^a
CT/UI + NI	44,18 ^b	51,31 ^b	88,00 ^b	90,00 ^b	94,25 ^b
CT/C	34,71 ^c	57,67 ^c	89,13 ^c	95,25 ^c	99,25 ^c
NT/UI+NI	37,03 ^b	62,25 ^b	96,45 ^b	97,31 ^b	104,75 ^b
NT/C	39,42 ^c	66,75 ^c	83,50 ^c	83,75 ^c	87,39 ^c
NT/U	41,46 ^a	65,42 ^a	81,88 ^a	80,25 ^a	80,75 ^a
P _{fert} = 0,041					
P _{tillage} = 0,457					

Νωπό βάρος φυτών

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των 5 μετρήσεων που έγιναν, σε 5 διαφορετικές ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 6: Νωπό βάρος φυτών.

	90 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ	180 ΗΑΣ	200 ΗΑΣ
CT/U	15,50 ^a	45,75 ^a	55,25 ^a	69,68 ^a	63,87 ^a
CT/UI + NI	15,75 ^b	57,50 ^b	61,75 ^b	161,25 ^b	89,62 ^b
CT/C	32,75 ^c	53,25 ^c	55,75 ^c	81,10 ^c	45,80 ^c
NT/UI+NI	21,50 ^b	59,25 ^b	63,25 ^b	72,25 ^b	65,73 ^b
NT/C	20,75 ^c	57,75 ^c	68,50 ^c	94,58 ^c	54,66 ^c
NT/U	21,38 ^a	60,75 ^a	62,75 ^a	77,90 ^a	57,45 ^a
P _{fert} = 0,025					
P _{tillage} = 0,290					

Ξηρό βάρος φυτών

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των 5 μετρήσεων που έγιναν, σε 5 διαφορετικές ημέρες από την σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 7: Ξηρό βάρος φυτών.

	90 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ	180 ΗΑΣ	200 ΗΑΣ
CT/U	4,73 ^a	16,00 ^a	17,50 ^a	43,90 ^a	16,73 ^a
CT/UI + NI	3,65 ^b	17,25 ^b	21,75 ^b	54,00 ^b	25,80 ^b
CT/C	7,35 ^c	21,50 ^c	23,75 ^c	43,98 ^c	16,27 ^c
NT/UI+NI	9,90 ^b	22,25 ^b	25,50 ^b	33,48 ^b	16,67 ^b
NT/C	8,90 ^c	19,25 ^c	27,25 ^c	38,08 ^c	14,44 ^c
NT/U	9,68 ^a	20,75 ^a	21,00 ^a	41,45 ^a	17,89 ^a
<hr/>					
P _{fert} = 0,025					
<hr/>					
P _{tillage} = 0,290					
<hr/>					

LAI

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (Leaf Area Index) μετρήθηκε σε τρεις διαφορετικές ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 8: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας.

	90 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ	180 ΗΑΣ	200 ΗΑΣ
CT/U	3,10 ^{ns}	4,28 ^{ns}	4,66 ^{ns}	5,68 ^{ns}	4,48 ^{ns}
CT/UI + NI	3,96 ^{ns}	4,14 ^{ns}	4,44 ^{ns}	5,45 ^{ns}	4,25 ^{ns}
CT/C	3,13 ^{ns}	3,98 ^{ns}	4,21 ^{ns}	5,93 ^{ns}	4,83 ^{ns}
NT/UI+NI	3,79 ^{ns}	4,12 ^{ns}	4,65 ^{ns}	5,24 ^{ns}	4,44 ^{ns}
NT/C	3,20 ^{ns}	4,08 ^{ns}	4,31 ^{ns}	5,52 ^{ns}	4,98 ^{ns}
NT/U	3,16 ^{ns}	4,31 ^{ns}	4,79 ^{ns}	5,10 ^{ns}	4,69 ^{ns}
<hr/>					
P _{fert} = 0,290					
<hr/>					
P _{tillage} = 0,457					
<hr/>					

Αριθμός ανθικών κεφαλών

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τον αριθμό των ανθικών κεφαλών που μετρήθηκαν σε 3 διαφορετικές ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 9: Ο αριθμός των ανθικών κεφαλών.

	100 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ
CT/U	7,75 ^a	8,5 ^a	9,5 ^a
CT/UI + NI	16,75 ^b	17,75 ^b	18,25 ^b
CT/C	8,5 ^c	8,75 ^c	9,5 ^c
NT/UI+NI	12 ^b	12 ^b	12,5 ^b
NT/C	8 ^c	8 ^c	8,5 ^c
NT/U	8,5 ^a	8,5 ^a	10,5 ^a
<hr/>			
P _{fert} = 0,013			
<hr/>			
P _{tillage} = 0,025			
<hr/>			

Αριθμός σπόρων ανά κεφαλή

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τον αριθμό των σπόρων ανά ανθική κεφαλή που μετρήθηκαν σε 3 διαφορετικές ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ).

Πίνακας 10: Ο αριθμός των σπόρων / κεφαλή.

	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ	180 ΗΑΣ
CT/U	16 ^a	20 ^a	25 ^a
CT/UI + NI	18 ^a	23 ^a	27 ^a
CT/C	16 ^a	17 ^a	17 ^a
NT/UI+NI	19 ^b	20 ^b	23 ^b
NT/C	15 ^b	15 ^b	15 ^b
NT/U	17 ^b	18 ^b	22 ^b
<hr/>			
P _{fert} = 0,870			
<hr/>			
P _{tillage} = 0,019			
<hr/>			

Βάρος στημόνων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από το βάρος των στημόνων, που μετρήθηκε σε 3 διαφορετικές ημέρες από τη σπορά (ΗΑΣ) κατά τη διάρκεια της άνθισης.

Πίνακας 11: Το βάρος των στημόνων.

	100 ΗΑΣ	120 ΗΑΣ	150 ΗΑΣ
CT/U	0,4 ^a	0,445 ^a	0,84 ^a
CT/UI + NI	0,51 ^a	0,7125 ^a	1,235 ^a
CT/C	0,37 ^a	0,8425 ^a	1,42 ^a
NT/UI+NI	0,435 ^b	0,6725 ^b	1,02 ^b
NT/C	0,4075 ^b	0,62 ^b	0,83 ^b
NT/U	0,3 ^b	0,49 ^b	0,7325 ^b
<hr/>			
P _{fert} = 0,425			
<hr/>			
P _{tillage} = 0,01			
<hr/>			

Απόδοση

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η απόδοση της καλλιέργειας στο στρέμμα.

Πίνακας 12: Απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας.

CT/U	222,45 ^{aa}
CT/UI + NI	269,41 ^{ab}
CT/C	158,97 ^{ac}
NT/UI+NI	233,39 ^{ba}
NT/C	120,22 ^{bb}
NT/U	145,49 ^{bc}
<hr/>	
P _{fert} = 0,002	
<hr/>	
P _{tillage} = 0,009	
<hr/>	

4. Συζήτηση

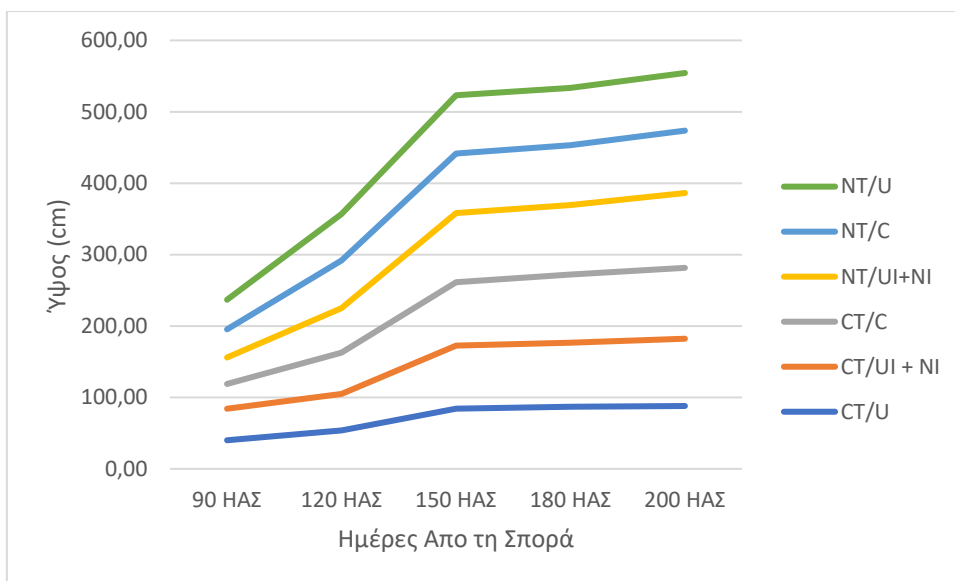
Ύψος φυτού

Το ύψος του φυτού εμφάνισε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα, όσον αφορά τη διαφοροποίηση του τύπου λιπάσματος. Πιο συγκεκριμένα, παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές στην επέμβαση της ουρίας με διπλή παρεμπόδιση (παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης) (Διάγραμμα 8). Σε παλαιότερη μελέτη που έγινε από τους Dordas et Sioulas, 2008, η προσθήκη αζωτούχου λίπανσης έδειξε αύξηση στο ύψος του φυτού. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να συμφωνούν με την παρούσα μελέτη, όπου η προσθήκη αζωτούχου λίπανσης έδωσε αύξηση στο ύψος των φυτών Ατρακτυλίδας.

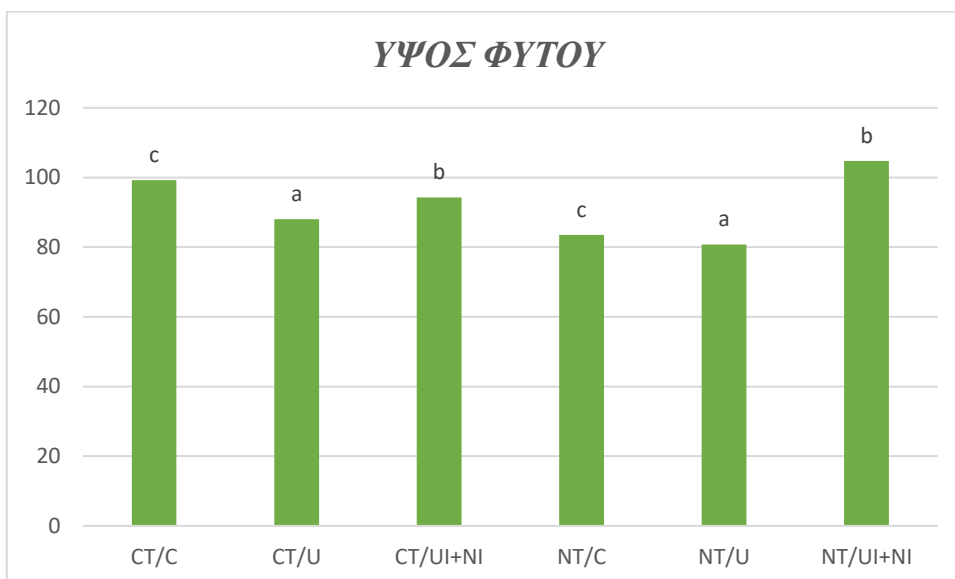
Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να διαφωνούν με εκείνα των Yau et Ryan, 2010, όπου το ύψος του φυτού δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης.

Βιβλιογραφικά, δεν υπάρχει μελέτη που να συγκρίνει τα λιπάσματα νέας γενιάς (λιπάσματα με παρεμποδιστές), με άλλου τύπου λιπάσματα για την Ατρακτυλίδα. Ωστόσο, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε με χρήση λιπασμάτων νέας γενιάς σε καλλιέργεια βιομηχανικής κάνναβης (*Cannabis sativa L.*) (Kakabouki et al, 2021), τα λιπάσματα που περιείχαν παρεμποδιστές έδωσαν θετικά αποτελέσματα στο ύψος του φυτού.

Στο Διάγραμμα 7, φαίνεται η πορεία της ανάπτυξης του ύψους των φυτών. Όπως ήταν αναμενόμενο, τα φυτά αναπτύχθηκαν γρήγορα σε ύψος μετά το στάδιο της ροζέτας, ενώ πλησιάζοντας προς την ωρίμανση η αύξηση ήταν φανερά μικρότερη.



Διάγραμμα 7 : Πορεία ύψους φυτών ανά επέμβαση.

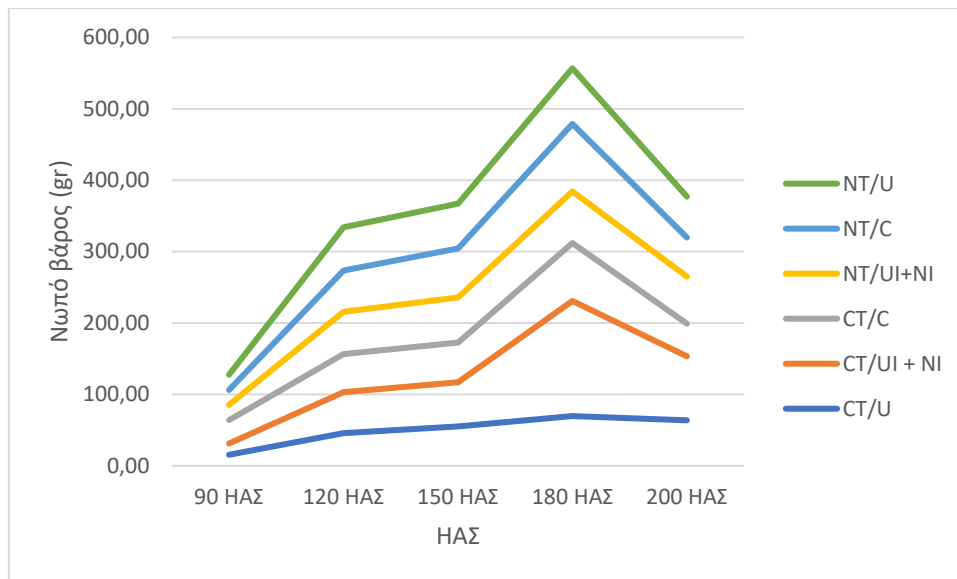


Διάγραμμα 8 : Τελικό ύψος φυτού ανά επέμβαση.

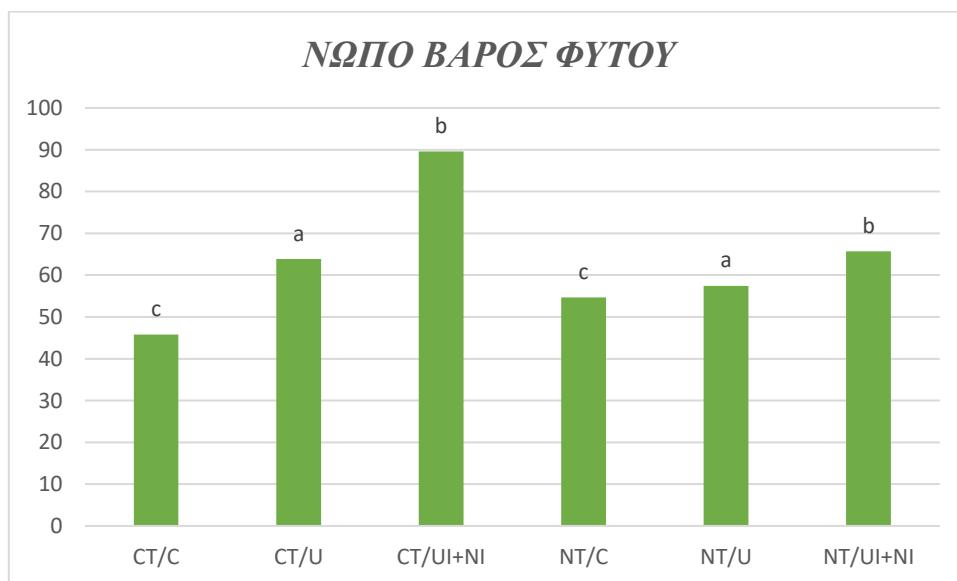
Νωπό βάρος φυτού

Το νωπό βάρος των φυτών της Ατρακτυλίδας, μετρήθηκε μεγαλύτερο στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης (Διάγραμμα 10). Αυτό, φαίνεται να συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες, όπου η προσθήκη αζωτούχου λίπανσης έδειξε αύξηση του νωπού βάρους των φυτών (Abbadi et al, 2008). Η χρήση λιπασμάτων νέας γενιάς (λιπάσματα που περιέχουν παρεμποδιστές) δεν έχει μελετηθεί για την Ατρακτυλίδα. Παρόλα αυτά σε μελέτες που έχουν γίνει σε άλλες καλλιέργειες, έχει αποδειχθεί η ευεργετική τους επιρροή

στην ανάπτυξη των φυτών. Πιο συγκεκριμένα σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε καλλιέργεια Λιναριού (*Linum usitatissimum L.*) (Kakabouki et al, 2021), η χρήση λιπασμάτων με παρεμποδιστές έδειξε αύξηση στο νωπό βάρος των φυτών.



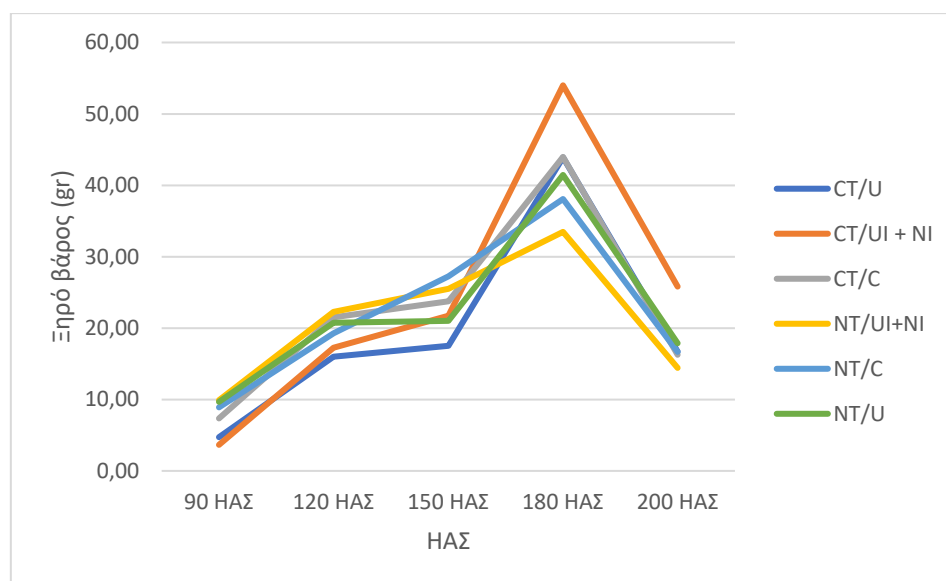
Διάγραμμα 9: Η εξέλιξη του νωπού βάρους των φυτών.



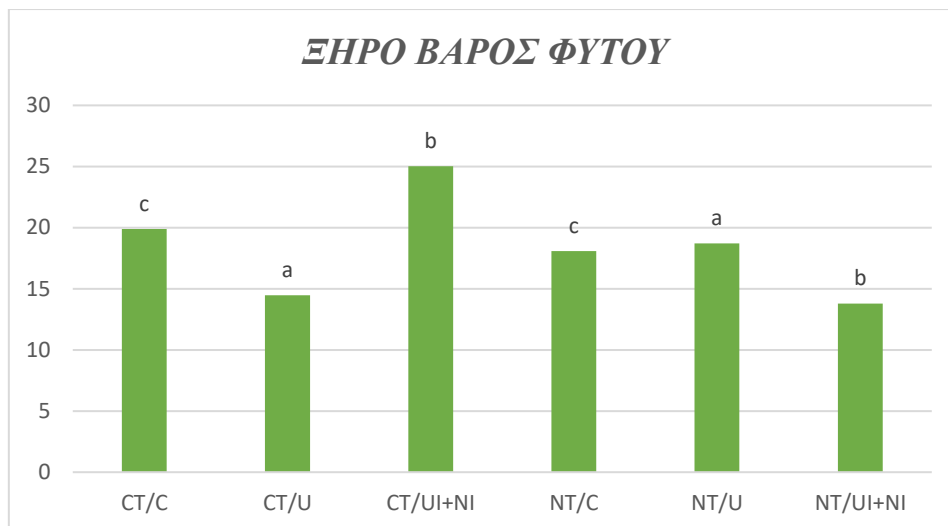
Διάγραμμα 10: Νωπό βάρος φυτού.

Ξηρό βάρος φυτού

Η μέτρηση του ξηρού βάρους φαίνεται να έδωσε υψηλότερες τιμές στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης (Διάγραμμα 12). Η διαφορά μεταξύ των επεμβάσεων είναι στατιστικά σημαντική. Η αζωτούχος λίπανση επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού και κατ' επέκταση και το ξηρό του βάρος. Σε μελέτη των Abbadí et al, 2008 η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης αύξησε την τιμή του ξηρού βάρους σε φυτά Ατρακτυλίδας. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να συμφωνούν. Ωστόσο, δεν υπάρχει βιβλιογραφία για τη χρήση νέου τύπου λιπασμάτων (λιπάσματα με παρεμποδιστές). Σε έρευνες που αφορούσαν την επίδραση των λιπασμάτων νέας γενιάς (λιπάσματα που περιέχουν παρεμποδιστές) σε άλλες καλλιέργειες, φάνηκε να δίνουν θετικά αποτελέσματα στις μετρήσεις που αφορούσαν το ξηρό βάρος των φυτών (Kakabouki et al, 2021).



Διάγραμμα 11: Πορεία ξηρού βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια του πειράματος.

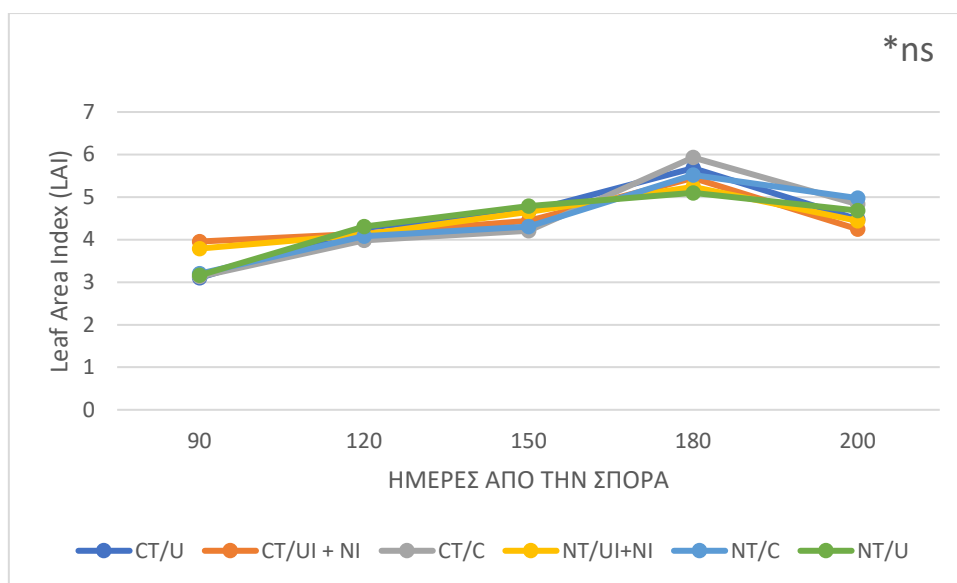


Διάγραμμα 12: Ξηρό βάρος φυτού.

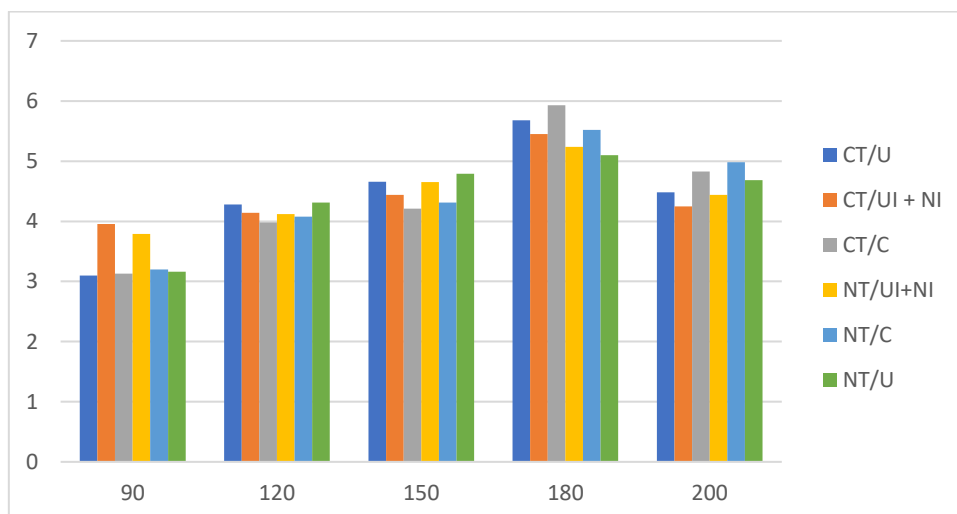
LAI

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης. Παρόλα αυτά οι τιμές του κυμάνθηκαν στο 2,5, το οποίο συμφωνεί με παλαιότερες μελέτες (Ghassemi-Golezani et Hosseinzadeh-Mahootchi, 2015).

Οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης δεν ήταν στατιστικά σημαντικές, ωστόσο η διαφοροποίηση στην κατεργασία του εδάφους εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται να διαφωνούν με εκείνα του Banjara, 2015, όπου οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της μειωμένης κατεργασίας. Στην παρούσα μελέτη η συμβατική κατεργασία CT εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με την ακατεργασία NT.



Διάγραμμα 13: Δείκτης φυλλικής επιφάνειας. *ns = no significant



Διάγραμμα 14: Σύγκριση δεικτών φυλλικής επιφάνειας στις διαφορετικές ΗΑΣ.

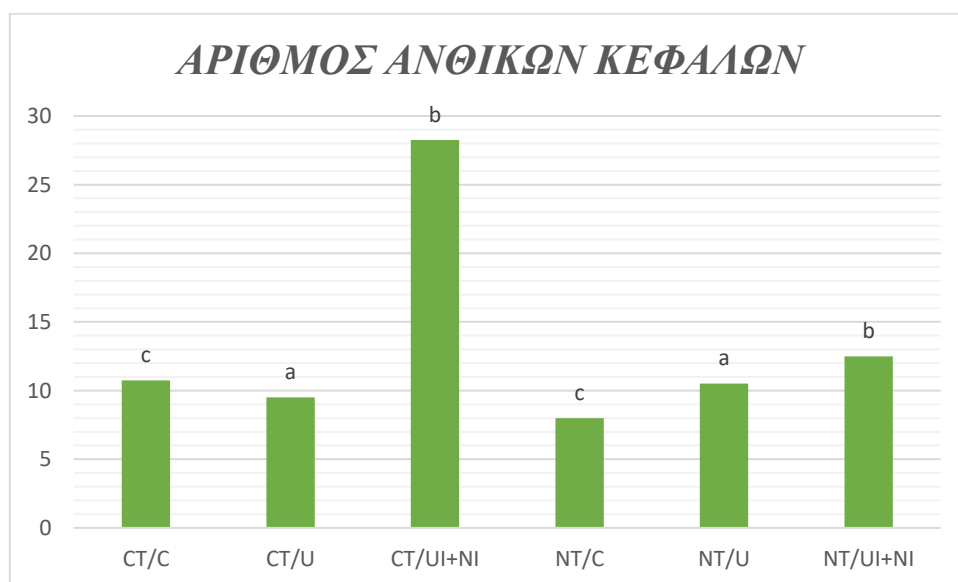
Αριθμός ανθικών κεφαλών

Όπως είναι φανερό, ο αριθμός των ανθικών κεφαλών επηρεάστηκε από την λίπανση. Στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης τα αποτελέσματα που λήφθηκαν ήταν αρκετά υψηλότερα από τα υπόλοιπα (Διάγραμμα 15). Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των ανθικών κεφαλών έφθασε τις 18 ανά φυτό, στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες επεμβάσεις, όπου ο αριθμός των ανθικών κεφαλών μετρήθηκε αρκετά μικρότερος. Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες, που αφορούσαν

την αντίδραση της Ατρακτυλίδας στην αζωτούχο λίπανση και πιο συγκεκριμένα στον αριθμό των ανθικών κεφαλών που προέκυψαν έπειτα από εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης (Dordas et Sioulas, 2008). Πιο συγκεκριμένα η παραπάνω μελέτη έδειξε πως η εφαρμογή $200 \text{ kg N / ha}^{-1}$, έδειξε μεγάλη αύξηση στον αριθμό των ανθικών κεφαλών.

Η μελέτη των Dordas et Sioulas, καθώς και η συγκεκριμένη μελέτη φαίνεται να διαφωνούν με παλαιότερες μελέτες (Strasil et Vorlicek, 2002), όπου η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης δεν έδειξε να επηρεάζει τον αριθμό των ανθικών κεφαλών.

Δεν φαίνεται να υπάρχει στη βιβλιογραφία, μελέτη, που να παρουσιάζει τις επιδράσεις των λιπασμάτων νέας γενιάς – λιπάσματα με παρεμποδιστές – στον αριθμό των ανθικών κεφαλών της Ατρακτυλίδας.



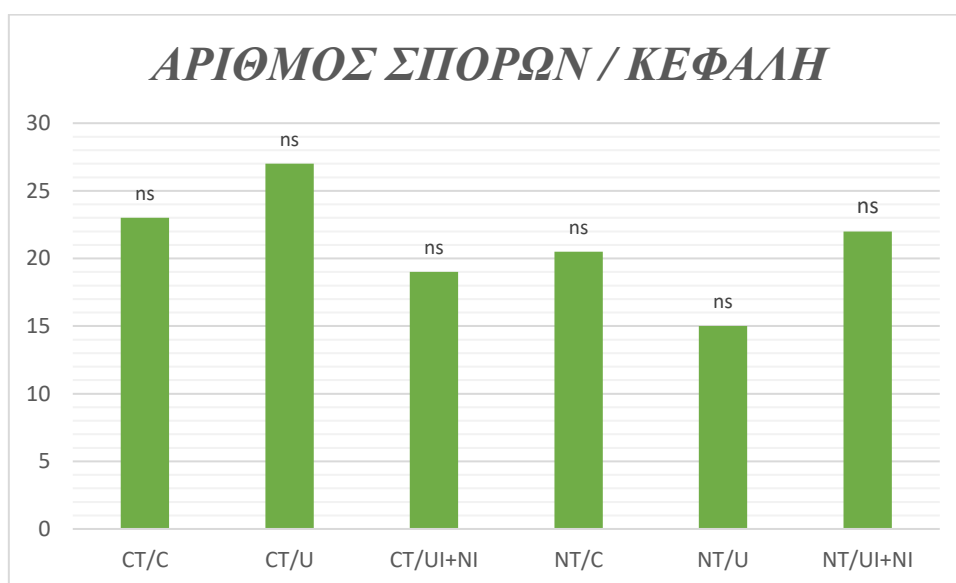
Διάγραμμα 15: Αριθμός ανθικών κεφαλών.

Αριθμός σπόρων ανά κεφαλή

Ο αριθμός των σπόρων στις ανθικές κεφαλές δεν επηρεάστηκε από τον τύπο του λιπάσματος. Πιο συγκεκριμένα, οι διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης δεν ήταν στατιστικά σημαντικές μεταξύ τους. Παρόλα αυτά, οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα φαίνεται να συμφωνεί με μελέτη που έγινε από τους Golzafar et al, 2012, καθώς και με μελέτη που έγινε από τους Dordas et Sioulas, 2008, όπου και στις δύο μελέτες ο

αριθμός των σπόρων ανά ανθική κεφαλή δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά από την αζωτούχο λίπανση.

Η επέμβαση της εδαφικής κατεργασίας φαίνεται πως επηρέασε στατιστικά σημαντικά τον αριθμό των σπόρων ανά ανθική κεφαλή. Οι μεγαλύτερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της συμβατικής κατεργασίας. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα φαίνεται να διαφωνεί με προηγούμενες μελέτες (Banjara, 2015).



Διάγραμμα 16: Επίδραση λίπανσης στον αριθμό σπόρων ανά κεφαλή.

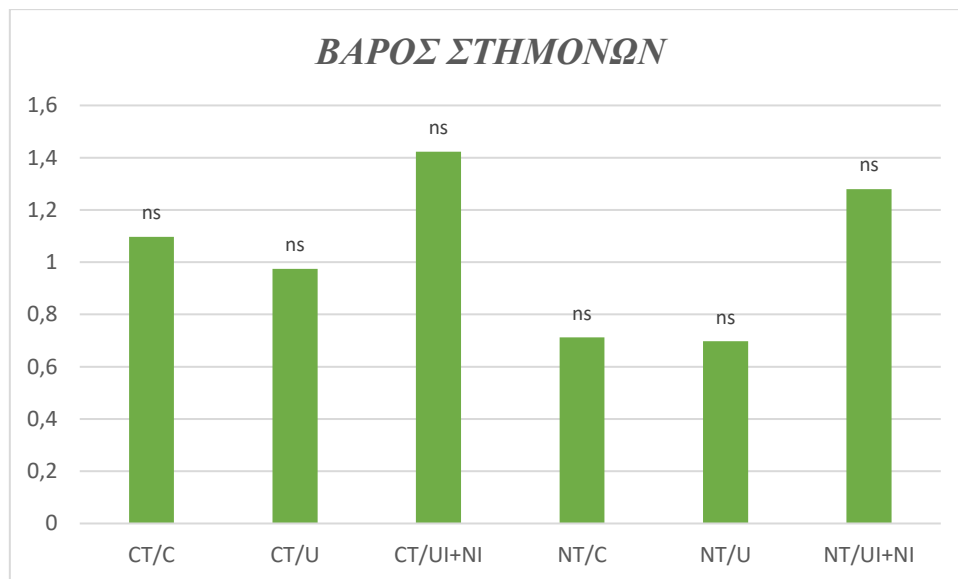


Διάγραμμα 17: Επίδραση κατεργασίας στον αριθμό σπόρων ανά κεφαλή.

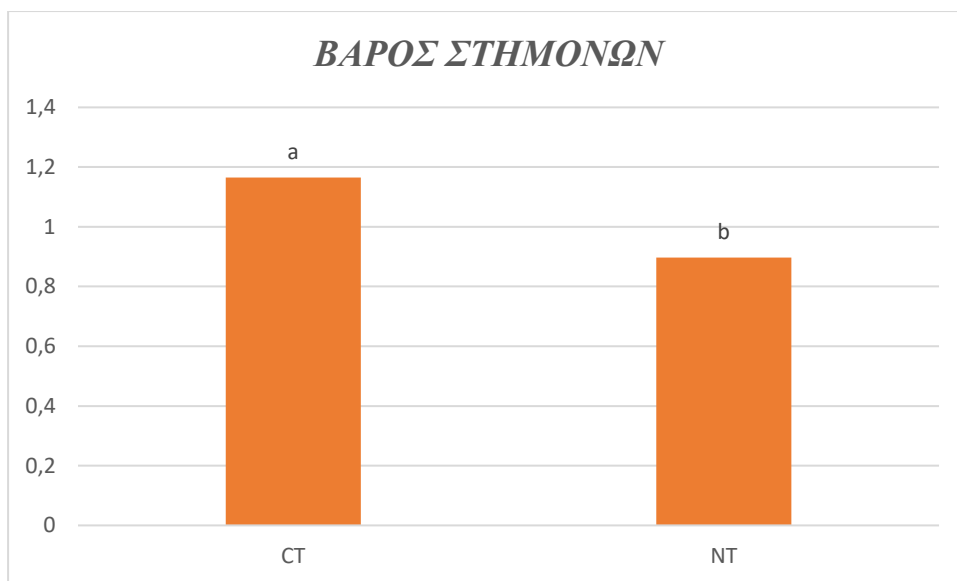
Βάρος στημόνων

Το βάρος των στημόνων δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επεμβάσεις της λίπανσης. Οι υψηλότερες τιμές σημειώθηκαν στην επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης, το οποίο είναι λογικό, λόγω της λειτουργίας του λιπάσματος, παρόλα αυτά δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά συγκριτικά με τις επεμβάσεις της ουρίας και του μάρτυρα.

Οι στήμονες είχαν μεγαλύτερο βάρος στην επέμβαση της συμβατικής κατεργασίας. Η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική μεταξύ των επεμβάσεων κατεργασίας. Δεν υπάρχει αντίστοιχη έρευνα βιβλιογραφικά που να μετράει το βάρος των στημόνων αλλάζοντας το είδος του λιπάσματος ή και την κατεργασία του εδάφους.



Διάγραμμα 18: Επίδραση λίπανσης στο βάρος των στημόνων.



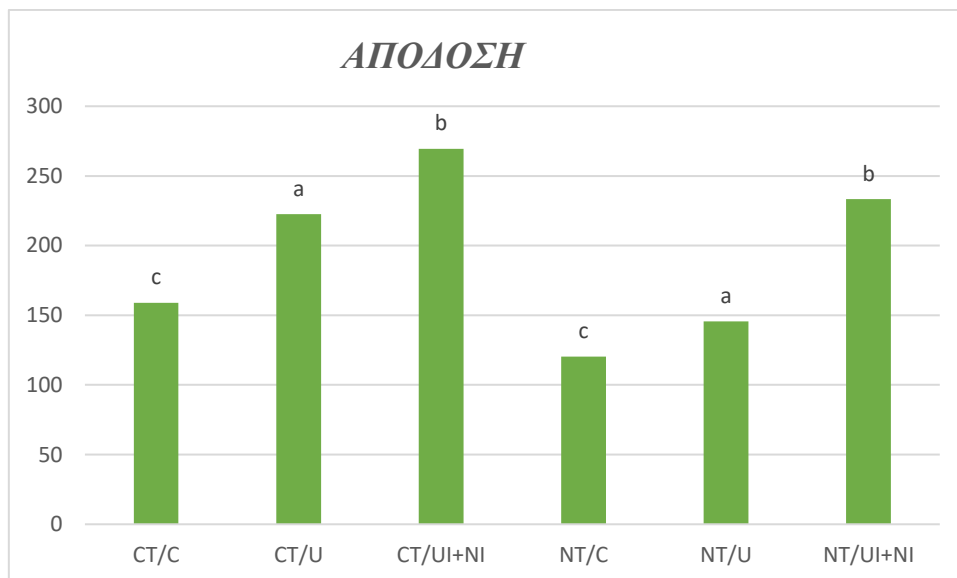
Διάγραμμα 19: Επίδραση κατεργασίας στο βάρος των στημόνων.

Απόδοση

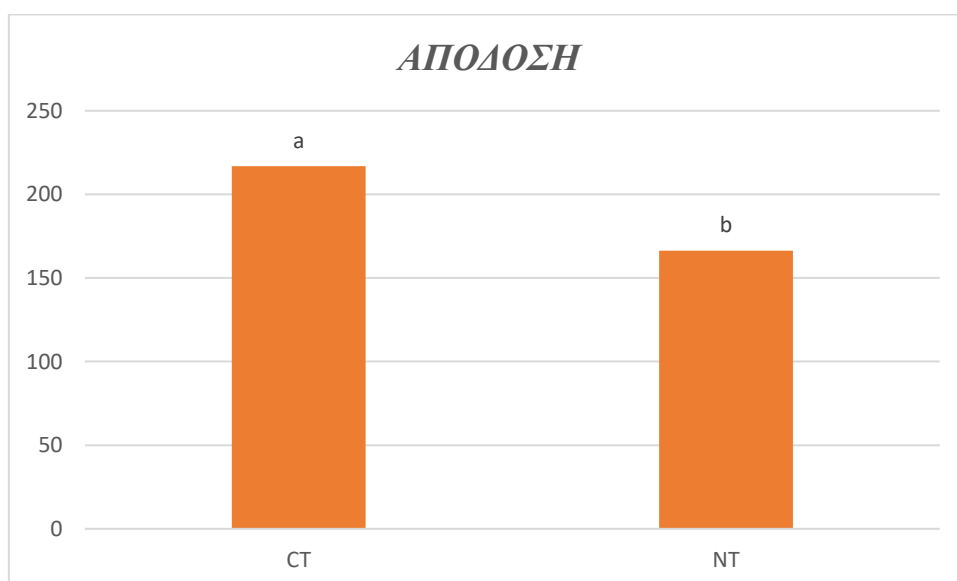
Η απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας στο στρέμμα, φάνηκε να επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά τόσο από τη λίπανση, όσο και από την εδαφική κατεργασία. Γενικά, οι αποδόσεις της καλλιέργειας έφθασαν τα 270 περίπου κιλά ανά στρέμμα. Οι καιρικές συνθήκες κατά την διάρκεια του πειράματος δεν ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκές για την ανάπτυξη του φυτού, παρόλα αυτά η τελική απόδοση που συγκομίστηκε ήταν αρκετά ικανοποιητική.

Όσον αφορά τη λίπανση, μεγαλύτερες τιμές έδωσε η επέμβαση της ουρίας με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης. Ήταν αναμενόμενο να συγκομιστεί μεγαλύτερη απόδοση από τις επεμβάσεις που περιείχαν λίπασμα, συγκριτικά με το μάρτυρα, όπως συμβαίνει και σε προηγούμενες μελέτες (Golzarfar et al, 2012). Δεν υπάρχει έρευνα που να συγκρίνει τα λιπάσματα με σκέτη ουρία με εκείνα που περιέχουν παρεμποδιστές. Κρίνοντας, όμως, από μελέτες που έγιναν σε άλλες καλλιέργειες, το παραπάνω αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο, καθώς τα λιπάσματα νέας γενιάς (λιπάσματα με παρεμποδιστές) και πιο συγκεκριμένα τα λιπάσματα με παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης, έδωσαν την μεγαλύτερη συγκομιζόμενη ποσότητα, συγκριτικά με άλλα λιπάσματα και με την επέμβαση του μάρτυρα (χωρίς προσθήκη λιπάσματος) (Kakabouki et al., 2021).

Η διαφοροποίηση στην εδαφική κατεργασία, έδωσε εξίσου στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα. Η επέμβαση της συμβατικής κατεργασίας έδωσε υψηλότερες αποδόσεις συγκριτικά με την ακατεργασία. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα φαίνεται να διαφωνεί με εκείνο του Banjara, 2015, όπου στην συγκεκριμένη έρευνα οι υψηλότερες αποδόσεις λήφθηκαν από την επέμβαση της μειωμένης εδαφικής κατεργασίας και οι χαμηλότερες από την επέμβαση της συμβατικής κατεργασίας.



Διάγραμμα 20: Απόδοση καλλιέργειας Ατρακτυλίδας.



Διάγραμμα 21: Απόδοση καλλιέργειας Ατρακτυλίδας.

5. Συμπέρασμα

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius L.*) είναι ένα φυτό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιπτώσεις. Τόσο το ίδιο το φυτό όσο και το έλαιό του είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε διάφορους τομείς. Η χρήση των στημόνων του φυτού ως υποκατάστατο του κρόκου Κοζάνης, καθώς και η παραγωγή βιοντίζελ από το έλαιο του φυτού αποτελούν ιδιαίτερα καινοτόμες χρήσεις της καλλιέργειας. Με την παραγωγή καυσίμων από φυτικά μέρη είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας, μειώνοντας τους ρύπους και γενικότερα τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Από την παρούσα μελέτη φάνηκε ότι η χρήση λιπασμάτων νέου τύπου, δηλαδή λιπασμάτων που περιέχουν παρεμποδιστές και πιο συγκεκριμένα, παρεμποδιστή ουρεάσης και παρεμποδιστή νιτροποίησης, βοηθούν και ευνοούν την ανάπτυξη του φυτού. Χρησιμοποιώντας τα νέου τύπου λιπάσματα, μπορούν να μειωθούν οι απώλειες της ουρίας που συμβαίνουν κατά τη χρήση των συμβατικών λιπασμάτων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και των υδάτων, καθώς και αξιοποίηση μεγαλύτερου μέρους του λιπάσματος, αφού μειώνονται οι απώλειες, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται το βέλτιστο αποτέλεσμα με την χρήση της μικρότερης δυνατής ποσότητας.

Η καλλιεργητική τεχνική είναι ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού. Στην παρούσα μελέτη, επηρέασε τον αριθμό των σπόρων ανά κεφαλή, το βάρος των στημόνων και την απόδοση. Πιθανόν, με την επανάληψη του πειράματος για περισσότερα έτη, να επηρεαστούν από την καλλιεργητική πρακτική, ακόμα περισσότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά του φυτού. Γενικά, η επίδραση της καλλιεργητικής πρακτικής εμφανίζει αποτελέσματα στο έδαφος και κατ' επέκταση στην καλλιέργεια μετά το πέρας κάποιων ετών, όπου επαναλαμβάνεται η ίδια καλλιεργητική πρακτική. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη τα θετικότερα αποτελέσματα λήφθηκαν από την συμβατική κατεργασία. Γνωρίζοντας τις επιπτώσεις από τη μακροχρόνια χρήση της, η ανάγκη για την επίδραση του συστήματος ακατεργασίας στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της καλλιέργειας, κρίνεται αναγκαία.

Στην παρούσα μελέτη δόθηκε σημασία στις επιδράσεις του τύπου λιπάσματος καθώς και της καλλιεργητικής τεχνικής στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και την απόδοση της καλλιέργειας της Ατρακτυλίδας. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε επόμενο στάδιο να μελετηθεί η απόδοση της καλλιέργειας σε έλαιο, καθώς και να αναλυθεί το έλαιο. Με αυτό τον τρόπο θα μπορεί να προσδιοριστεί και η επίδραση του τύπου λιπάσματος και εδαφικής κατεργασίας στην ποσότητα και την ποιότητα του ελαίου της Ατρακτυλίδας.

Η Ατρακτυλίδα είναι φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί στην Ελλάδα είτε ως χειμερινό, είτε ως εαρινό. Ένας ακόμα παράγοντας, λοιπόν που θα μπορούσε να μελετηθεί είναι η επίδραση της εποχής σποράς της καλλιέργειας, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά, την απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαίου της Ατρακτυλίδας.

Τέλος, η Ατρακτυλίδα είναι ένα φυτό που παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον ερευνητικά. Παρόλα αυτά, δεν έχει ακόμα μελετηθεί αρκετά. Η παρούσα διατριβή, μπορεί να αποτελέσει την έναρξη για την εκτενέστερη μελέτη του συγκεκριμένου φυτού. Πρόκειται για ένα φυτό που μπορεί να καλλιεργηθεί στο Μεσογειακό κλίμα, το κλίμα της Ελλάδας. Φαίνεται πως δίνει καλές αποδόσεις στις συνθήκες που επικρατούν στη χώρα μας. Είναι καλλιέργεια χαμηλών εισροών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η Ατρακτυλίδα, θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στα συστήματα αμειψισποράς της Ελλάδας και να ενταχθεί γενικότερα στις καλλιέργειες της χώρας.

6. Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Abbadi, J., Gerendás, J., & Sattelmacher, B. (2008). Effects of nitrogen supply on growth, yield and yield components of safflower and sunflower. *Plant and Soil*, 306(1), 167-180.

Abbadi, J., & Gerendás, J. (2011). Effects of phosphorus supply on growth, yield, and yield components of safflower and sunflower. *Journal of Plant Nutrition*, 34(12), 1769-1787.

A. H. Omid Tabrizi, 2006: Stability and Adaptability Estimates of Some Safflower Cultivars and Lines in Different Environmental Conditions

Akiyama H., Yan X., Yagi K. 2009: Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: metaanalysis. *Global Change Biology*, 16:1837–1846. Doi:10.1111/j.1365-2486.2009.02031.x.

Alonso-Ayuso M., Gabriel J.L., Quemada M. 2016: Nitrogen use efficiency and residual effect of fertilizers with nitrification inhibitors. *European Journal of Agronomy*, 80:1–8. doi:10.1016/j.eja.2016.06.008.

Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., & Johnson, D. V. (2019). *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops*. Springer.

Azari, A., & Khajehpour, M. R. (2005). Effect of planting pattern on development, growth, yield components and seed and petal yields of safflower in summer planting, local variety of Isfahan, Koseh. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 9(3), 131-142.

Aziz, I., Mahmood, T., & Islam, K. R. (2013). Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research*, 131, 28-35.

- Banjara, T. R.,** 2015: Effect of tillage practices on growth and yield of Safflower under rainfed midland conditions of Chhattisgarh.
- Bilalis D. J., Karkanis, A., Papastylianou, P., Patsiali, S., Athanasopoulou, M., Barla, G., & Kakabouki, I.** (2010). Response of Organic Linseed ('*Linum usitatissimum*'L.) to the Combination of Tillage Systems, (Minimum, Conventional and No-Tillage) and Fertilization Practices: Seed and Oil Yield Production. *Australian journal of crop science*, 4(9), 700-705.
- Busari, M. A., Kukal, S. S., Kaur, A., Bhatt, R., & Dulazi, A. A.** (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International soil and water conservation research*, 3(2), 119-129.
- Delshad, E., Yousefi, M., Sasannezhad, P., Rakhshandeh, H., & Ayati, Z.** (2018). Medical uses of *Carthamus tinctorius L.*(safflower): a comprehensive review from traditional medicine to modern medicine. *Electronic physician*, 10(4), 6672.
- Delgado J.A.,** 2002: Quantifying the loss mechanisms of nitrogen. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(6):389–398.
- Di, H. J., & Cameron, K. C.** (2007). Nitrate leaching losses and pasture yields as affected by different rates of animal urine nitrogen returns and application of a nitrification inhibitor—a lysimeter study. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 79(3), 281-290.
- Dwivedi, S. L., Upadhyaya, H. D., & Hegde, D. M.** (2005). Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower (*Carthamus tinctorius L.*) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52(7), 821-830.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C.** (2008). Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. *Industrial crops and products*, 27(1), 75-85.
- Dordas, C. A., & Sioulas, C.** (2009). Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius L.*) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, 110(1), 35-43.

El-Nakhlawy, F. S. (1991). Response of safflower to different levels of nitrogen, phosphorus and potassium. *Acta agronômica hungarica*, 40(1-2), 87-92.

Emongor, V., Oagile, O., Phuduhudu, D., & Oarabile, P. (2017). Safflower production. Botswana University of Agriculture and Natural Resources I.

Engel, R., Jones, C., & Wallander, R. (2011). Ammonia volatilization from urea and mitigation by NBPT following surface application to cold soils. *Soil Science Society of America Journal*, 75(6), 2348-2357.

Esental, A., Istanbuluoglu, B., Arslan, B., & Paşa, C. (2008, November). Effect of water stress on growth components of winter safflower (*Carthamus tinctorius L.*). In 7th International safflower conference (pp. 1-3).

FAO, 2019: <https://www.fao.org/home/en>

FAOSTAT, 2020: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

Farajzadeh-Memari-Tabrizi, E., & Babashpour-Asl, M. (2022). Effects of zeolite, vermiculite, and superabsorbent application on agronomic and physiological traits of safflower in response to water-deficit stress. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 12(1), 1-13.

Firestone M.K., Davidson E.A., 1989: Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. In: Andeae, M.O., Schimel, D.S. (Eds.), *Exchange of Trace Gases Between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere*. Wiley, Chichester, pp. 7–21.

Flemmer, A. C., Franchini, M. C., & Lindström, L. I. (2015). Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 166(2), 331-339.

Folina, A., Tataridas, A., Mavroeidis, A., Kousta, A., Katsenios, N., Efthimiadou, A., ... & Kakabouki, I. (2021). Evaluation of various nitrogen indices in N-Fertilizers with inhibitors in field crops: A review. *Agronomy*, 11(3), 418.

Gautam, S., Bhagyawant, S. S., & Srivastava, N. (2014). Detailed study on therapeutic properties, uses and pharmacological applications of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *International Journal of Ayurveda and Pharma Research*, 2(3), 1-12.

Ghassemi-Golezani, K., & Hosseinzadeh-Mahootchi, A. (2015). Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. *WALIA J*, 31, 104-109.

Glibert P.M., Harrison J., Heil C., Seitzinger S., 2006: Escalating worldwide use of U – a global change contributing to coastal Eutrophication. *Biogeochemistry*, 77:441–463. Doi:10.1007/s10533-005-3070-5.

Ghobadi, F., Majnoun Hosseini, N., Oveisi, M., & Akbari, G. (2021). Effect Of Different Levels of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Some Safflower Cultivars in Alborz Province. *Journal of Crops Improvement*.

Golzarfar, M., Shirani Rad, A. H., Delkhosh, B., & Bitarafan, Z. (2012). Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) response to different nitrogen and phosphorus fertilizer rates in two planting seasons. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 99(2), 159-66.

Grant C.A. 2004: *Potential Uses for Agrotain and PolymerCoated Products*. Canada Soil Science Conference Proceedings, 76–86.

Hassani, S. M. R., Talebi, R., Pourdard, S. S., Naji, A. M., & Fayaz, F. (2020). Morphological description, genetic diversity and population structure of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) mini core collection using SRAP and SSR markers. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 34(1), 1043-1055.

Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., Nelson W.L. 2005: *Soil Fertility and Fertilizers—An Introduction to Nutrient Management*. Pearson Education, Inc. New Jersey.

Horowitz, J. K., Ebel, R. M., & Ueda, K. (2010). " No-till" farming is a growing practice (No. 1476-2016-120976).**Juma N., Paul E.** 1983: Effect of a nitrification inhibitor on N immobilization and release of ¹⁵N from nonexchangeable ammonium and microbial biomass. *Canadian Journal of Soil Science*, 63:167–175. Doi:10.4141/cjss83-018.

IFA International Fertilizer Association., 2017: Fertilizer outlook 2017–2021. IFA annual conference – 22–24 May 2017 Marrakech (Marocco). Paris: IFA International Fertilizer Association, Services PITaA;

- Istanbulluoglu, A.** (2009). Effects of irrigation regimes on yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 96(12), 1792-1798.
- Kakabouki, I., Kousta, A., Folina, A., Karydogianni, S., Zisi, C., Kouneli, V., & Papastylianou, P.** (2021). Effect of Fertilization with Urea and Inhibitors on Growth, Yield and CBD Concentration of Hemp (*Cannabis sativa L.*). *Sustainability*, 13(4), 2157.
- Kakabouki, I., Mavroeidis, A., Tataridas, A., Roussis, I., Katsenios, N., Efthimiadou, A., ... & Bilalis, D.** (2021). Reintroducing Flax (*Linum usitatissimum L.*) to the Mediterranean Basin: The Importance of Nitrogen Fertilization. *Plants*, 10(9), 1758.
- Karydogianni, S., Darawsheh, M. K., Kakabouki, I., Zisi, C., Folina, A. E., Roussis, I., ... & Bilalis, D.** (2020). Effect of nitrogen fertilizations, with and without inhibitors, on cotton growth and fiber quality.
- Keshavarz Afshar R., Lin R., Mohammed Y.A., Chen C.,** 2018: Agronomic effects of Use and nitrification inhibitors on ammonia volatilization and nitrogen utilization in a dryland farming system: Field and laboratory investigation. *Journal of Cleaner Production*, 172:4130–4139. Doi:10.1016/j.jclepro.2017.01.105.
- Khodshenas, M. A., Ghadbeyklou, J., & Nourgholipour, F.** (2022). The effect of different levels of phosphorus on growth, yield and of phosphorus uptake efficiency in Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) cultivars. *Iranian Journal of Soil Research*.
- Kirkby, E. A.** (1981). Plant growth in relation to nitrogen supply. *Ecological bulletins*, 249-267.
- Knowles, P. F.** (1980). Safflower. Hybridization of crop plants, 535-548.
- Koutroubas S. D., Papakosta D. K., Doitsinis A.,** 2004: Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield // *Field Crop Research*. - vol. 90, p. 263–274
- Koutroubas S. D., Papakosta D. K., Doitsinis A.,** 2009: Phenotypic variation in physiological determinants of yield in spring sown safflower under Mediterranean conditions // *Field Crop Research*. – vol. 112, p. 119–204

- Küçük, H., & Akbolat, D.** (2018). Investigation of different tillage and seeding methods in safflower (*carthamus tinctorius l.*) cultivation. scientific papers-series agronomy, 61(1).
- Ladha J.K., Pathak H., Krupnik T.J., Six J., van Kessel C.** 2005: Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and Prospects. *Advances in Agronomy*, 87:85–156. Doi:10.1016/S0065-2113(05)87003-8.
- Lal, R., & Kimble, J. M.** (1997). Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 49(1), 243-253.
- La Bella, S., Tuttolomondo, T., Lazzeri, L., Matteo, R., Leto, C., & Licata, M.** (2019). An agronomic evaluation of new safflower (*Carthamus tinctorius L.*) germplasm for seed and oil yields under Mediterranean climate conditions. *Agronomy*, 9(8), 468.
- Li Q., Yang A., Wang Z., Roelcke M., Chen X., Zhang F., Pasda G., Zerulla W., Wissemeier A.H., Liu X.,** 2015: Effect of a new Use inhibitor on ammonia volatilization and nitrogen utilization in wheat in north and northwest China. *Field Crops Research*, 175:96–105. Doi:10.1016/j.fcr.2015.02.005.
- Li, Y., Hu, M., Tenuta, M., Ma, Z., Gui, D., Li, X., ... & Gao, X.** (2020). Agronomic evaluation of polymer-coated urea and urease and nitrification inhibitors for cotton production under drip-fertigation in a dry climate. *Scientific Reports*, 10(1), 1-8.
- Ma, Q., Wu, Z., Shen, S., Zhou, H., Jiang, C., Xu, Y., ... & Yu, W.** (2015). Responses of biotic and abiotic effects on conservation and supply of fertilizer N to inhibitors and glucose inputs. *Soil Biology and Biochemistry*, 89, 72-81.
- Manunza B., Deiana S., Pintore M., Gessa C.,** 1999: The Binding Mechanism of U, Hydroxamic Acid and N-(Nbutyl)-Phosphoric Triamide to the Use Active Site. A Comparative Molecular Dynamics Study. *Soil Biology and Biochemistry*, 31:789–796. Doi:10.1016/S0038-0717(98)00155-2.
- Mathew, R. P., Feng, Y., Githinji, L., Ankumah, R., & Balkcom, K. S.** (2012). Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012.

- Mihaela, P., Josef, R., Monica, N., & Rudolf, Z.** (2013). Perspectives of safflower oil as biodiesel source for South Eastern Europe (comparative study: Safflower, soybean and rapeseed). *Fuel*, 111, 114-119.
- Monaghan, R. M., De Klein, C. A., & Muirhead, R. W.** (2008). Prioritisation of farm scale remediation efforts for reducing losses of nutrients and faecal indicator organisms to waterways: A case study of New Zealand dairy farming. *Journal of environmental management*, 87(4), 609-622.
- Neeraja, S., Garima, A., & Rupam, K.** (2019). Incidence and severity of fungal diseases of safflower in India. *Crop Protection*, 125.
- Padmavathi, P., & Virmani, S. M.** (2013). Impact of climate change on safflower (*Carthamus tinctorius L*) in India and Mexico. *Journal of Agrometeorology*, 15(1), 58-61. P. F. Knowles, 1959: Safflower
- Peigné, J., Ball, B. C., Roger-Estrade, J., & David, C. J. S. U.** (2007). Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil use and management*, 23(2), 129-144.
- Quemada M., Baranski M., Nobel-de Lange M.N.J., Vallejo A., Cooper J.M.** 2013: Meta-analysis of strategies to M nitrate leaching in irrigated agricultural systems and their effects on crop yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 174:1–10. Doi:10.1016/j.agee.2013.04.018.
- Ramirez K.S., Craine J.M., Fierer N., 2012:** Consistent effects of nitrogen amendments on soil microbial communities and processes across biomes. *Global Change Biology*, 18:1918-1927. Doi:10.1111/j.1365-2486.2012.02639.x.
- Sanz-Cobena A., Misselbrook T.H., Arce A., Mingot J.I., Diez J.A., Vallejo A.,** 2008: An inhibitor of Use activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with U under Mediterranean conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126(3-4):243–249. Doi:10.1016/j.agee.2008.02.001.
- Saeidi, K., Nur Azura, A., Omar, D., & Abood, F.** (2011). Pests of safflower (*Carthamus tinctorious l.*) and their natural enemies in Gachsara, Iran. *South Asian Journal of Experimental Biology*, 1(6), 286-291.

Shahrokhnia M.H., Sepaskhah A.R. (2017) Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. *Ind. Crops & Prod.* 95:126–139

Singh, N., Anand, G., & Kapoor, R. (2019). Incidence and severity of fungal diseases of safflower in India. *Crop Protection*, 125, 104905.

Smith, J. R. (1996). *Safflower*. AOCS Publishing.

Soares, M. I. M., & Lewis, O. A. M. (1986). An investigation into nitrogen assimilation and distribution in fruiting plants of barley (*Hordeum vulgare L. cv. Clipper*) in response to nitrate, ammonium and mixed nitrate and ammonium nutrition. *New phytologist*, 104(3), 385-393.

Soares, J. R., Cantarella, H., & de Campos Menegale, M. L. (2012). Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil biology and biochemistry*, 52, 82-89.

Soleimanifard, A., Mojaddam, M., Lack, S., & Alavifazel, M. (2022). Effect of Azotobacter and Nitrogen Fertilizer Levels on Agro-physiological Traits and Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) Genotypes under Different Moisture Conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 15(60), 467-492.

Strasil, Z., & Vorlicek, Z. (2002). The effect of nitrogen fertilization, sowing rates and site on yields and yield components of selected varieties of safflower (*Carthamus tinctorius L.*). *Rostlinna vyroba*, 48(7), 307-311.

Sui-Kwong Yau, John Ryan, Response of rainfed safflower to nitrogen fertilization under Mediterranean conditions, *Industrial Crops and Products*, Volume 32, Issue 3, 2010, Pages 318-323, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.05.008>

Sun H.J., Zhang H.L., Powlson D., Min J., Shi W.M., 2015: Rice production, nitrous oxide emission and ammonia volatilization as impacted by the nitrification inhibitor 2-chloro-6-(trichloromethyl)-pyridine. *Field Crops Research*, 173:1–7. Doi:10.1016/j.fcr.2014.12.012.

Tao H., Rogers C.W. (2019). Nitrogen inhibitors: how do they work to reduce N losses? *research.wsulibs.wsu.edu Publications*, Washington State University Extension (Tao & Rogers 2019)

Tabrizi, A. H. (2018). Stability and adaptability estimates of some safflower cultivars and lines in different environmental conditions.

Torabi, B., Attarzadeh, M., & Soltani, A. (2013). Germination response to temperature in different safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars. *Seed Technology*, 47-59.

Tul Hassan, F., Yasir, M., Mukhtar, K., Akmal, A. M., & Afzal, O. (2015). Growth and development of safflower (*Carthamus tinctorius*) under rainfed conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 17(1).

Wang X.F., Zhang L., Zou J.W., Liu S.W. 2015: Optimizing net greenhouse gas balance of a bioenergy cropping system in southeast China with Use and nitrification inhibitors. *Ecological engineering*, 83:191–198. Doi:10.1016/j.ecoleng.2015.05.047.

Yau, S. K., Sidahmed, M., & Haidar, M. (2010). Conservation versus conventional tillage on performance of three different crops. *Agronomy Journal*, 102(1), 269-276.

Yau, S. K., & Ryan, J. (2010). Response of rainfed safflower to nitrogen fertilization under Mediterranean conditions. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 318-323.

Yau, S. K. (2007). Winter versus spring sowing of rain-fed safflower in a semi-arid, high-elevation Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 26(3), 249-256.

Zisi Ch., Karydogianni S., Kakabouki I., Stavropoulos P., Folina A.E., Bilalis D. (2020) Effects of nitrogen fertilizers with two different inhibitors (urease and nitrification) on the survival and activity of earthworms (*Octodrilus complanatus*). *Journal of Elementology*, Doi:10.5601/jelem.2020.25.2.2008.

Ελληνική βιβλιογραφία

Αυγουλάς Χρήστος, Ποδηματάς Κων/νος, Παπαστυλιανού Παναγιώτα, : Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας Τόμος II "Ειδικότητα: Φυτικής Παραγωγής

Δ. Παπακώστα – Τασοπούλου, 2013: Βιομηχανικά φυτά Β' έκδοση

Φασούλας Α.Κ και Φωτιάδης Ν.Α., 1984: Ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius*). Αρχές της επιστήμης των καλλιεργειών των φυτών

Τσατσαρέλης Α. Κ., 2000: Αρχές μηχανικής κατεργασίας του εδάφους και σποράς

7. Παράρτημα εικόνων

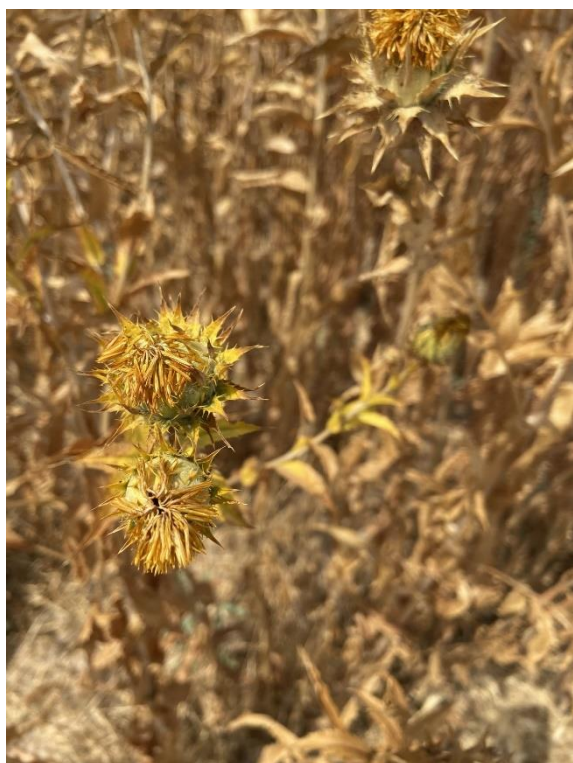


Εικόνα 18: Εικόνα του αγρού (Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Παπαδόπουλου Γ.).

Εικόνα 19: Χάραξη αγρού και πρώτο πότισμα (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 20: Η καλλιέργεια στο στάδιο της ωρίμανσης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 21: Ανθικές κεφαλές σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (Πηγή:Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 22: Μετρήσεις (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)





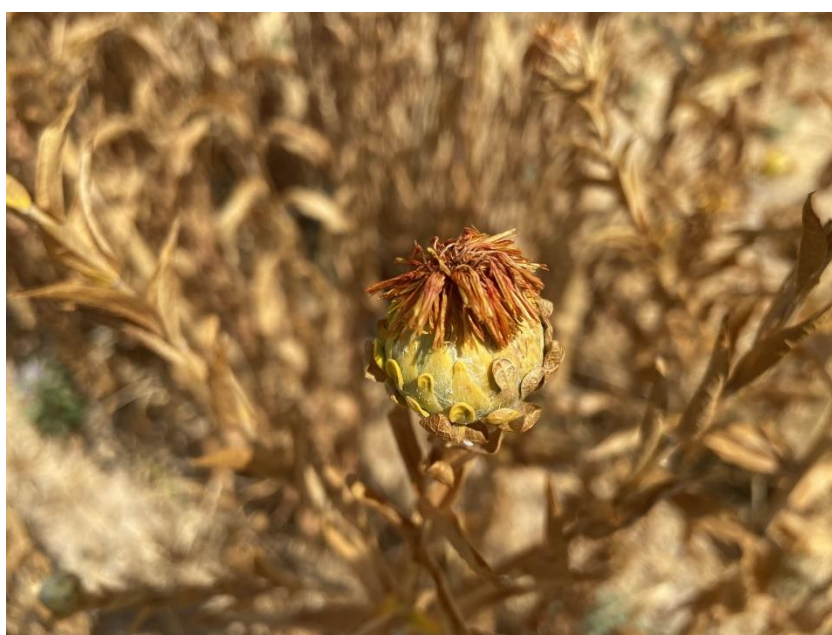
Εικόνα 23: Φυτά σε πλήρη ωρίμανση (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 24: Ανθηκή κεφαλή πρώτα στάδια (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 25: Ανθική κεφαλή σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

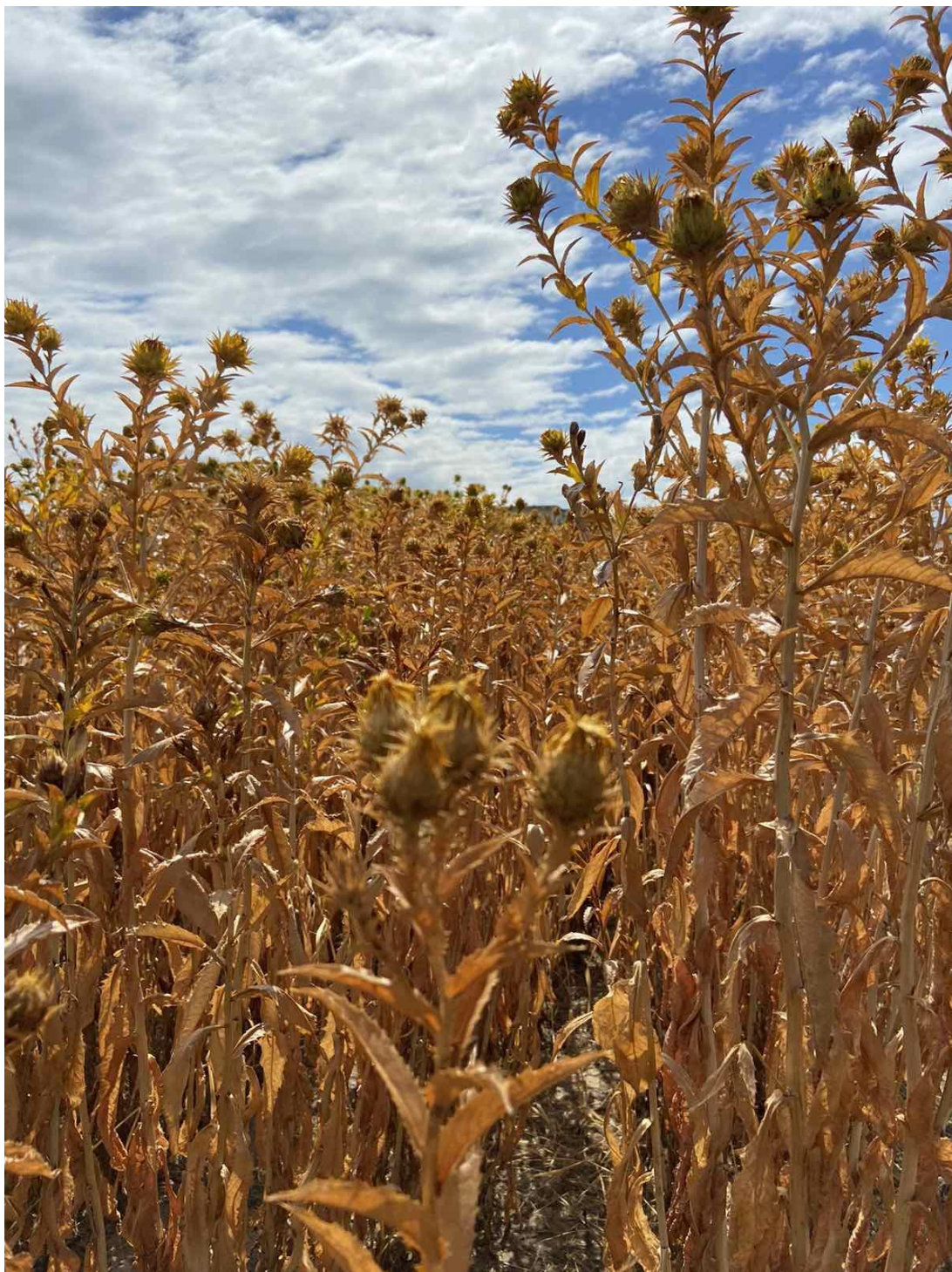




Εικόνα 26: Όργανο μέτρησης δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 27: Ζυγός ακριβείας που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 28: Εικόνα του αγρού με ώριμα φυτά (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)