ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της εποχής σποράς στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και στις αποδόσεις βιολογικής καλλιέργειας της χίας (chia) *(Salvia hispanica)*»

Ιωάννα Ν. Καϊμαξή

Επιβλέπων Καθηγητής: **Τραυλός Ηλίας**

ΑΘΗΝΑ 2016

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της εποχής σποράς στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και στις αποδόσεις βιολογικής καλλιέργειας της χίας (chia) (*Salvia hispanica)*»

Ιωάννα Ν. Καϊμαξή

Επιβλέπων Καθηγητής

Τραυλός Ηλίας

ΑΘΗΝΑ 2016

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της εποχής σποράς στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και στις αποδόσεις βιολογικής καλλιέργειας της χίας (chia) (*Salvia hispanica)*»

ΙωάνναΝ. Καϊμαξή

Τριμελής Εξεταστική – Συμβουλευτική Επιτροπή:

Επιβλέπων Καθηγητής: Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής

Μέλη: Μπιλάλης Δημήτρης, Αναπληρωτής Καθηγητής
ΠαπαθεοχαρηΓιολάντα, Επίκουρη Καθηγήτρια

Πίνακας Περιεχομένων

Σελίδα

	Ευχαριστίες	12
	Περίληψη	13
	Abstract	14
1.	Εισαγωγή	15
1.1	Ιστορική αναδρομή	16
1.2	Βοτανική ταξινόμηση	19
1.3	Σκοπός καλλιέργειας- χρήσεις	20
1.4	Τα Ωμέγα- 3 λιπαρά οξέα και ο ρόλος τους στη ζωή μας	21
1.5	Τάσεις καλλιέργειας	23
1.6	Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	24
1.7	Βιολογικός Κύκλος	26
1.8.	Οικολογικές Απαιτήσεις	26
1.9	Καλλιεργητικές Φροντίδες	27
1.9.1	Προετοιμασία Αγρού	27
1.9.2	Σπορά	27
1.9.3	Λίπανση – Άρδευση	27
1.9.3.1	Οργανική Λίπανση	28
1.9.4	Διαχείριση Ζιζανίων	28
1.9.5	Συγκομιδή	29
1.9.6	Εχθροί και Ασθένειες	30
1.10	Σκοπός του πειράματος	30
2.	Υλικά και μέθοδοι	31
2.1	Γενικά	31
2.2	Φυσικοχημικές Ιδιότητες Αγρού	31
2.3	Πειραματικό Σχέδιο	32
2.3	Εγκατάσταση πειράματος	34
2.4	Άρδευση και Λίπανση	34
2.5	Μετρήσεις αγρονομικών Χαρακτηριστικών *S. hispanica*	34
2.6	Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων	36

3	Αποτελέσματα	37
3.1	Αριθμός Ζιζανίων	37
3.2	Νωπό Βάρος Ζιζανίων	38
3.3	Ξηρό Βάρος Ζιζανίων	40
3.4	Πυκνότητα Καλλιέργειας	41
3.5	Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας (LAI)	42
3.6	Νωπό Βάρος Φυτών	44
3.7	Ξηρό Βάρος Φυτών	45
3.8	Αριθμός Ταξιανθιών ανά Φυτό	46
3.9	Μήκος Ταξιανθιών	47
3.10	Νωπό Βάρος Ταξιανθιών	48
3.11	Ξηρό Βάρος Ταξιανθιών	49
3.12	Ύψος Φυτών 3ης Μέτρησης	51
3.13	Ύψος Φυτών 7ης Μέτρησης	52
3.14	Ύψη Φυτών	53
4	Συζήτηση – Συμπεράσματα	54
5	Βιβλιογραφία	58

Πίνακας Εικόνων

		Σελίδα
Εικόνα 1.1	Σχέδιο από το βιβλίο Florentine Codex, που απεικονίζει φυτό χίας	19
Εικόνα 1.2	Φυτό χίας	19
Εικόνα 1.3	Η χία σε διάφορες μορφές	20
Εικόνα 1.4	Φυτό χίας στις 55 και στις 121 ημέρες από τη σπορά	24
Εικόνα 1.5	Ταξιανθίες χίας	25
Εικόνα 1.6	Σταυρογονιμοποίησηχίας από έντομα	25
Εικόνα 1.7	Αποξηραμένες ταξικαρπίες και σπόροι χίας	26
Εικόνα 1.8	Άποψη πειραματικού αγρού 50 ημέρες μετά το φύτρωμα	29
Εικόνα 1.9	Άποψη πειραματικού αγρού 121 ημέρες μετά το φύτρωμα	29
Εικόνα 2.1	Ο Πειραματικός Αγρός	31
Εικόνα 2.2	Συσκευή υπολογισμού φυλλικής επιφάνειας DT-areameter (Delta-TDevicesLtd., BurwellCambridge, UK)	36

Κατάλογος Πινάκων

Σελίδα

Πίνακας 1.1	Θρεπτική αξία των σπόρων χίας (Τα ποσοστά απεικονίζουν τη διατροφική τιμή αναφοράς) Πηγή: USDA	17
Πίνακας 1.2	Περιεκτικότητα (%) σε λιπαρά οξέα εννιά σημαντικότερων ελαιοδοτικών φυτών (Πηγή: Ayerza and Coates, 2005).	22
Πίνακας 1.3	Περιεκτικότητα (%) σε λιπαρά οξέα χίας, σε πέντε χώρες (Πηγή: Ayerza and Coates, 2005)	23
Πίνακας 2.1	Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού	32
Πίνακας 3.1	Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την πυκνότητα των ζιζανίων, σε σχέση με τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σποράς, της Χίας. Τα κόκκινα γράμματα δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές.	37
Πίνακας 3.2	Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το νωπό βάρος των ζιζανίων, σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της Χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές	39
Πίνακας 3.3	Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το Ξηρό Βάρος των Ζιζανίων, σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές	40
Πίνακας 3.4	Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την πυκνότητα της καλλιέργειας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές	41
Πίνακας 3.5	Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν	

στατιστικά σημαντικές διαφορές 43
Πίνακας 3.6 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τον νωπό βάρος των φυτών της χίας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές 44
Πίνακας 3. 7 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ξηρό βάρος των φυτών της χίας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές 45
Πίνακας 3.8 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τον αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. 46
Πίνακας 3.9 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το μήκος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές 47
Πίνακας 3.10 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το νωπό βάρος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές 48
Πίνακας 3.11 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ξηρό βάρος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. 49
Πίνακας 3.12 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ύψος των φυτών της χίας κατά την 3η μέτρηση σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές 51
Πίνακας 3.13 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ύψος των φυτών της χίας κατά την 7η μέτρηση σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα

υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. 52

Πίνακας Διαγραμμάτων

Σελίδα

Διάγραμμα 1.1 Πυκνότητα ζιζανίων για την καλλιέργεια της Χίας, για τις τρεις επεμβάσεις (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015), 36 Ημέρες Από τη Σπορά.Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05. 37

Διάγραμμα 1.2 Νωπό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας 36 Ημέρες Από τη Σπορά, για τις τρεις επεμβάσεις(Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 39

Διάγραμμα 1.3 Ξηρό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας, 36 Ημέρες Από τη Σπορά, για τις τρεις επεμβάσεις(Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 40

Διάγραμμα 1.4 Πυκνότητα φυτών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015).Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε

στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 41

Διάγραμμα 1.5 Φυλλική Επιφάνεια για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 43

Διάγραμμα 1.6 Νωπό Βάρος φυτών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 44

Διάγραμμα 1.7 Ξηρό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 45

Διάγραμμα 1.8 Αριθμός Ταξιανθιών ανά φυτό για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από

κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 46

Διάγραμμα 1.9 Μήκος Ανθοταξιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 47

Διάγραμμα 1.10 Νωπό Βάρος Ταξιανθιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 48

Διάγραμμα 1.11 Ξηρό Βάρος Ταξιανθιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05 49

Διάγραμμα 1.12 Ύψος φυτών 3ης Μέτρησης για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω

	από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05	51
Διάγραμμα 1.13	Ύψος φυτών 7ης μέτρησης για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015).Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας p=0.05	52
Διάγραμμα 1.14	Πορεία ανάπτυξης των φυτών της χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015)	54

Πίνακας Σχημάτων

		Σελίδα
Σχήμα 1	Το Πειραματικό Σχέδιο	33

Ευχαριστίες

Με το πέρας της εκπόνησης της παρούσης εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις ολόθερμες ευχαριστίες μου, προς το σύνολο του προσωπικού του Εργαστηρίου της Γεωργίας, για το ευχάριστο κλίμα και την άριστη συνεργασία σε όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Πρωτίστως, θα επιθυμούσα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή ου Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κι επιβλέποντα Καθηγητή της Μεταπτυχιακής μου Διατριβής, Κο Τραυλό Ηλία, για τη συνεχή στήριξη του και τις εύστοχες διορθώσεις του στη συγγραφή της μελέτης.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω για την ουσιαστική βοήθεια κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματοςτον ΚοΤσιώρο Στέλιο, μέλος ΕΔΙΠ και υποψήφιο διδάκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου, στον Αναπληρωτή Καθηγητή, ΚοΜπιλάλη Δημήτρη, για τις πολύτιμες συμβουλές του, αλλά κυρίως ως πρότυπο διδασκάλου, που με ενέπνευσε να ασχοληθώ με τον κλάδο της βιολογικής γεωργίας.

Περίληψη

Σε πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στην περιοχή του Βοτανικού, εγκαταστάθηκε πειραματική καλλιέργεια χίας (*Salvia hispanica*). Μελετήθηκε η επίδραση της εποχής σποράς στα αγρονομικά χαρακτηριστικά και τις αποδόσεις της βιολογικής καλλιέργειας χίας (chia). Ο αγρός χωρίσθηκε σε τρία (3) τμήματα, όπου πραγματοποιήθηκαν τρεις (3) διαφορετικές σπορές με τρεις (3) επαναλήψεις για κάθε επέμβαση. Η πρώτησπορά πραγματοποιήθηκε τον Απρίλη , η δεύτερη σπορά τον Ιούνιο και η τελευταία τον Αύγουστο του 2015. Η καλλιεργητική περίοδος, διήρκησε συνολικά από τον Απρίλη έως το Νοέμβριο του 2015.

Τα χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν: το ύψος, ο αριθμός ζιζανίων, το νωπό και ξηρό βάρος, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), ο αριθμός και το μήκος ταξιανθιών ανά φυτό, ο αριθμός φυτών ανά σειρά και τα χαρακτηριστικά ποιότητας φυτομάζας.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν, φαίνεται πως η καλύτερη εποχή σποράς είναι η θερινή, δηλαδή η όψιμη σπορά του Αυγούστου, όπου οι συνθήκες είναι καταλληλότερες για την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας. Έτσι, τα φυτά της όψιμης σποράς είχαν σημαντικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, μεγαλύτερο ποσοστό βιομάζας κι επίσης, είχαν μεγαλύτερο μήκος ταξιανθιών, συγκριτικά με τις προηγηθείσες σπορές, του Απρίλη και του Ιούνη. Ο αριθμός των φυτών, της όψιμης θερινής επέμβασης, ανά τρέχουσα σειρά σποράς δεν παρουσίασε σημαντική διαφορά, σε σύγκριση με την πρώϊμη σπορά, του Απρίλη.

Τέλος, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήσαμε, για τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σποράς, τα φυτά είχαν την ίδια ημερομηνία άνθισης κάτι που συνδέεται με τη διάρκεια ημέρας και ενισχύει την άποψη πως η καταλληλότερη περίοδος σποράς είναι η όψιμη θερινή .

Abstract

On an experimental field of the Laboratory of Agronomy cited in the farm of the Agricultural University of Athens, in the region of Votanikos a crop of Chia (*Salvia hispanica)* was installed. The influence of seasonal sowing on agronomical characteristics and on the yield of biological cultivation of Chia was studied. The experimental farm was split in three sections, where three different sowings took place with three replications in each treatment. The first sowing was performed on April, the second on June and the last on August of 2015. Cultivation period was from April till November of 2015.

Among the others, the following characteristics were studied: height and number of weeds, fresh and dry weight of Chia, leaf area index (LAI), number and length of flowers per plant, number of plants per row and the quality of plant biomass.

The experimental results revealed that the best sowing season is the summer i.e late August sowing. It seems that during this period the climate conditions were favorable for the crop growth and production. Indeed, the plants of August sowing season have significantly higher ($p<0.05$) leaf area index, higher biomass and higher flower length, compared to the sowings of April and June. The number of plants of the late summer sowing per row did not reveal any significant difference in comparison with the April sowing.

Finally, for all the treatments for the three different sowing periods, the plants have the same date of flowering something which is connected with the day length and strengthen further the present findings that the best sowing season is the late summer period.

1. Εισαγωγή

Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού προβλέπεται ότι θα κλιμακωθεί και θα φτάσει τα 8,8 δισεκατομμύρια μέχρι το 2030 από περίπου 6 δισεκατομμύρια σήμερα, τα οποία θα επιδεινώσουν την αβεβαιότητα τροφίμων ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες (FAO, 2009). Μέχρι το 2050, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να υπολογίσουν μια αύξηση της απαίτησης της τάξεως του 93% σε δημητριακά και 85% σε κρέας (Rosegrant & Cline, 2003). Η δυνατότητα της γεωργίας να υποστηρίξει έναν διαρκώς αυξανόμενο πληθυσμό αποτελεί μια ανησυχία και συνεχίζει να είναι υψηλής προτεραιότητας στην ημερήσια διάταξη της πολιτικής, παγκόσμια.

Η κλιματική αλλαγή είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του αιώνα μας και πρόκειται να μεταβάλλει σημαντικά την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων. Η ξηρασία, τα ακραία καιρικά φαινόμενα: θύελλες, πλημμύρες, κ.λπ., η αύξηση της θερμοκρασίας και η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας προβλέπεται να εμφανίζονται πιο συχνά με σημαντική αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών (Challinor et al., 2009).

Η γεωργία δεν επηρεάζεται μόνο από την αλλαγή του κλίματος αλλά επίσης συμβάλλει σε αυτό. Από τις παγκόσμιες εκπομπές αερίων, το 12,5% οφείλεται στην ανθρώπινη παραγωγή τροφίμων. Επιπλέον η εντατική γεωργία έχει οδηγήσει στην αποψίλωση των δασών, την υπερβόσκηση και την ευρεία χρήση πρακτικών, οι οποίες οδηγούν στην υποβάθμιση των εδαφών. Αυτές οι αλλαγές στη χρήση της γης συμβάλλουν σημαντικά στην παγκόσμια εκπομπή του CO_2 (Παντελιά, 2011). Έτσι η χρήση αειφόρου γεωργίας έχει καταστεί περισσότερο επείγουσα από ποτέ και για το λόγο αυτό εξετάζονται εναλλακτικές καλλιέργειες μειωμένων εισροών με μικρό οικολογικό αποτύπωμα.

Η βιολογική γεωργία θεωρείται από πολλούς ως η πιο βιώσιμη προσέγγιση στην παραγωγή τροφίμων. Δίνει έμφαση στις τεχνικές ανακύκλωσης και χαμηλών εισροών και βασίζεται στην ενίσχυση της γονιμότητας του εδάφους και της ποικιλότητας σε όλα τα επίπεδα και καθιστά τα εδάφη λιγότερο ευάλωτα στη διάβρωση.

Σε σχέση με τη συμβατική γεωργία είναι 17 φορές λιγότερο ενεργοβόρος, τροποποιεί κατά επτά φορές λιγότερο το φυσικό περιβάλλον και απασχολεί 12%

περισσότερα εργατικά χέρια συμμετέχοντας έτσι στην επίλυση των προβλημάτων αστυφιλίας.

Σήμερα η μορφή αυτή γεωργίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε όλο τον κόσμο και συμπεριλαμβάνεται με ευκολία στα προγράμματα αγροτικής ανάπτυξης. Η ανάπτυξή της πρέπει να αποδοθεί στην οικολογική ευαισθησία του καταναλωτικού κοινού και της ιατρικής που πιέζουν για την παραγωγή υγιεινών και εκλεκτής ποιότητας προϊόντων (Μπούρμπος, 2009).

Στην Ελλάδα, η βιολογική γεωργία συμπεριλαμβανομένων και των εκτάσεων της αγρανάπαυσης και των βοσκοτόπων προσεγγίζει το 4,7% της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης με αρκετά μεγάλο ρυθμό αύξησης.

Με τις υπάρχουσες κοινωνικοπολιτικές συνθήκες, μια χώρα σαν την Ελλάδα, που ένα μεγάλο μέρος της οικονομίας της στηρίζεται στην γεωργία, έχει ανάγκη από νέες καλλιέργειες που να μπορούν να ενταχθούν ομαλά στα υπάρχοντα συστήματα, με ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία του περιβάλλοντος και την τόνωση της τοπικής οικονομίας.

Μέσα στα πλαίσια της αναζήτησης νέων καλλιεργειών, εκπονήθηκε η παρούσα μελέτη, με στόχο τη διερεύνηση δυνατοτήτων για βιολογική καλλιέργεια της χίας στη χώρα μας.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Πριν πολλά χρόνια, οι σπόροι της χίας ήταν αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής των Αζτέκων και των Μάγια στη Λατινική Αμερική και βασική τροφή του στρατού των Αζτέκων, ενώ επίσης χρησιμοποιούνταν και για ιατρικούς λόγους. Για πολλά χρόνια, οι άνθρωποι εξήραν τους σπόρους chia για τις θρεπτικές τους ιδιότητες, ειδικά για εξαιρετικά δραστήριους ανθρώπους. Όπως παρατηρούμε και στον Πίνακα 1.1, οι σπόροι της χίας είναι ιδιαίτερα υψηλής διατροφικής αξίας.

Πίνακας 1.1: Θρεπτική αξία των σπόρων χίας (τα ποσοστά απεικονίζουν τη διατροφική τιμή αναφοράς) Πηγή: USDA.

Θρεπτική Αξία ανά 100 g		
Ενέργεια	2,034 kJ	(486kcal)
Υδατάνθρακες	42.12 g	
Ινώδεις Ουσίες	34.4 g	
Λιπαρές Ουσίες	30.74 g	
Κορεσμένα Λιπαρά	3.330 g	
Μονοακόρεστα	2.309 g	
Πολυακόρεστα	2.3665 g	
Πρωτεΐνες	16.54 g	
Βιταμίνες		
Βιταμίνη A	54 μg	7%
Θειαμίνη (B1)	0.62 mg	54%
Ριβοφλαβίνη (B2)	0.17 mg	14%
Νιασίνη (B3)	8.83 mg	59%
Φολικό (B9)	49 μg	12%
Βιταμίνη C	1.6 mg	2%
Βιταμίνη E	0.5 mg	3%
Ιχνοστοιχεία		
Ασβέστιο	631 mg	63%
Σίδηρος	7.72 mg	59%
Μαγνήσιο	335 mg	94%
Μαγγάνιο	2.723 mg	130%
Φώσφορος	860 mg	123%
Κάλιο	407 mg	9%
Νάτριο	16 mg	1%
Ψευδάργυρος	4.58 mg	48%

Υπάρχουν στοιχεία πως οι σπόροι της χίας χρησιμοποιούνταν στη διατροφή των ανθρώπων από το 3500 π.Χ. και ως μονάδα ανταλλαγής προϊόντων στο κεντρικό Μεξικό από το 1500 π.Χ. ως το 900 π.Χ..

Προκολομβιανοί πολιτισμοί, χρησιμοποιούσαν τη χία ως πρώτη ύλη για την παρασκευή φαρμάκων, διατροφικών συμπληρωμάτων, ακόμα και στη ζωγραφική, αφού

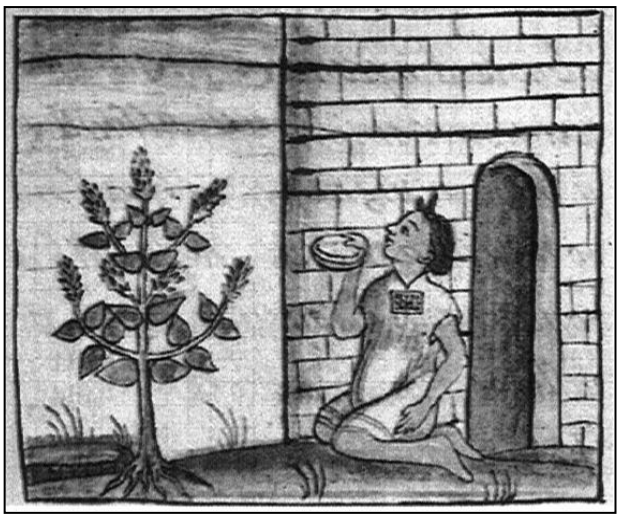
το εξαγόμενο από τη χία λάδι, βελτίωνε την ποιότητα των χρωμάτων και τωνβερνικιών (Martinez, 1959). Αναφορές υπάρχουν επίσης και για τη χρήση των ελαίων της χίας στην παρασκευή αρωμάτων.

Η χία καλλιεργούνταν στην Κοιλάδα του Μεξικό από το 2600 π.Χ. από τις φυλές Teotihuacanκαι Toltec. Η λέξηχία, μάλιστα προέρχεταιαπό τη λέξη chian των Toltec, που σημαίνει ελαιώδης, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο την περιγραφή του σπόρου της χίας, αφού έχει υψηλή περιεκτικότητα σε λάδι (Sahagún, 1579). Έτσι, θεωρείται πως η καλλιέργεια της χίας στο Μεξικό, προηγείται της έλευσης των Αζτέκων (Rodrigues Vallejo, 1992). Με τη σειρά τους οι τελευταίοι, διέδωσαν την καλλιέργεια στις περιοχές που μετέπειτα κατακτούσαν. Η φυλή των Μάγιας, αργότερα, συνέχισε την παράδοση της καλλιέργειας και χρήσης του φυτού, μέχρι την κατάκτηση των εδαφών από τους Ισπανούς, οι οποίοι κατέστρεψαν τις καλλιέργειες και την αγροτική παραγωγή, καθώς και όλη την εμπορική δραστηριότητα των γηγενών.

Παρόλα αυτά, η χία επέζησε αλλά πλέον καλλιεργούνταν σε ελάχιστες περιοχές στο Μεξικό και τη Γουατεμάλα, ενώ στις υπόλοιπες περιοχές επικρατούσε ως αγριόχορτο που μάζευαν οι εναπομείναντες άγριοι πληθυσμοί. Όπως αναφέρει και ο Hicks (1966), η χία πια χρησιμοποιούνταν από τους απόγονους των πρωτόγονων ανθρώπων, που ανακάλυψαν τη χρησιμότητά της.

Ύστερα από την κατάκτηση των Ισπανών, έχουν υπάρξει διάφορες αναφορές για καλλιέργεια της χίας, που χρονολογούνται από το 1581 ως το 1789. Το 1780, μάλιστα, σύμφωνα με τους Cortez & Larraz (1958), υπάρχουν αναφορές που συγκαταλέγουν τη χία στα καλλιεργούμενα φυτά του San Antonio Palopó (γεωγραφικό διαμέρισμα Sololá, Γουατεμάλα). Από τότε και μέχρι σήμερα η χία έχει γίνει περισσότερο γνωστή, κυρίως για την υψηλή περιεκτικότητα των σπόρων της σε ω-3 λιπαρά οξέα (Cahill, 2003).

Αλεσμένοι ή ολόκληροι σπόροι χρησιμοποιούνται ακόμη σε Παραγουάη, Βολιβία, Αργεντινή, Μεξικό και Γουατεμάλα για την παρασκευή θρεπτικών δροσιστικών ποτών καθώς και ως βασική τροφή στην καθημερινότητά τους (Κίντζιος, 2000).



Εικόνα 1.1: Σχέδιο από το βιβλίο Florentine Codex, που απεικονίζει φυτό χίας.

1.2 Βοτανική Ταξινόμηση

Το είδος Chia *hispanica* L. είναι ένα είδοςανθοφόρωνφυτώντης οικογένειας Lamiaceae. Το βοτανικό του όνομα δόθηκε από τον Ληναίο στο βιβλίο του "Species Plantarum" (Linnaeus, 1857). Είναι ετήσιο φυτό, όρθιας ανάπτυξης, το οποίο διακλαδίζεται. Όπως αναφέρουμε και πιο πάνω, πιθανές χώρες προέλευσης θεωρούνται το Μεξικό και η Γουατεμάλα.

Εικόνα 1.2: Φυτό χίας.

1.3 Σκοπός Καλλιέργειας – Χρήσεις

Η χία παραδοσιακά καταναλώνεται στο Μεξικό καιτις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά δεν είναι ευρέως γνωστή στην Ευρώπη. Σήμερα, καλλιεργείται σε εμπορική κλίμακα για τους σπόρους της, στη χώρα προέλευσής της, τοΜεξικό, καθώς καιστη Βολιβία, την Αργεντινή, το Εκουαδόρ, τη Νικαράγουα, τη Γουατεμάλα, και την Αυστραλία. Ένα συγγενικό είδος, το *Salvia columbariae* ή αλλιώς χρυσή χία, χρησιμοποιείταιμε τον ίδιο τρόπο, αλλά δεν καλλιεργείται εμπορικά. Οι σπόροι της *Salvia hispanica* πωλούνταιπλέονσυχνά κάτω απότην κοινή ονομασία "Chia", αλλά και με διάφορες άλλες εμπορικές ονομασίες. Χρησιμοποιούνται ολόκληροι οι σπόροι ή αλεσμένοι για την παρασκευή δροσιστικών ποτών με υψηλή θρεπτική αξία (Chia fresca), καθώς και στην αρτοποιία και τη ζαχαροπλαστική. Για αρκετά χρόνια η χία κυκλοφορούσε σε κάποιες χώρες ως διακοσμητικό εποχιακό φυτό (Chia pet), χωρίς να δίνεται βάση στις ευεργετικές ιδιότητες του φυτού. Παράλληλα οι σπόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συμπλήρωμα διατροφής σε παραγωγικά ζώα, όπως ψάρια, όρνιθες, βοοειδή με σκοπό την αύξηση της περιεκτικότητας σε ω–3 λιπαρά, των προϊόντων που παράγουν, καθώς από πρόσφατες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχουν προκύψει αξιοσημείωτα αποτελέσματα (Silva et al., 2013).

Εικόνα 1.3: Η χία σε διάφορες μορφές

Οι σπόροι της χίας είναι πλούσιοι σεωμέγα-3 λιπαρά οξέα, με την υψηλότερη γνωστή περιεκτικότητα, περίπου 60% σε α-λινολενικόοξύ (LNA, 18:3n-3),δεδομένου ότι η περιεκτικότητά τους σε λάδι κυμαίνεται από 25-38% (Ixtainaetal., 2008). Το α-λινολενικό οξύ είναι ένα λιπαρό οξύ που σχετίζεται με την υγιή ανάπτυξη των παιδιών, την πρόληψη

καρδιακών παθήσεων, της θρόμβωσης, της υπέρτασης, των φλεγμονών καιτων αυτοάνοσων διαταραχών (Flax Council of Canada, 1998).

Τα ω-3 λιπαρά οξέα είναι υπεύθυνα για την ανάπτυξη του νευρικού συστήματος και την ωρίμανση οπτικούνεύρου στα πρόωρα νεογνά και στα νήπια (Neuringer and Connor, 1986). Ελλιπής πρόσληψη των ω-3 λιπαρών οξέων αυξάνει τις πιθανότητες πρόκλησης διαβήτη, καρκίνου, αρθρίτιδας, κατάθλιψης, καρδιακών παθήσεων, υπέρτασης και αλλεργιών (Morris, 2007). Η σημασία των ω -3 λιπαρών οξέων στη διατροφή αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο.

1.4 Τα Ωμέγα - 3 λιπαρά οξέα και ο ρόλος τους στη ζωή μας

Τεράστιες αλλαγές στην ανθρώπινη διατροφή και την κατανάλωση ενέργειας σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της γεωργικής επανάστασης, όπου αυξήθηκε η κατανάλωση φυτικών προϊόντων, και στη συνέχεια της βιομηχανικής επανάστασης, όπου η σύσταση των τροφών άλλαξε μέσα από τις διάφορες επεξεργασίες στις οποίες υφίστανται (Simopoulos, 1998; Lichtenstein, 1999). Αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών είναι, οι σύγχρονες διατροφικές συνήθειες του δυτικού κόσμου, να χαρακτηρίζονται από αυξημένα ποσοστά σε λιπαρές ουσίες, κορεσμένα λίπη και ωμέγα–6 λιπαρά οξέα, σε αντίθεση με τα μειωμένα ποσοστά των ωμέγα–3 λιπαρών οξέων. Η αναλογία ω-6 προς ω-3 λιπαρά οξέα, σήμερα κυμαίνεται από 10:1 ως 20:1, ενώ την Παλαιολιθική περίοδο ήταν περίπου 1:1 (Eaton et al., 1998). Επιδημιολογικές μελέτες υποστηρίζουν την έντονη ανάγκη να επιστρέψουμε στις παλιές διατροφικές συνήθειες (Simopoulos, 1998).

Μεταξύ του 1996 και 1999, η παγκόσμια παραγωγή λιπιδίων ήταν 117.2 εκατομμύρια τόνοι. Από αυτά, οι 78.5 εκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιήθηκαν για ανθρώπινη κατανάλωση, από τα οποία οι 59.6 εκατομμύρια τόνοι προέρχονταν από φυτικά έλαια, ενώ οι υπόλοιποι 18.9 από ζωικό λίπος (Food and Agriculture Organization, 2001). Από τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη διατροφή, το 99 τοις εκατό προέρχεται από δώδεκα φυτά, και από αυτό το 80 τοις εκατό προέρχεται από μόνο 5 φυτά (σογιέλαιο, αραχιδέλαιο, ηλιέλαιο, κραμβέλαιο, φοινικέλαιο). Τα έλαια αυτά έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και μέτρια ως υψηλή σε ωμέγα-6 λιπαρά οξέα (Πίνακας 1.2).

Πίνακας 1.2: Περιεκτικότητα (%) σε λιπαρά οξέα εννιά σημαντικότερων ελαιοδοτικών φυτών (Πηγή: AyerzaandCoates, 2005).

	Κορεσμένα	**Ολεϊκό**	**Λινολεϊκό (ω-6)**	**Λινολενικό (ω-3)**	**Άλλα**
Ελαιοκράμβη	6	64.1	18.7	9.2	2
Χία	9.4	7.8	20.2	62.7	0
Αραβόσιτος	14.5	27.5	57	0.9	0.1
Λινάρι	9.4	19.9	15.9	52.7	2
Ελιά	17.4	71.1	10	0.6	0.9
Σόγια	15.2	23.4	53.2	7.8	0.4
Ηλίανθος	12.3	18.6	68.2	0.5	0.4
Αραχίδα	51.3	38.8	9.4	0.3	0.2
Φοίνικας	83.9	13.7	2	0	0.1

Σύμφωνα με επιστημονικά στοιχεία, οι δημητριακοί καρποί, που αποτελούν τη βάση της διατροφής μας, παρουσιάζουν σημαντικές θρεπτικές ελλείψεις, και οι διαφορές μεταξύ των γενετικών διατροφικών αναγκών και της ανθρώπινης διατροφής θεωρούνται υπαίτιες για πολλές χρόνιες παθήσεις (Eaton et al., 1998; Cordain, 1999). Οι κύριες ελλείψεις των δημητριακών, είναι σε βιταμίνες Α και C,β-καροτένιο, ασβέστιο, ωμέγα-3 λιπαρά οξέα και κάποια αμινοξέα, όπως η λυσίνη και η θυρεονίνη. Άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα, είναι πως τα δημητριακά, έχουν σημαντική δυσαναλογία μεταξύ των ω-3 και ω-6 λιπαρών οξέων, με τα τελευταία να υπερισχύουν (Ayerza and Coates, 2005).

Τα λιπαρά οξέα και τα προϊόντα που προέρχονται από το μεταβολισμό τους εξυπηρετούν τρεις βασικές λειτουργίες:

1. Λειτουργούν ως αποθήκες ενέργειας και παρέχουν προστασία από εξωτερικούς παράγοντες, όπως η χαμηλή ατμοσφαιρική θερμοκρασία.
2. Αποτελούν θεμελιώδες συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών, παρέχοντας τους ελαστικότητα.
3. Λειτουργούν ως πρόδρομες ουσίες, για τη δημιουργία ορμονικών συμπλεγμάτων, όπως οι προσταγλαδίνες και οι θρομβοξάνες, που συμμετέχουν σε πολλές φυσιολογικές διεργασίες σχετικές με το κεντρικό νευρικό σύστημα, το καρδιαγγειακό σύστημα, τους ανοσολογικούς μηχανισμούς κ.α. (American Heart Association, 1988; Welch and Borlakoglu, 1992; Muggli and Clough, 1994, Nettleton, 1995).

Κορεσμένα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα μπορούν να συντεθούν στο ανθρώπινο σώμα, ενώ ωμέγα-3 και ωμέγα-6 λιπαρά οξέα, δεν μπορούν. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό να προσλαμβάνονται με την τροφή (Welch and Borlakoglu, 1992; Muggli and Clough; 1994, Budowski, 1988). Έλλειψη πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, χαρακτηρίζεται από καταστροφή του ιστού της επιδερμίδας, μεγάλη απώλεια νερού από το δέρμα, καθώς και ανωμαλίες στην ανάπτυξη και την ορμονική ισορροπία (Welch and Borlakoglu, 1992; Muggli and Clough, 1994; Nettleton, 1995).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1.3, οι σπόροι της χίας, αποτελούν εξαιρετική πηγή α–λινολενικού οξέος που αποτελεί την πρόδρομο ουσία για τη σύνθεση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων, μέσω της μεταβολικής δραστηριότητας στο ανθρώπινο σώμα (Sargi et al., 2013).

Πίνακας 1.3: Περιεκτικότητα (%) σε λιπαρά οξέα χίας, σε πέντε χώρες (Πηγή**:** Ayerza and Coates, 2005).

	Ολεϊκό	**Λινολεϊκό (ω-6)**	**α-Λινολενικό (ω-3)**	**Στεατικό**	**Παλμιτικό**
Argentina	6.7	19.5	63.1	3	7
Bolivia	7.1	18.7	63.6	2.7	7.4
Colombia	6.7	19.2	57.9	3.5	7.5
Mexico	7.5	19.6	61.6	3.3	6.7
Peru	6.9	18.4	64.2	3	7.2

1.5. Τάσεις Καλλιέργειας

Κύριες παραγωγές χώρες της χίας θεωρούνται η Αργεντινή, η Βολιβία, το Περού και το Εκουαδόρ, με την Αργεντινή και τη Βολιβία να αποτελούν τους βασικούς προμηθευτές χίας στη Λατινική Αμερική (Ayerza and Coates, 2005). Από το 2007, εμπορικής κλίμακας καλλιέργεια χίας πραγματοποιείται και στην Αυστραλία, ενώ υπάρχουν στοιχεία για καλλιέργεια της χίας σε τέτοια κλίμακα και στην Παραγουάη. Η ζήτηση στη χία ολοένα αυξάνεται όσο γίνεται πιο γνωστή στο ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται όλο και περισσότερες έρευνες με σκοπό τη μελέτη της

προσαρμοστικότητας του φυτού σε μεγαλύτερο εύρος περιοχών και τη δυνατότητα καλλιέργειας της χίας σε αυτές.

1.6. Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η χία (*Salvia hispanica* L.) είναι ετήσιο φυτό, ύψους 1 – 1,5 m. Ο βλαστός είναι τετράγωνος, με ελαφριά χνόωση και σχηματίζει πλάγιους βλαστούς της ίδιας μορφολογίας σε κάθε κόμβο. Τα φύλλα είναι έμμισχα, χνοώδη, με οδοντωτό περίγραμμα, μήκους 8 – 10 cm και πλάτους 4 – 6 cm.

Εικόνα 1.4: Φυτό χίας στις 55 και στις 121 ημέρες από τη σπορά.

Σχηματίζει ταξιανθία στάχυ, επάκρια και μασχαλιαία, τόσο ο κύριος, όσο και οι πλάγιοι βλαστοί (Εικόνα 1.5). Τα άνθη προστατεύονται από μικρά πλατιά βράκτια φύλλα, που καταλήγουν σε μακριές μυτερές άκρες. Ο κάλυκας είναι ογκώδης, κυλινδρικός, με λευκό χνούδι και οδοντωτή απόληξη. Η στεφάνη του άνθους είναι σωληνοειδής, χρώματος μπλε, με τέσσερις στήμονες, δύο από τους οποίους είναι στείροι. Η ωοθήκη είναι τετράχωρη, δισκοειδής και το στίγμα δισχιδές (Ayerza and Coates, 2005).

Εικόνα 1.5: Ταξιανθίες χίας.

Οι χαρακτηριστικοί στήμονες και το σχήμα, όπως και το χρώμα του άνθους υποδεικνύουν πως η χία είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και εντομόφιλο (Ramamoorthy and Elliot, 1993).

Εικόνα 1.6: Σταυρογονιμοποίηση χίας από έντομα.

Οι σπόροι είναι οβάλ, μήκους 1,5 – 2 mm και έχουν χρώμα καφέ – γκρι, με σκουρόχρωμες κηλίδες, ενώ μερικοί σπόροι μπορεί να είναι και λευκοί με γκρι κηλίδες (Rulfo, 1937; Martinez, 1994).

Εικόνα 1.7: Αποξηραμένες ταξικαρπίες και σπόροι χίας.

1.7. Βιολογικός Κύκλος

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού ποικίλλει ανάλογα με την τοποθεσία της καλλιέργειας, και επηρεάζεται από το υψόμετρο (Ayerza and Coates, 2009a). Σε καλλιέργειες εμπορικής κλίμακας, σε διαφορετικά οικοσυστήματα στην Αργεντινή, τη Βολιβία και το Εκουαδόρ, ο βιολογικός κύκλος της χίας κυμαίνεται από 100 – 150 ημέρες (Ayerza and Coates, 2009b). Στη νοτιοδυτική Αργεντινή, σε υψόμετρο από 900 ως 1500 m, έχουν γίνει αναφορές για διάρκεια βιολογικού κύκλου από 120 ως 180 ημέρες (Coates and Ayerza, 1998).

1.8. Οικολογικές Απαιτήσεις

Η χία είναι φυτό μικρής ημέρας (Jamboonsri et al., 2012), με ενδεικτικό της φωτοπεριοδικής του ευαισθησίας και της απώλειας φωτοπεριοδικής μεταβλητότητας των παραδοσιακών ποικιλιών, το γεγονός ότι η καλλιέργειά της περιορίζεται στην τροπική και υποτροπική ζώνη, όπου ευδοκιμεί. Δεν είναι καθόλου ανθεκτική στον παγετό. Προτιμά πηλοαμμώδη εδάφη, ενώ αναπτύσσεται και σε αργιλοπηλώδη εδάφη, όταν εξασφαλίζεται καλή αποστράγγιση.

1.9. Καλλιεργητικές Φροντίδες

1.9.1 Προετοιμασία Αγρού

Κατά την προετοιμασία του αγρού ενδείκνυται χειμωνιάτικο όργωμα σε μικρό βάθος που μειώνει τον αριθμό ζιζανίων που θα εμφανιστούν στην επιφάνεια του αγρού. Μειωμένη κατεργασία ή ακαλλιέργεια είναι επίσης ευεργετικές λόγω της αυξημένης οργανικής ουσίας, της διατήρησης υγρασίας και του περιορισμού εμφάνισης εδαφικής κρούστας. Κατά την προετοιμασία της σποροκλίνης είναι απαραίτητη η κατεργασία με άροτρο, για την αφρατοποίηση του εδάφους και στη συνέχεια, κατεργασία με φρέζα με σκοπό την απομάκρυνση μεγάλων συσσωματωμάτων (Cahill, 2005). Είναι σημαντικό να εξασφαλίζεται καλή αποστράγγιση του εδάφους, ώστε να αποφευχθεί η απορροή των νερών της βροχής, που μπορεί να παρασύρουν τους μικρούς σπόρους (Ayerza and Coates, 2005).

1.9.2 Σπορά

Ο σπόρος που χρησιμοποιείται για τη σπορά κυμαίνεται από 0,6 ως 0,8 kg, και οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς που συνήθως εφαρμόζονται είναι 70 – 80 cm (Coates and Ayerza, 1998). Η σπορά γίνεται επιφανειακά, σε βάθος μικρότερο από 10 mm. Ο σπόρος της χίας απαιτεί υγρό έδαφος για να βλαστήσει, ενώ από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν τα σπορόφυτα, μπορούν να ευδοκιμήσουν σε μεγάλο εύρος κατακρημνισμάτων.

1.9.3 Λίπανση – Άρδευση

Σε ότι αφορά τη λίπανση, η χίαπαρουσιάζει καλή ανάπτυξη σε μέτρια γόνιμαεδάφη, αλλάμπορεί να ανταπεξέλθει και σε όξινα εδάφημεμέτριαξηρασία (Muñoz, 2013). Η καλλιέργεια μπορεί να γίνει με χρήση μικρών ποσοτήτων λιπάσματος, ή καθόλου, ενώ οι μεγαλύτερες ποσότητες λίπανσης που έχουν αναφερθεί, υπολογίζονται στα 10 kg αζώτου ανά στρέμμα (Coates and Ayerza,1996; Jamboonsri et al., 2012).

Σχετικά με την άρδευση, υπάρχουν αναφορές που κατατάσσουν τη χία στις ξηρικές καλλιέργειες, με την προϋπόθεση να εξασφαλίζονται από 400 mm ως 1100 mm βροχής, ανάλογα με την περιοχή.

1.9.3.1 Οργανική Λίπανση

Η γονιμότητα του εδάφους εκτιμάται από την εδαφολογική επιστήμη με βάση τα ορυκτά και τα θρεπτικά στοιχεία που απαντούν σε αυτά (Σιδηράς, 2002). Η διαχείριση της γονιμότητας του εδάφους στα συστήματα βιολογικής γεωργίας έχει βασιστεί σε κάποιες αρχές και χαρακτηρίζεται ποικιλοτρόπως από μικτή κτηνοτροφία, αμειψισπορές, χλωρές λιπάνσεις με ψυχανθή, εισροές οργανικών υλών και τη χρήση λιπασμάτων που δεν είναι ευδιάλυτα στο έδαφος (Stockdale et al., 2001).

Τα ψυχανθή κατέχουν σημαντικό ρόλο στα πλαίσια ενός συστήματος βιολογικής καλλιέργειας (χλωρή λίπανση, κάλυψη καλλιεργειών), διότι μειώνουν τις ανάγκες λίπανσης με άζωτο με προϋπόθεση βέβαια να αζωτοδεσμεύουν (Bilalis et al., 2006). Λόγω της ικανότητάς τους να αζωτοδεσμεύουν, όχι μόνο καλύπτουν τις ανάγκες τους σε άζωτο αλλά εμπλουτίζουν το έδαφος με αυτό, έτσι μειώνουν ή περιορίζουν την ανάγκη λίπανσης με άζωτο. Η αειφορία της χρήσης των ψυχανθών στον ανεφοδιασμό με άζωτο τόσο στη βιολογική όσο και στη συμβατική γεωργία εξαρτάται από τη σταθεροποίηση επαρκούς αζώτου στη βιομάζα των ψυχανθών, την ικανότητα του εδάφους στην αύξηση της ορυκτοποίησης του οργανικού αζώτου και την ικανότητα των γεωργικών πρακτικών να αυξήσουν ευεργετικά τη γονιμότητα του εδάφους (Ridley et al., 2004).

1.9.4 Διαχείριση Ζιζανίων

Οι πρώτες 45 ημέρες από το φύτρωμα είναι ιδιαίτερα κρίσιμες, καθώς το φυτό αναπτύσσεται με πολύ αργό ρυθμό και τα ζιζάνια μπορούν να ανταγωνιστούν για φως, νερό και θρεπτικά στοιχεία. Μέχρι το φύλλωμα να καλύψει την επιφάνεια του εδάφους, είναι απαραίτητος ο έλεγχος των ζιζανίων με μηχανικά μέσα. Στη συνέχεια, τα πλατιά φύλλα και η όρθια ανάπτυξη του φυτού, δημιουργούν πυκνό φύλλωμα και τα ζιζάνια παύουν να αποτελούν πρόβλημα.

Εικόνα 1.8: Άποψη πειραματικού αγρού 50 ημέρες μετά το φύτρωμα.

Εικόνα 1.9: Άποψη πειραματικού αγρού 121 ημέρες μετά το φύτρωμα.

1.9.5 Συγκομιδή

Η συγκομιδή της χίας, όταν πρόκειται για καλλιέργεια εμπορικής κλίμακας, γίνεται με κοινή θεριζοαλωνιστική μηχανή, συνήθως μερικώς τροποποιημένη με σκοπό τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Οι τροποποιήσεις περιλαμβάνουν μικρή ανύψωση της ανέμης, έτσι ώστε να αποφεύγεται η καταστροφή των ταξιανθιών που βρίσκονται στις κορυφές των στελεχών (Coates and Ayerza, 1998). Κύριο πρόβλημα με τη μηχανική

συγκομιδή, αποτελεί η ανομοιόμορφη ωρίμανση των ταξιανθιών. Η ταξιανθία του κύριου στελέχους ωριμάζει, ενώ πολυάριθμες ταξιανθίες των πλάγιων βλαστών παραμένουν πράσινες. Η όψιμη συγκομιδή, αυξάνει τις πιθανότητες για σοβαρές απώλειες στην απόδοση, κυρίως λόγω των κακών καιρικών συνθηκών.

1.9.6 Εχθροί και Ασθένειες

Δεν υπάρχουν αναφορές για έντομα και ασθένειες που μπορεί να προσβάλλουν τη χία, και για το λόγο αυτό χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Σε καλλιέργειες εμπορικής κλίμακας, δεν εμφανίζονται σοβαρά προβλήματα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε σε Βολιβία, Αργεντινή και Κολομβία, ήταν τα μυρμήγκια, που σε ορισμένα περιοχές, είχαν αφήσει ολόκληρα σημεία κενά από σπόρους.

1.10 Σκοπός Πειράματος

Αντικείμενο του πειράματος που πραγματοποιήθηκε, ήταν η αξιολόγηση της επίδρασης του χρόνου σποράς, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά του φυτού της χίας (*Salvia hispanica*). Η χία ανήκει στην κατηγορία φυτών που προσφέρουν προϊόντα πλούσια σε ω-3 λιπαρά οξέα και θρεπτικά στοιχεία. Τα τελευταία χρόνια γίνεται εντονότερο το ενδιαφέρον των καταναλωτών για την παραγωγή υγιεινών και ασφαλών τροφίμων, που συμβάλλουν στη βελτίωση των διατροφικών συνηθειών και αποσκοπούν στη μείωση εμφάνισης διάφορων ασθενειών και παθήσεων σχετιζόμενων με τη διατροφή· έτσι δημιουργείται η ανάγκη αναζήτησης νέων τροφών, όπως η χία, για να καλύψει τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της εποχής. Η αύξηση του ενδιαφέροντος για τα παραπάνω προϊόντα σε συνδυασμό με την έλλειψη πληροφοριών και εμπειρίας καλλιέργειας για το φυτό της χίας στη χώρα μας δημιουργούν ένα κενό γνώσης στην ελληνική γεωργία το οποίο καλούμαστε να καλύψουμε.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Γενικά

Στα πλαίσια της μελέτης εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός, στον αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, ο οποίος δέχεται μεταχείριση ως βιολογικός από το 1995. Εγκαταστάθηκε η καλλιέργεια Χίας (*Salvia hispanica* L.) από τις 23 Απριλίου έως τις 31 Νοεμβρίου 2015.

Εικόνα 2.1: Ο πειραματικός αγρός.

2.2 Φυσικοχημικές Ιδιότητες Αγρού

Στον Πίνακα 2.1αναλύονται τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου αγρού που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα.Το έδαφος είναι αλκαλικό και αργιλοπηλώδες (CL) (13,9

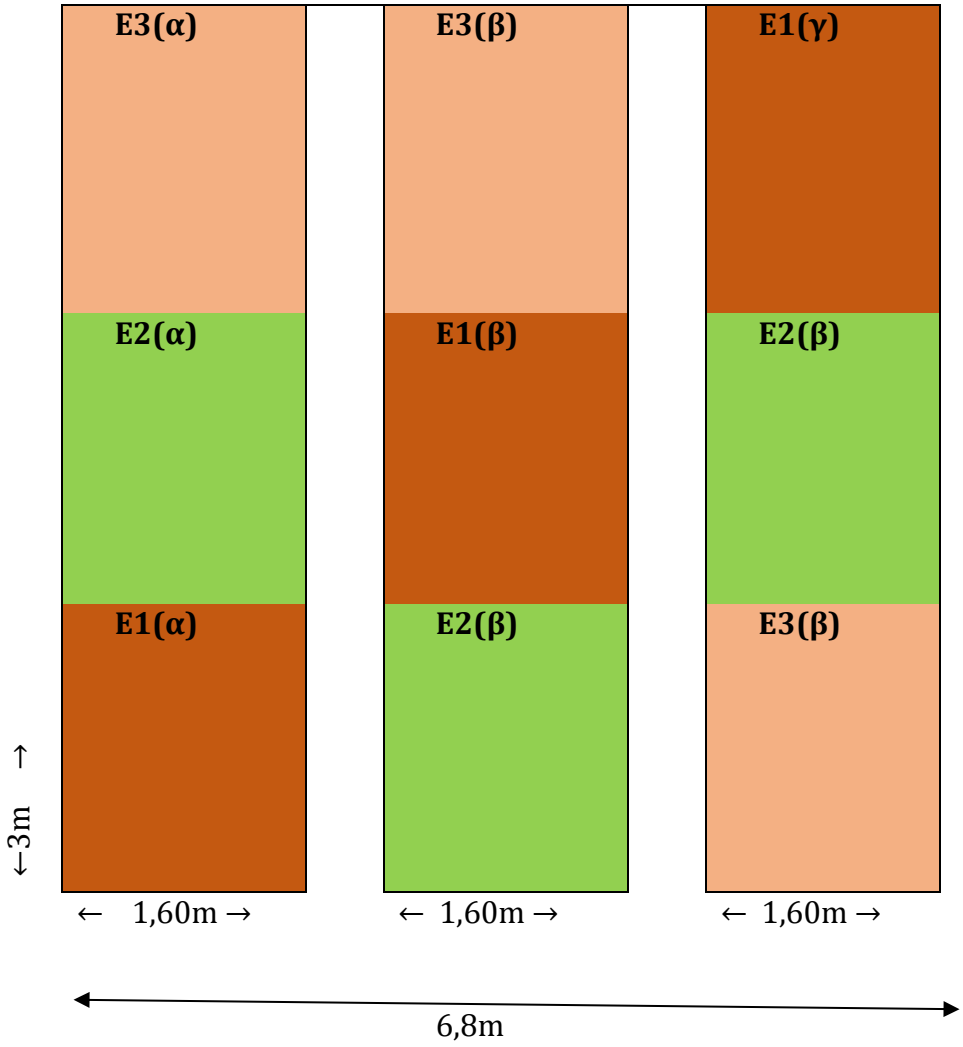
% άμμος, 24,9% άργιλο και 61,2% ιλύς) ενώ διακρίνεται από ικανοποιητική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και ταυτόχρονα υψηλή σε Na^+.

Πίνακας 2.1: Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού.

$CaCO_3$	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_2O)	7,29	Ελαφρώς αλκαλικό
Κοκκομετρική σύσταση	Clay Loam (CL)	Αργιλλοπηλώδες

2.3 Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτό των υποδιαιρεμένων τεμαχίων (split-plot design), όπου πραγματοποιήθηκαν τρεις επεμβάσεις, με τρεις επαναλήψεις για κάθε επέμβαση.Ο παράγοντας που μελετήθηκε, ήταν η επίδραση του χρόνου σποράς, στην ανάπτυξη των αγρονομικών χαρακτηριστικών του φυτού, της χίας που περιελάμβανε, το ύψος των φυτών, τη φυλλική επιφάνεια των φυτών , τον αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό, το μήκος των ταξιανθιών, καθώς και τον αριθμό ζιζανίων. Η συνολική έκταση του πειραματικού αγρού ήταν 81,60m^2, ο συνολικός αριθμός των τεμαχίων ήταν 9, ενώ κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε εμβαδόν 4,8m^2.



Υπόμνημα

όπου

E1	Επέμβαση Ε1 (σπορά 23 Απριλίου 2015)
E2	Επέμβαση Ε2 (σπορά 5 Ιουνίου 2015)
E3	Επέμβαση Ε3 (σπορά 5 Αυγούστου 2015)

Και **(α), (β), (γ)** : οι επαναλήψεις κάθε επέμβασης

Σχήμα 1: Το Πειραματικό Σχέδιο.

2.4. Εγκατάσταση Πειράματος

Κατά τη διάρκεια προετοιμασίας του αγρού,πραγματοποιήθηκε στις 22 Απριλίου, εδαφοκατεργασία με φρέζα, για την καταστροφή της υπάρχουσας βλάστησης και την αφρατοποίηση του εδάφους. Στη συνέχεια, έγινε χάραξη του αγρού και διαίρεσή του, σε 12 τεμάχια (Εικόνα 2.1). Κάθε πειραματικό τεμάχιο είχε πέντε γραμμές σποράς, ενώ για κάθε επέμβαση, έγιναν τρεις επαναλήψεις. Κατόπιν έγινε χύδην επιφανειακή σπορά κι ελαφριά κάλυψη των σπόρων. Στις επεμβάσεις Ε2 και Ε3, χρησιμοποιήθηκε λεπτό στρώμα τύρφης, για την κάλυψη την σπόρων, με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας κρούστας, καθώς και την επιτάχυνση του χρόνου βλάστησης των σπόρων. Τέλος, έγινε πότισμα των γραμμών σποράς. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τρεις επεμβάσεις. Η πρώτη επέμβαση πραγματοποιήθηκε στις 23 Απριλίου 2015, η δεύτερη στις 5 Ιουνίου 2015 και η τρίτη στις 5 Αυγούστου 2015 . Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών σποράς, κάθε τεμαχίου ήταν 32cm και σε κάθε πειραματικό τεμάχιο έγιναν 5 γραμμές φύτευσης.

2.5 Άρδευση και Λίπανση

Η άρδευση της κάθε επέμβασης, μετά τη σπορά , γινόταν καθημερινά, , με τη χρήση σωλήνων άρδευσης, μέχρι το φύτρωμα των σπόρων, όπου μετά μειώνονταν σε 2-3 εβδομαδιαίως.

Όσον αφορά, τη λίπανση της καλλιέργειας, δεν εφαρμόστηκε κανενός είδους λίπανσης, καθ' όλη τη διάρκεια της εγκατάστασης της καλλιέργειας στον αγρό.

2.6 Μετρήσεις αγρονομικών χαρακτηριστικών της *S.hispanica*

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του υπέργειου τμήματος του φυτού, για τη μελέτη των αγρονομικών χαρακτηριστικών του και το σχεδιασμό χρήσιμων καμπύλων ανάπτυξης. Η πρώτη μέτρηση έγινε στις 21 ημέρες από τη σπορά και η τελευταία στις 176 ημέρες από την πρώτη σπορά. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις σπορές , όπου η πρώτη έγινε στις 23 Απριλίου 2015 (Ε1 επέμβαση), η δεύτερη στις 5 Ιουνίου 2015 (Ε2

επέμβαση) και η τρίτη στις 5 Αυγούστου 2015 (Ε3 επέμβαση). Τα χαρακτηριστικά στα οποία ελήφθησαν οι παρατηρήσεις είναι τα παρακάτω:

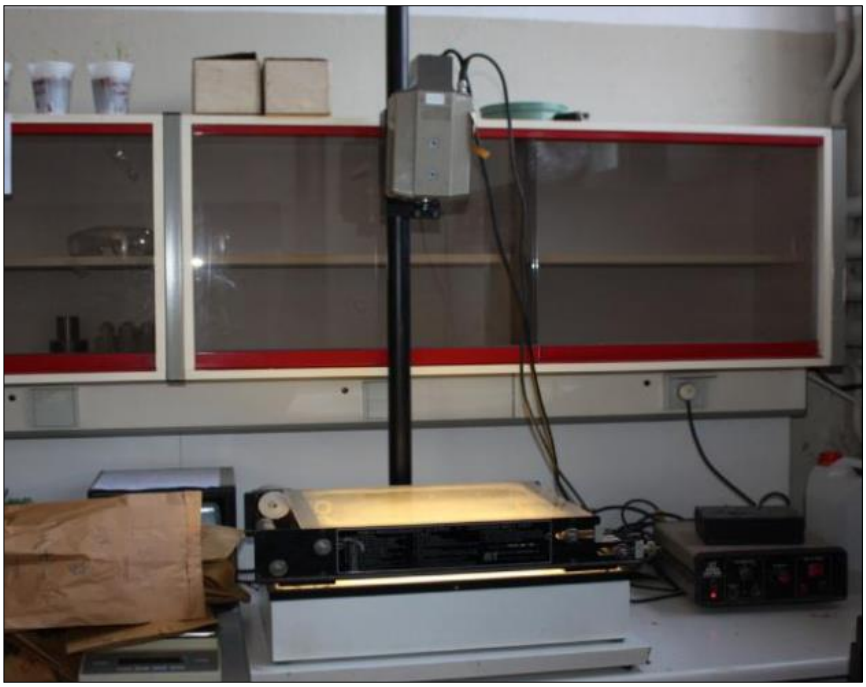
Ύψος: Η μέτρηση του ύψους των φυτών της Χίας πραγματοποιήθηκε *in situ,* με τυχαία επιλογή φυτών, κάθε τεμαχίου. Έγιναν συνολικά 19 μετρήσεις, και για τις τρεις επεμβάσεις Ε1, Ε2 και Ε3. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε στις 21 ημέρες από τη σπορά της πρώτηςεπέμβασης, όπως αντίστοιχα έγινε για τη δεύτερη και την τρίτη επέμβαση κι οι μετρήσεις λαμβάνονταν, μια φορά την εβδομάδα. Η τελευταία μέτρηση πραγματοποιήθηκε, στις 148 ημέρες από την πρώτη μέτρηση.

Αριθμός Ζιζανίων: Η μέτρηση του αριθμού των ζιζανίων έγινε με τη βοήθεια του ξύλινου πλαισίου, quadrat (50χ50cm), στον πειραματικό αγρό, όπου στη συνέχεια συλλέγονταν και μεταφέρονταν στο εργαστήριο για τις μετρήσεις του νωπού και του ξηρού βάρους.

Νωπό Βάρος:: Έγινε άμεση μέτρηση του νωπού βάρους στα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν για την προηγούμενη μέτρηση.

Ξηρό βάρος: Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην μέτρηση του νωπού βάρους τοποθετήθηκαν σε φούρνους του Εργαστηρίου Γεωργίας σε θερμοκρασία 70^0C για 48 ώρες κι ακολούθως, προσδιορίστηκε το ξηρό βάρος τους με ζυγαριά ακριβείας.

Δείκτης LAI: Εκφράζει την πυκνότητα του φυλλώματος ως συνάρτηση της φυλλικής επιφάνειας προς την εδαφική επιφάνεια. Ο προσδιορισμός της φυλλικής επιφάνειας έγινε με τη βοήθεια της αυτόματης συσκευής DT-areameter (Delta-T Devices Ltd., Burwell Cambridge, UK) σε κάθε φυτό ανά τεμάχιο που συλλέχθηκε (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.2.: Συσκευή υπολογισμού φυλλικήςεπιφάνειας *DT-areameter* (Delta-T Devices Ltd., Burwell Cambridge, UK).

Αριθμός και μήκος ταξιανθιών: Η μέτρηση έγινε σε δύο αντιπροσωπευτικά φυτά από κάθε τεμάχιο του πειραματικού αγρού.

Αριθμός φυτών ανά σειρά: Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε για όλες τις επαναλήψεις, όλων των επεμβάσεων, σε μήκος 1 μέτρου, όπου μετρήθηκε ο αριθμός των φυτών.

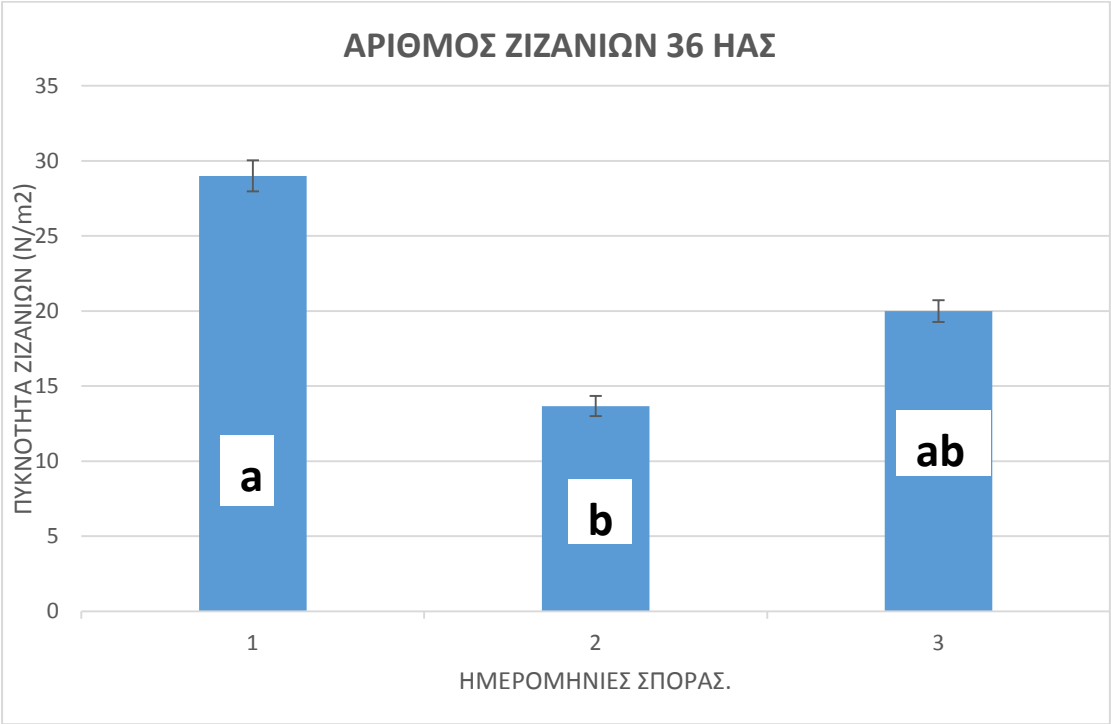
2.7 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό Statistica (StatSoft, Inc. 2300 East 14th Street, Tulsa, OK 74104, USA). Οι συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με την δοκιμασία της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς, για επίπεδο σημαντικότητας 5%, και χρησιμοποιήθηκε τόσο για τις συγκρίσεις, όσο και για την ανάλυση παραλλακτικότητας.

3. Αποτελέσματα

3.1 Αριθμός Ζιζανίων

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται ο αριθμός των ζιζανίων, μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, στον πειραματικό αγρό, για το φυτό της Χίας. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις, μία για την κάθε επέμβαση. Η κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε 36 Ημέρες Μετά τη Σπορά της κάθε επέμβασης. Για την πρώτη επέμβαση(Ε1), η μέτρηση έγινε στις 5 Ιουνίου 2015, για τη δεύτερη επέμβαση(Ε2) η μέτρηση έγινε στις 16 Ιουλίου και τέλος, για την Τρίτη επέμβαση (Ε3) η μέτρηση έγινε στις 16 Σεπτεμβρίου 2015. Παρακάτω, ακολουθούν τα διαγράμματα του αριθμού των ζιζανίων, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και η στατιστική ανάλυση.



Διάγραμμα 1.1:Πυκνότητα ζιζανίων για την καλλιέργεια της Χίας, για τις τρεις επεμβάσεις (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015), 36 Ημέρες Από τη Σπορά. Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

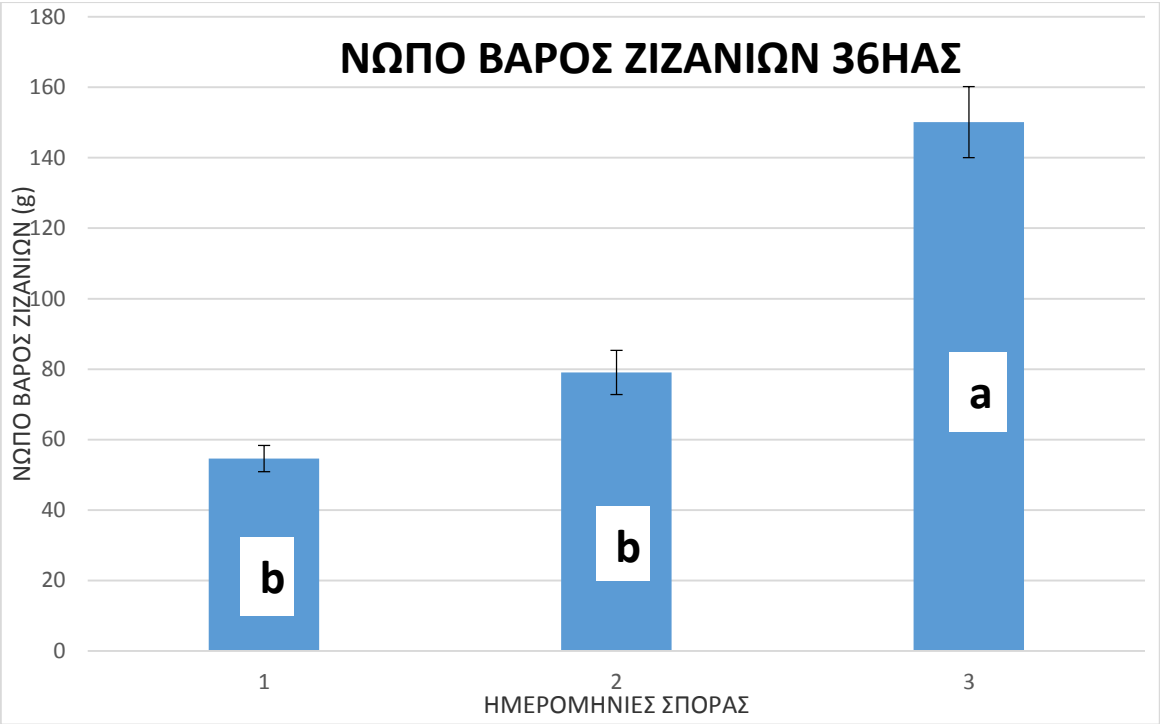
Πίνακας 3.1 Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την πυκνότητα των ζιζανίων, σε σχέση με τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σποράς, της Χίας. Τα κόκκινα γράμματα δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. ofFreedom	MS	F	P
Τιμή αποκοπής	11781,33	1	11781,33	633,9731	0,000000
Πυκνότητα Ζιζανίων	1068,67	2	534,33	28,7534	0,000000
Σφάλμα	446,00	24	18,58		

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 3.1, ο αριθμός των ζιζανίων της πρώιμης επέμβαση Ε1, παρουσίασε σημαντική στατιστική διαφορά, , σε σχέση με την επέμβαση Ε2, όπου υπερείχε κατά 50%. Αντίθετα, τα αποτελέσματα της επέμβασης Ε3 δεν παρουσίασαν σημαντική στατική διαφορά.

3.2 Νωπό Βάρος Ζιζανίων

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζεται το νωπό βάρος των ζιζανίων, μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, στον πειραματικό αγρό, για το φυτό της Χίας. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις, μία για την κάθε επέμβαση. Η κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε 36 Ημέρες Μετά τη Σπορά της κάθε επέμβασης. Για την πρώτη επέμβαση (Ε1), η μέτρηση έγινε στις 5 Ιουνίου 2015, για τη δεύτερη επέμβαση (Ε2) η μέτρηση έγινε στις 16 Ιουλίου και τέλος, για την Τρίτη επέμβαση (Ε3) η μέτρηση έγινε στις 16 Σεπτεμβρίου 2015. Παρακάτω, ακολουθούν τα διαγράμματα του νωπού βάρους των ζιζανίων, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και η στατιστική τους ανάλυση.



Διάγραμμα 1.2:Νωπό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας 36 Ημέρες Από τη Σπορά, για τις τρεις επεμβάσεις (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

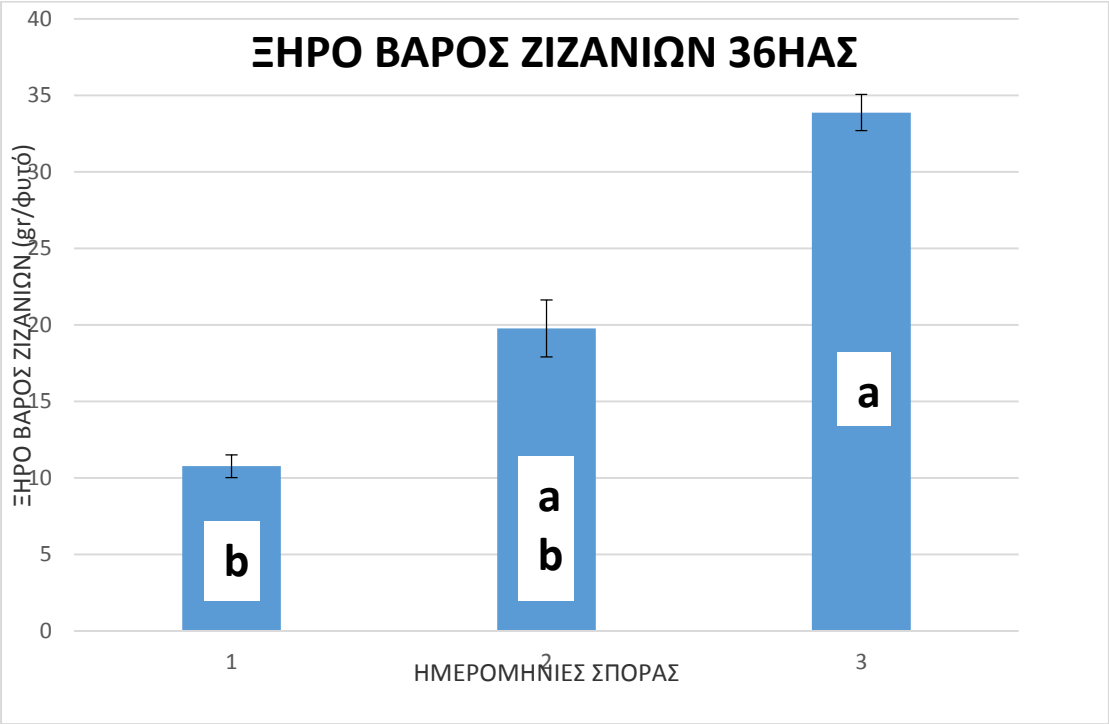
Πίνακας 3.2. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το νωπό βάρος των ζιζανίων, σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της Χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. ofFreedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	241684,1	1	241684,1	173,2553	0,000000
Νωπό Βάρος Ζιζανίων	44245,8	2	22122,9	15,8592	0,000041
Σφάλμα	33479,0	24	1395,0		

Όσον αφορά το Νωπό Βάρος των Ζιζανίων, στο Διάγραμμα 1.2 φαίνεται ότι η όψιμη σπορά Ε3, οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές, συγκριτικά με τις πρώιμες σπορές Ε1 και Ε2, υπερέχοντας κατά 64% και 47,3% , αντίστοιχα.

3.3 Ξηρό Βάρος Ζιζανίων

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Ξηρό Βάρος των ζιζανίων, μετά από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, στον πειραματικό αγρό, για το φυτό της Χίας. Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις, μία για την κάθε επέμβαση. Η κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε 36 Ημέρες Μετά τη Σπορά της κάθε επέμβασης. Για την πρώτη επέμβαση (Ε1), η μέτρηση έγινε στις 5 Ιουνίου 2015, για τη δεύτερη επέμβαση (Ε2) η μέτρηση έγινε στις 16 Ιουλίου και τέλος, για την τρίτη επέμβαση (Ε3) η μέτρηση έγινε στις 16 Σεπτεμβρίου 2015. Παρακάτω, ακολουθούν τα διαγράμματα του Ξηρού Βάρους των ζιζανίων, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν, καθώς και η στατιστική τους ανάλυση.



Διάγραμμα 1.3: Ξηρό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας, 36 Ημέρες Από τη Σπορά, για τις τρεις επεμβάσεις (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη, αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

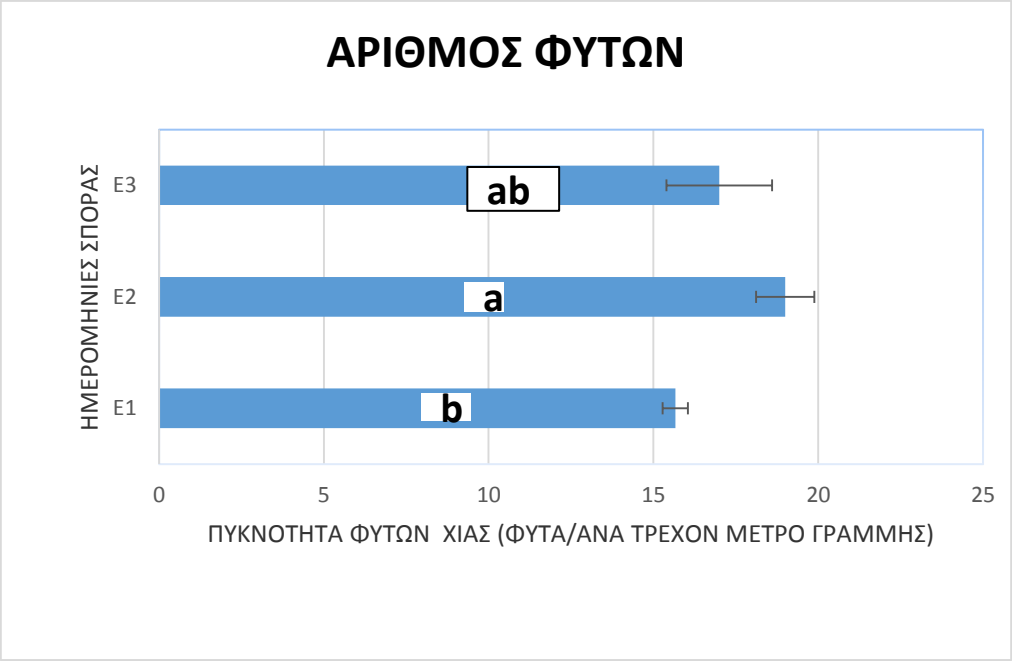
Πίνακας 3.3. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το Ξηρό Βάρος των Ζιζανίων, σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	12442,08	1	12442,08	254,0756	0,000000
Ξηρό Βάρος Ζιζανίων	2440,26	2	1220,13	24,9159	0,000001
Σφάλμα	1175,28	24	48,97		

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.3, στην περίπτωση του Ξηρού βάρους των Ζιζανίων στις 36 ΗΑΣ, η όψιμη σπορά Ε3 παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά, σε σχέση με την πρώιμη σπορά Ε1, υπερέχοντας κατά 35%, ενώ η επέμβαση Ε2 δεν παρουσιάζει σημαντική διαφορά.

3.4 Πυκνότητα Καλλιέργειας

Στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται ο αριθμός των φυτών της χίας, ανά τρέχουσα σειρά σποράς, μήκους 1 μέτρου, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήσαμε. Η μέτρηση έλαβε χώρα στις 16 Οκτωβρίου 2015.



Διάγραμμα 1.4. Πυκνότητα φυτών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

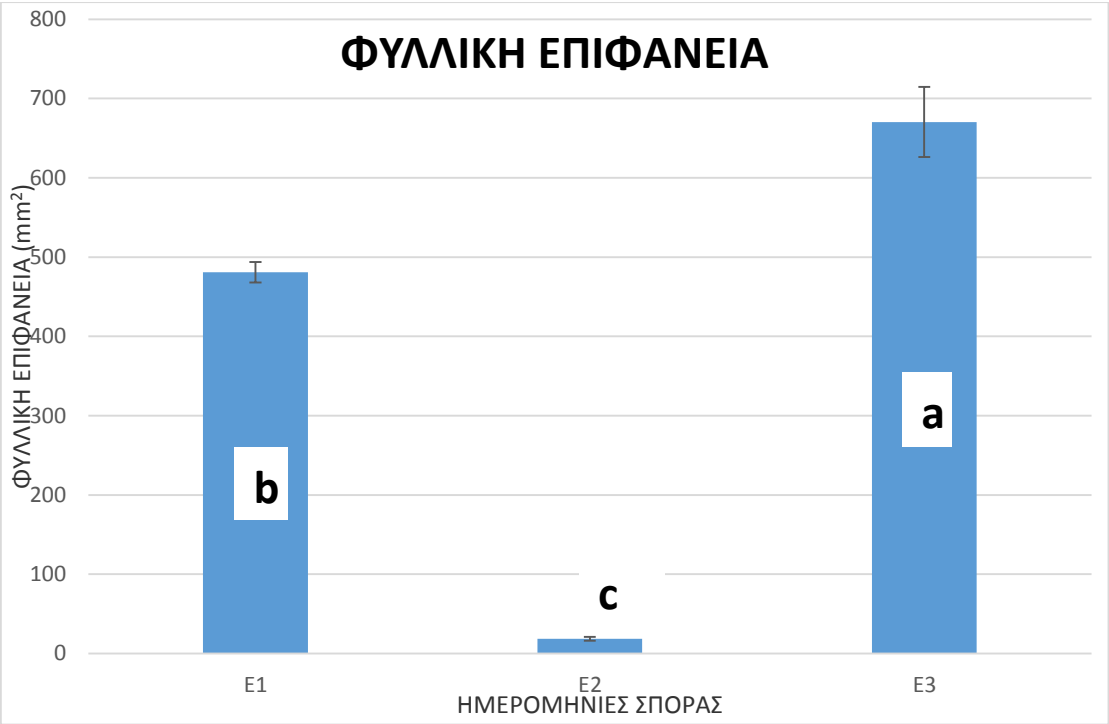
Πίνακας 3.4. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την πυκνότητα της καλλιέργειας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	145200,0	1	145200,0	169,7418	0,000000
Πυκνότητα Καλλιέργειας	17738,0	2	8869,0	10,3680	0,000568
Σφάλμα	20530,0	24	855,4		

Από το Διάγραμμα 1.4 συμπεραίνουμε ότι η επέμβαση Ε1, οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό φυτών, ανά τρέχουσα γραμμή σποράς, ενώ η επέμβαση Ε2, παρουσίασε το μικρότερο αριθμό φυτών, που υπολείπονταν κατά 36,1% και 41,1% των επεμβάσεων Ε1 και Ε3 αντίστοιχα.

3.5 ΔείκτηςΦυλλικής Επιφάνειας (LAI)

Πραγματοποιήθηκανσυνολικά τρεις μετρήσεις, της φυλλικής επιφάνειας, μια για κάθε επέμβαση. Η πρώτη μέτρηση έγινε 78 ημέρες από το φύτρωμα των φυτών της Ε1 επέμβασης, η δεύτερη έγινε 65 ημέρες από το φύτρωμα και η τρίτη έγινε 67 ημέρες από το φύτρωμα. Η εποχή σποράς , επέδρασε σημαντικά στη φυλλική επιφάνεια των φυτών, σε όλες τις επεμβάσεις. Παρακάτω ακολουθούν τα διαγράμματα επίδρασης της εποχής σποράς, στο δείκτη LAI σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και η στατιστική ανάλυση.



Διάγραμμα 1.5. Φυλλική Επιφάνεια για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

Πίνακας 3.5. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για την φυλλική επιφάνεια σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

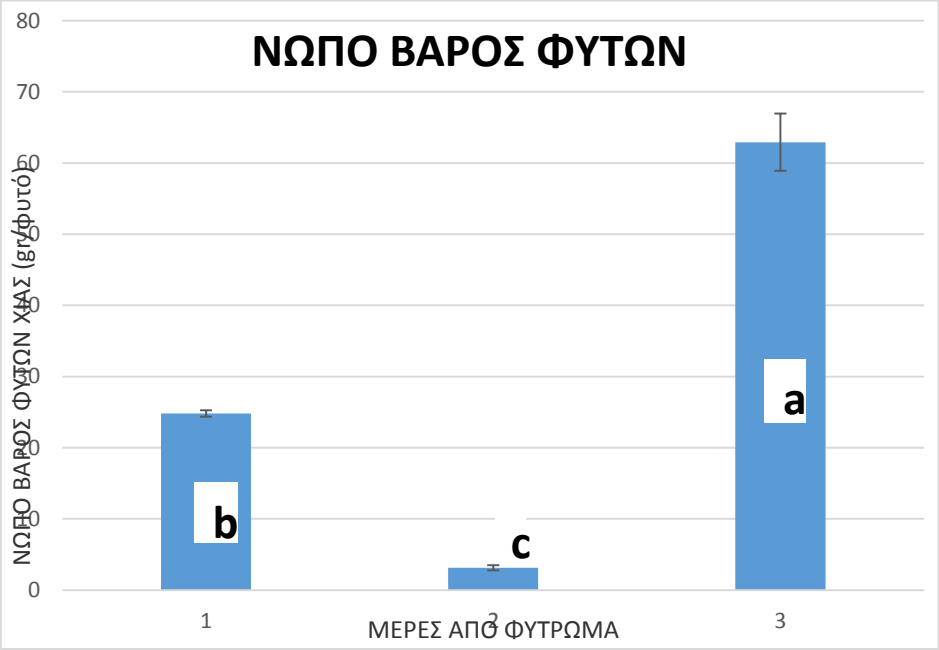
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Τιμή αποκοπής	397,3252	1	397,3252	639,8352	0,000000
Φυλλική Επιφάνεια	46,5592	2	23,2796	37,4885	0,000000
Σφάλμα	14,9035	24	0,6210		

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της φυλλικής επιφάνειας, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 3.5, ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές (F=37,4885 και p=0,000), σε όλες τις επεμβάσεις. Από το Διάγραμμα 1.5, φαίνεται ότι η όψιμη σπορά Ε3, οδήγησε σε παραγωγή φυτών με σημαντικά μεγάλη φυλλική επιφάνεια. υπερέχοντας κατά 28% σε σχέση με τα φυτά της πρώιμης σποράς

Ε1. Αντίθετα, η επέμβαση Ε2 έδωσε φυτά με σημαντικά μικρότερη φυλλική επιφάνεια, που υπολείπονταν κατά 96% σε σχέση με την επέμβαση Ε1.

3.6 Νωπό Βάρος Φυτών

Στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το Νωπό Βάρος των φυτών της καλλιέργειας της Χίας, για τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σποράς.



Διάγραμμα 1.6. Νωπό Βάρος φυτών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

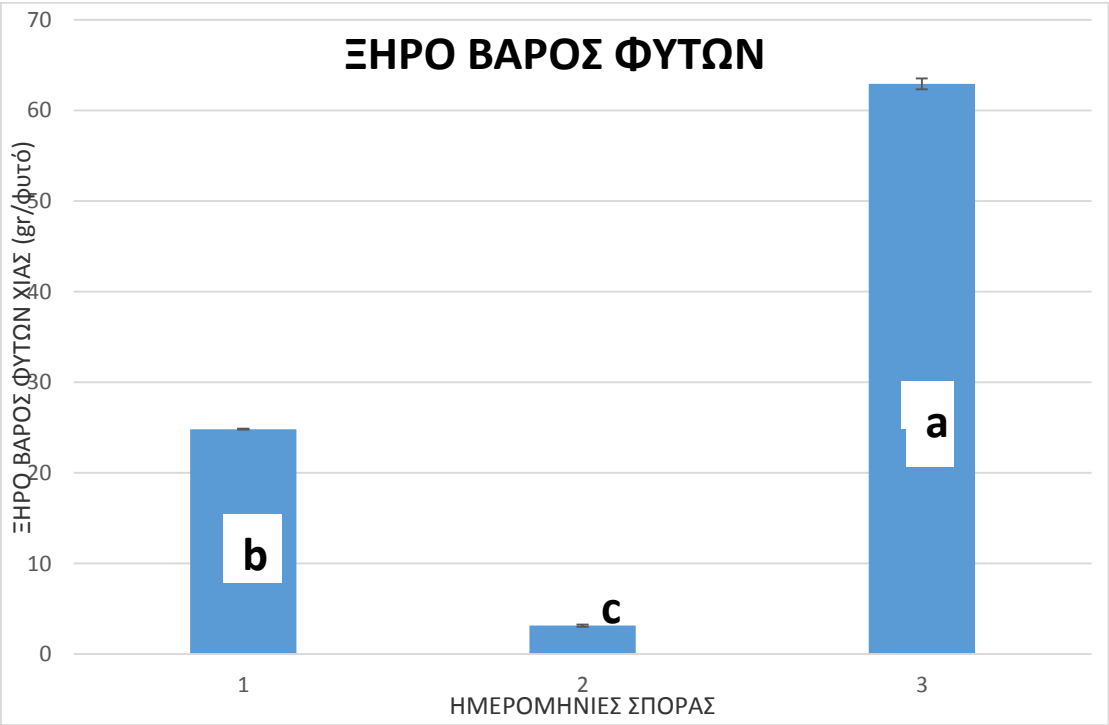
Πίνακας 3.6. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τον νωπό βάρος των φυτών της χίας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	24770,25	1	24770,25	165,2616	0,000000
Ν.Β.Φυτών	16492,04	2	8246,02	55,0156	0,000000
Σφάλμα	3597,24	24	149,89		

Όπως και στην προηγούμενη μέτρηση, φαίνεται ότι η όψιμη σπορά οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας (Διάγραμμα 1.6). Η επέμβαση Ε2 είχε σταθερά τις χαμηλότερες τιμές με το νωπό βάρος να υπολείπεται κατά 87% και 95 % των επεμβάσεων Ε1 και Ε3, αντίστοιχα.

3.7 Ξηρό Βάρος Φυτών

Στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το Ξηρό Βάρος των φυτών της καλλιέργειας της Χίας, για τις τρεις διαφορετικές ημερομηνίες σποράς.



Διάγραμμα 1.7. Ξηρό Βάρος ζιζανίων για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015)**.** Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

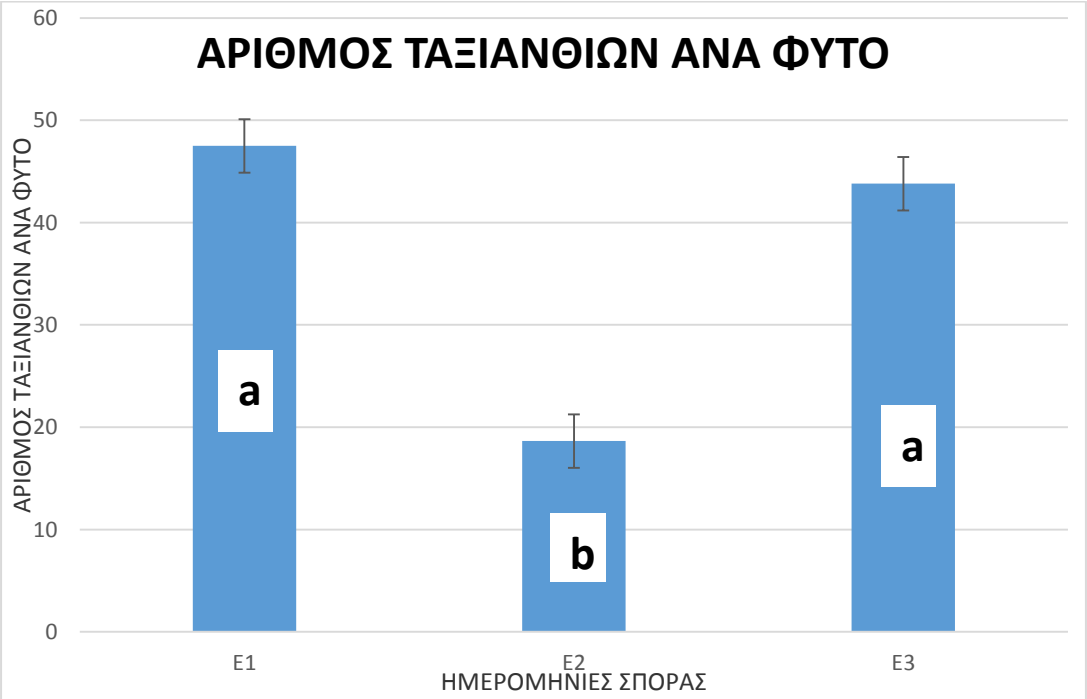
Πίνακας 3. 7. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ξηρό βάρος των φυτών της χίας σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Τιμή αποκοπής	800,9868	1	800,9868	235,8983	0,000000
Ξ.Β.Φυτών	394,8126	2	197,4063	58,1381	0,000000
Σφάλμα	81,4914	24	3,3955		

Όπως και στην προηγούμενη μέτρηση, φαίνεται ότι η όψιμη σπορά οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας (Διάγραμμα 1.7). Η επέμβαση Ε2 είχε σταθερά τις χαμηλότερες τιμές με το ξηρό βάρος να υπολείπεται κατά 87% και 95 % των επεμβάσεων Ε1 και Ε3, αντίστοιχα.

3.8 Αριθμός Ταξιανθιών ανά Φυτό

Ο αριθμός των ταξιανθιών ανά φυτό που μετρήθηκαν, έγινε με τη συλλογή δυο φυτών από κάθε πειραματικό υποτεμάχιο, της κάθε επέμβασης. Παρακάτω ακολουθεί η στατιστική ανάλυση και τα διαγράμματα επίδρασης των επεμβάσεων.



Διάγραμμα 1.8. Αριθμός Ταξιανθιών ανά φυτό για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

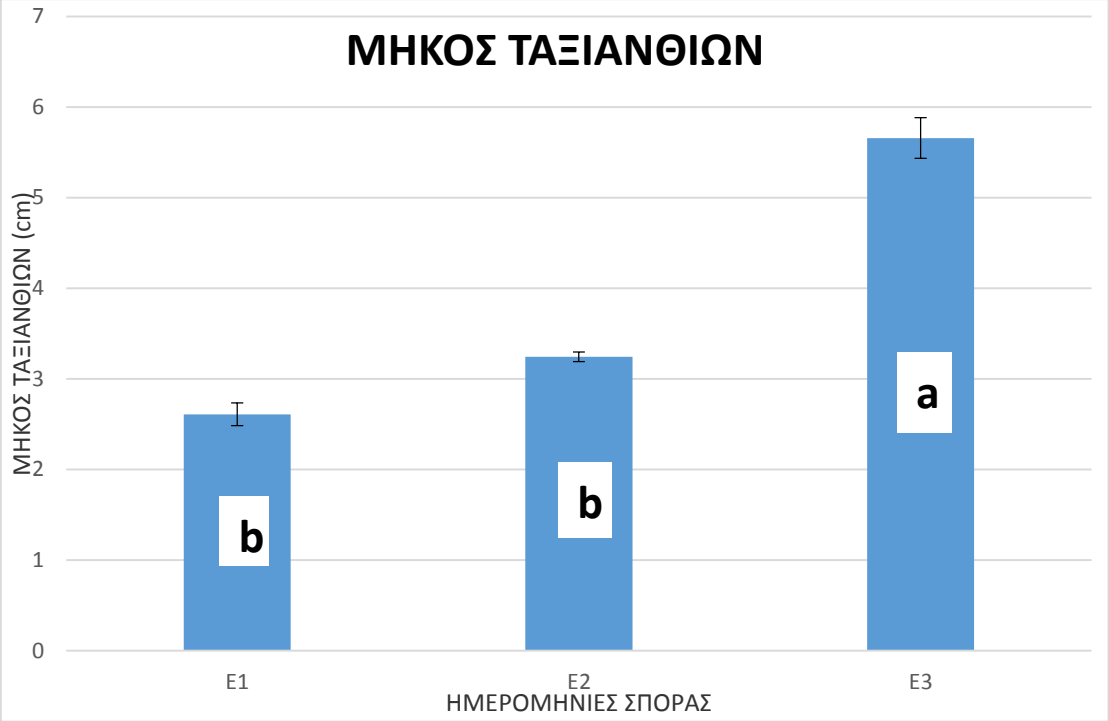
Πίνακας 3.8. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για τον αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	P
Τιμή αποκοπής	717,6533	1	717,6533	317,6629	0,000000
Αριθμός Ταξιανθιών/Φυτό	1,7067	2	0,8533	0,3777	0,689425
Σφάλμα	54,2200	24	2,2592		

Ο αριθμός των ταξιανθιών, της πρώιμης επέμβασης Ε1 και της όψιμης επέμβασης Ε3, δεν παρουσίασαν σημαντική στατιστική διαφορά στις τιμές τους, ενώ η σπορά της επέμβασης Ε2, όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 1.8, έδωσε φυτά με σημαντικά μικρότερο αριθμό ταξιανθιών ανά φυτό.

3.9 Μήκος Ταξιανθιών

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Μήκος Ταξιανθιών των φυτών της χίας, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 1.9. Μήκος Ταξιανθιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

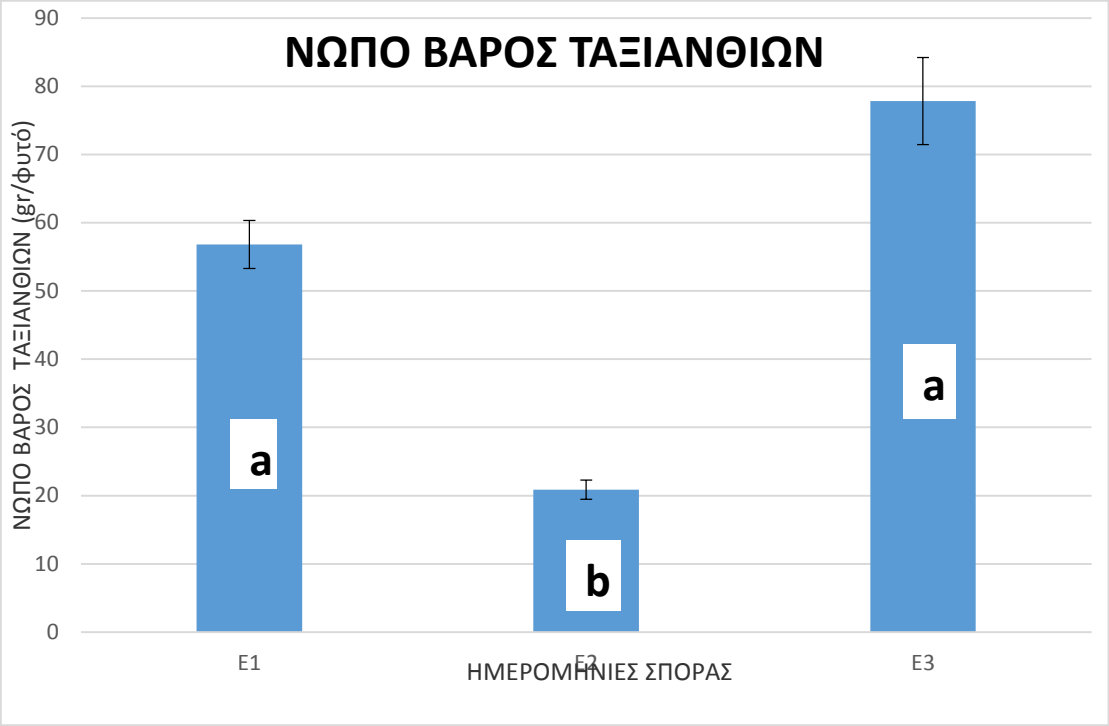
Πίνακας 3.9. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το μήκος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	72540,75	1	72540,75	146,7050	0,000000
Μήκος Ταξιανθιών	14936,42	2	7468,21	15,1036	0,000057
Σφάλμα	11867,20	24	494,47		

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το Διάγραμμα 1.9, φαίνεται ότι η όψιμη σπορά Ε3, οδήγησε σε φυτά με σημαντικά μεγαλύτερο μήκος ταξιανθιών, σε σχέση με τις πρώιμες σπορές Ε1 και Ε2, που υπολείπονταν κατά 54% και 42% αντίστοιχα.

3.10 Νωπό Βάρος Ταξιανθιών

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Νωπό Βάρος των Ταξιανθιών της καλλιέργειας της Χίας, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 1.10. Νωπό Βάρος Ταξιανθιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

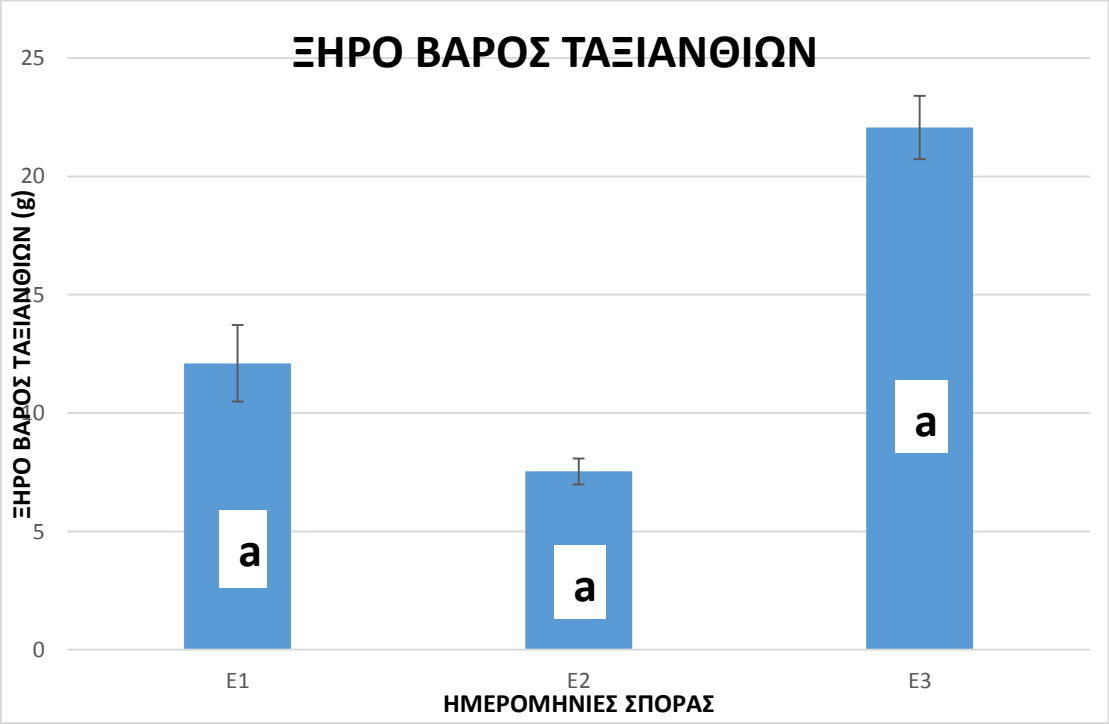
Πίνακας 3.10. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το νωπό βάρος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	5216,670	1	5216,670	94,81550	0,000000
Ν.Β.Ταξιανθιών	994,220	2	497,110	9,03522	0,001188
Σφάλμα	1320,460	24	55,019		

Παρατηρούμε ότι για την πρώιμη επέμβαση Ε2 , το Νωπό Βάρος των Ταξιανθιών, παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές σε σχέση με την επέμβαση Ε1 και Ε3, όπως φαίνεται από την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), του Πίνακα 3.10 (όπου F=9,03522 και p=0,001188).

3.11 Ξηρό Βάρος Ταξιανθιών

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Ξηρό Βάρος των Ταξιανθιών της καλλιέργειας της Χίας, για όλες τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν.



Διάγραμμα 1.11. Ξηρό Βάρος Ταξιανθιών για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2: σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

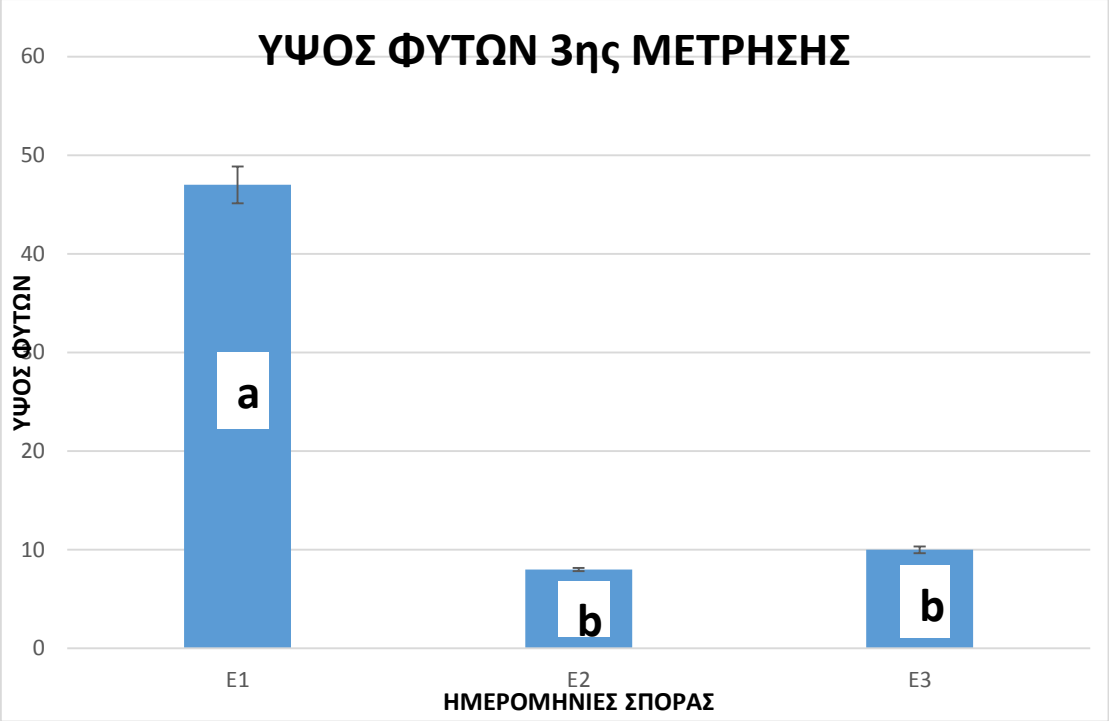
Πίνακας 3.11. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ξηρό βάρος των ταξιανθιών σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	8008,333	1	8008,333	253,5620	0,000000
Ξ.Β.Ταξιανθιών	50,667	2	25,333	0,8021	0,460040
Σφάλμα	758,000	24	31,583		

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από το Διάγραμμα 1.11, καθώς κι από τον Πίνακα 3.11το Βάρος των Ταξιανθιών για τις πρώιμες σπορές, Ε1 και Ε2, καθώς και για την όψιμη Ε3, δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

3.12 Ύψος Φυτών

Για το ύψος των φυτών της χίας ελήφθησαν συνολικά 19 μετρήσεις για την επέμβαση Ε1, 16 για την επέμβαση Ε2 και 7 για την επέμβαση Ε3. Η πρώτη μέτρηση έγινε 21 Ημέρες από το φύτρωμα των φυτών, της Ε1 επέμβασης και στη συνέχεια πραγματοποιούνταν μετρήσεις σε εβδομαδιαία βάση. Ομοίως πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις για τις επεμβάσεις Ε2 και Ε3. Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Ύψος των Φυτών, κατά την τρίτη μέτρηση. Παρακάτω ακολουθεί η στατιστική ανάλυση καθώς και τα διαγράμματα επίδρασης των επεμβάσεων στην εξέλιξη ανάπτυξης του φυτού.



Διάγραμμα 1.12.Ύψος φυτών 3ης Μέτρησης για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οικάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

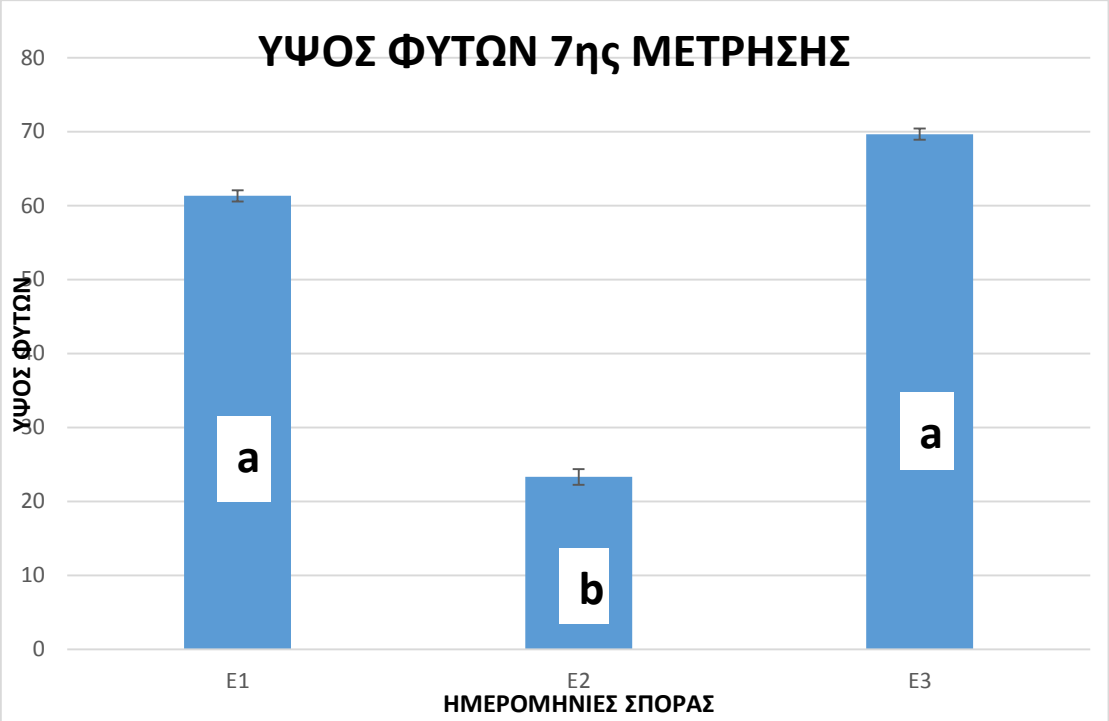
Πίνακας 3.12. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ύψος των φυτών της χίας κατά την 3η μέτρηση σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	30603,00	1	30603,00	1039,592	0,000000
Ύψος Φυτών 3ης Μέτρησης	7030,50	2	3515,25	119,414	0,000000
Σφάλμα	706,50	24	29,44		

Η επίδραση του χρόνου σποράς, όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 1.12 , επέδρασε σημαντικά στο ύψος των φυτών, κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους. Η πρώιμη σπορά Ε1, κατά την 3η μέτρηση, έδωσε φυτά με σημαντικά μεγαλύτερο ύψος, που υπερείχαν κατά 83% και 80% των επεμβάσεων Ε2 και Ε3, αντίστοιχα.

3.13 Ύψος Φυτών 7ης Μέτρησης

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται το Ύψος των Φυτών, κατά την έβδομη μέτρηση, ακολουθεί η στατιστική ανάλυση καθώς και τα διαγράμματα επίδρασης των επεμβάσεων στην εξέλιξη ανάπτυξης του φυτού.



Διάγραμμα 1.13. Ύψος φυτών 7ης μέτρησης για την καλλιέργεια Χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015). Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αποτυπώνουν το τυπικό σφάλμα των μέσων και τα διαφορετικά γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας *p=0.05*.

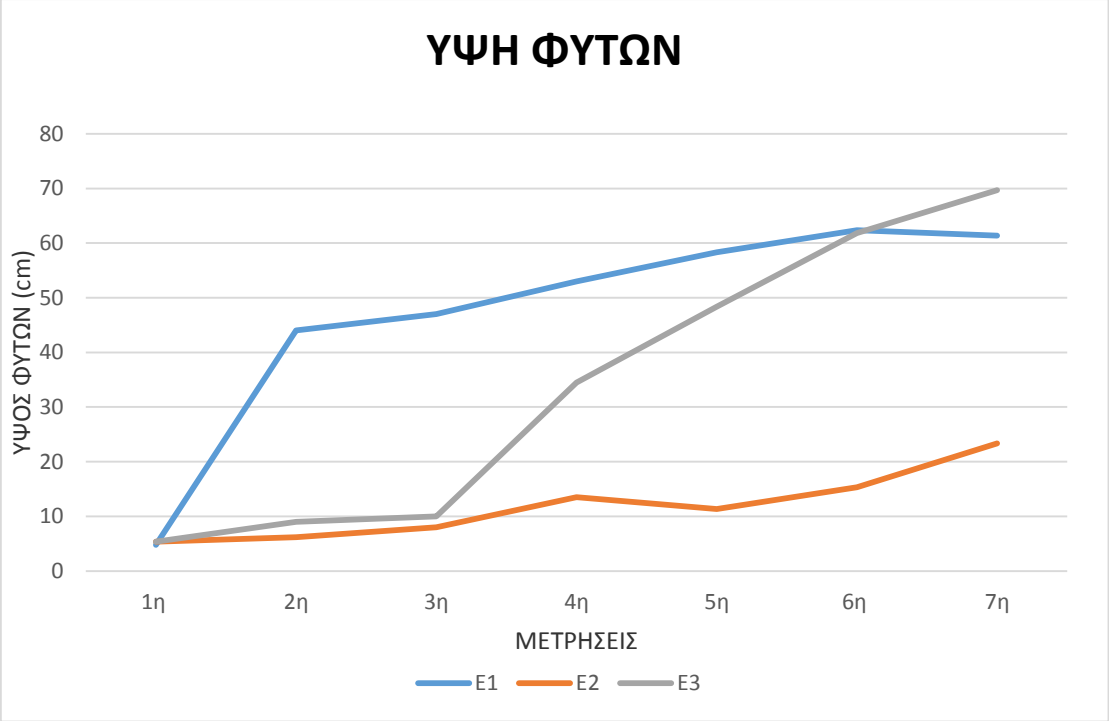
Πίνακας 3.13. Ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA) για το ύψος των φυτών της χίας κατά την 7η μέτρηση σε σχέση με τις ημερομηνίες σποράς της χίας. Τα κόκκινα γράμματα υποδηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Τιμή αποκοπής	71456,33	1	71456,33	3475,08	0
Ύψος Φυτών 7ης Μέτρησης	10980,67	2	5490,33	267,007	0
Σφάλμα	493,5	24	20,56		

Κατά την έβδομη μέτρηση, του ύψους των φυτών, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1.13, φαίνεται ότι η πρώιμη σπορά του Ιούνη οδηγεί σε φυτά με σημαντικά μικρότερο ύψος. Όπως φαίνεται από την ανάλυση παραλλακτικότητας ANOVA, στον Πίνακα 3.13, το ύψος των φυτών της επέμβασης Ε2 υπολείπονταν κατά 62% και 67%, των επεμβάσεων Ε1 και Ε3 αντίστοιχα. Οι τιμές του ύψους των φυτών, της πρώιμης Ε1 σποράς και της όψιμης Ε3 σποράς, στην 7η μέτρηση, δεν παρουσίασαν στατιστική διαφορά.

3.14 Ύψη Φυτών

Στο παρακάτω Διάγραμμα παρουσιάζεται η πορεία ανάπτυξης των φυτών της χίας, για τις διαφορετικές εποχές σποράς που μελετήσαμε. Σε κάθε επέμβαση, η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε 21 Ημέρες Από τη Σπορά κι εν συνεχεία, οι υπόλοιπες μετρήσεις λαμβάνονταν σε εβδομαδιαία βάση, μέχρι την άνθηση των φυτών.



Διάγραμμα 1.14. Πορεία ανάπτυξης των φυτών της χίας, για τις τρεις ημερομηνίες σποράς (Ε1: σπορά στις 23-04-2015, Ε2:σπορά στις 05-06-2015 και Ε3: σπορά στις 05-08-2015).

4. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, όσον αφορά το ύψος των φυτών της χίας, καθώς και τη στατιστική ανάλυση που προέκυψε από αυτές, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά της πρώιμης σποράς, στα πρώτα στάδια ανάπτυξής τους, παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερες τιμές, συγκριτικά με τις σπορές που ακολούθησαν. Αυτό οφείλεται πιθανότατα στις επικρατούσες θερμοκρασίες, δηλαδή σε θερμοκρασίες 20-25^{0}C, οι οποίες σε συνδυασμό με την εδαφική υγρασία ενίσχυσαν την απορρόφηση νερού από το σπόρο της χίας, όπως άλλωστε παρατήρησαν και οι Moreira et al. (2012).

Παρόλα αυτά, κατά την πορεία εξέλιξης της καλλιέργειας, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά της επέμβασης Ε2, η οποία πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο, παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές ύψους, σε σύγκριση με τις άλλες δυο επεμβάσεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλη και τον Αύγουστο, αντίστοιχα. Τέλος, όσον αφορά το τελικό ύψος των φυτών, πριν την άνθηση, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές.

Φαίνεται, λοιπόν, πως τα φυτά της πρώιμης σποράς (Ε1) χίας έχουν καλές συνθήκες στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, αφού η εδαφική υγρασία, που είναι απαραίτητη κατά την εγκατάσταση της καλλιέργειας (Kaiser and MattErnst, 2016) εξασφαλίζεται αφενός με την άρδευση και αφετέρου με τα αποθηκευμένα αποθέματα υγρασίας, ενώ οι κλιματικές συνθήκες (προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία) της άνοιξης ευνοούν την ανάπτυξη της. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού οι υψηλές τιμές της θερμοκρασίας αλλά και της ηλιακής ακτινοβολίας οδηγούν σε καταπόνηση της καλλιέργειας που ουσιαστικά αναστέλλει την ανάπτυξη της με αποτέλεσμα μεταξύ 3ης και 7ης μέτρησης τα φυτά να «κερδίζουν» μόνο γύρω στα 10 cm. Αντίθετα, τα φυτά της όψιμης σποράς (Ε3) ξεκινώντας με χαμηλότερα αποθέματα εδαφικής υγρασίας, λόγω της έντονης καλοκαιρινής εξάτμισης, ξεκινούν με μικρότερους ρυθμούς ανάπτυξης και έτσι μικρότερο ύψος στην 3η μέτρηση αλλά καταλήγουν με μεγαλύτερο τελικό ύψος από τα φυτά της Ε1 λόγω καλύτερων περιβαλλοντικών συνθηκών με επαρκή ηλιακή ακτινοβολία και ηπιότερες θερμοκρασίες. Φυσικά, τα φυτά Ε2 υστερούν αισθητά των υπολοίπων, πιθανότατα λόγω υδατικής καταπόνησης (στρες).

Από τα αποτελέσματα μετρήσεων του δείκτη φυλλικής επιφάνειας φαίνεται ότι η σπορά Ε3 έδωσε και πάλι τα καλύτερα αποτελέσματα. Πράγματι, η όψιμη σπορά Ε3 έδωσε φυτά με σημαντικά μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, σε σύγκριση με τα φυτά των επεμβάσεων Ε1 κι Ε2. Η υψηλή γονιμότητα του εδάφους πιθανότατα ευθύνεται για τα αποτελέσματα αυτά, αφού ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI), που είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τα μεταβολικά προϊόντα που προέρχονται από τη φωτοσύνθεση, σχετίζεται άμεσα με τη συγκέντρωση αζώτου στο έδαφος (Hassan and Leitch, 2001). Ένας ακόμη παράγοντας που πιθανόν να σχετίζεται με τις διαφορές στη φυλλική επιφάνεια είναι και οι κλιματικές συνθήκες. Στις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας που έγιναν στα μέσα Ιουλίου για την Ε1 και στα μέσα Αυγούστου για την Ε2 προηγήθηκε περίοδος υψηλής θερμοκρασίας και έντονης ηλιακής ακτινοβολίας που οδήγησε σε αναστολή της ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας λόγω καταπόνησης. Αντίθετα, για την Ε3 η περίοδος ανάπτυξης της φυλλικής επιφάνειας ήταν περίοδος ηπιότερων κλιματικών συνθηκών που οδήγησε σε υψηλότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας.

Αντίστοιχα ήταν και τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις του νωπού βάρους των φυτών, όπου διαπιστώθηκε πως η όψιμη σπορά Ε3, έδωσε τη μεγαλύτερη ποσότητα βιομάζας, συγκριτικά με τις άλλες δυο σπορές, που προηγήθηκαν. Αξίζει, επίσης, να σημειωθεί ότι το ποσοστό της βιομάζας της σποράς Ε2 υπολείπονταν σημαντικά,

δίνοντας τις χαμηλότερες τιμές, σε σύγκριση με το αντίστοιχο ποσοστό, της σποράς Ε1 και της σποράς Ε3. Το γεγονός, μάλιστα, πως τα αποτελέσματα που αφορούν το νωπό βάρος είναι ανάλογα με αυτά της φυλλικής επιφάνειας ήταν αναμενόμενο αφού η παραγωγή βιομάζας εξαρτάται από την ποσότητα του ηλιακού φωτός που συλλαμβάνεται από την φυλλική επιφάνεια του φυτού (Varlet- Granchet et al., 1982).

Σε αντιστοιχία με τις τιμές που πήραμε από το νωπό βάρος των φυτών, ήταν και οι τιμές του ξηρού τους βάρους. Τα αποτελέσματα σε ξηρό βάρος της σποράς Ε2, ήταν σταθερά τα χαμηλότερα κι υπολείπονταν κατά 87% και 95%, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα των επεμβάσεων Ε1 και Ε3.

Ο αριθμός ταξιανθιών ανά φυτό ήταν στατιστικά σημαντικά μικρότερος ($p<0.05$) μόνο για την επέμβαση Ε2, ενώ μεταξύ των επεμβάσεων Ε1 και Ε3 δεν υπήρξαν διαφορές. Το ίδιο διαπιστώθηκε και για το νωπό και ξηρό βάρος (όπου μάλιστα δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των τριων επεμβάσεων) και μόνο στο μήκος των ταξιανθιών υπερείχαν τα φυτά της Ε3.

Ένα επιπλέον σημαντικό εύρημα που αφορά τις ταξιανθίες είναι πως τα φυτά και των τριών επεμβάσεων άνθισαν ταυτόχρονα στις αρχές Οκτωβρίου. Η περίοδος ανθοφορίας της χίας είναι πολύ σημαντική γιατί συνδέεται με την παραγωγή σπόρων που αποτελούν και τον σκοπό καλλιέργειας του ανθοφόρου αυτού φυτού. Η ταυτόχρονη άνθιση των φυτών χίας και στις 3 επεμβάσεις συνδέεται πιθανότατα με την φωτοπερίοδο. Είναι γεγονός πως για την περίπτωση του φυτού chia, όπως και για άλλα φυτά όπως η σόγια που παρόμοιο βιολογικό κύκλο (Kaiser and Ernst, 2016), η φωτοπερίοδος είναι ο πιο σημαντικός περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει τον ρυθμό ανθικής ανάπτυξης (Wang et al., 1997). Έτσι, η πρόβλεψη των ημερών μέχρι την άνθιση είναι σημαντική γιατί ο χρόνος μεταξύ έκπτυξης των οφθαλμών και άνθισης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και την τελική παραγωγή (Coates and Ayerza, 1996). Επιπρόσθετα, ο Ayerza (2014) μελέτησε την περίοδο άνθισης της Chia σε 11 διαφορετικές περιοχές της Κολομβίας και διαπίστωσε πως τα φυτά της Χίας μπορεί να ανθίσουν μόνον όταν η διάρκεια ημέρας είναι μικρότερη από 12:27 ώρες. Πρότεινε, έτσι, ως κρίσιμη διάρκεια ημέρας για την άνθιση της χίας γύρω στις 12 με 13 ώρες. Αυτό εξηγεί την άνθιση της χίας στην περίπτωση της δικής μας εργασίας εντός του φθινοπώρου και για τις 3 επεμβάσεις, σε περίοδο δηλαδή κοντά στην ισημερία με φωτοπερίοδο γύρω στις 12 ώρες κάτι που μπορεί να αποτελέσει έναν ασφαλή δείκτη για

την κατάλληλη εποχή σποράς στην χώρα μας που φαίνεται να είναι στο τέλος του καλοκαιριού.

Όσον αφορά τα ζιζάνια από την στατιστική επεξεργασία των μετρήσεών μας, φαίνεται πως αν και δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά τον αριθμό των ζιζανίων το βάρος τους (νωπό και ξηρό) υπερέχει στην όψιμη επέμβαση Ε3 κάτι που ίσως να οφείλεται στις ευνοϊκότερες θερμοκρασιακές συνθήκες φθινοπώρου αλλά και στα πρωτοβρόχια. Η παρουσία των ζιζανίων, πάντως, δείχνει και την ανάγκη απαλλαγής από αυτά με ξεβοτάνισμα ή άλλους τρόπους διότι η δράση τους είναι ιδιαίτερα ανταγωνιστική. Αυτό, μάλιστα, αναφέρουν και οι Bochicchio et al. (2015), που επισημαίνουν την ανάγκη ελέγχου των ζιζανίων στα πρώτα, κυρίως, στάδια ανάπτυξης της χίας χειρωνακτικά ή μηχανικά μέχρι να «κλείσει» η φυτεία. Στην ίδια, μάλιστα, εργασία οι Bochicchio et al. (2015) επισημαίνουν και την ανάγκη ελέγχου εχθρών και ασθενειών της χίας κάνοντας ιδιαίτερη αναφορά στο Fusarium και στον αλευρώδη (whiteflies) κυρίως για τον κίνδυνο μετάδοσης ιών. Και πάλι η σημασία της αντιμετώπισης των ζιζανίων είναι μεγάλη, αφού σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να αποτελέσουν τα φυτά ξενιστές για έντομα και παθογόνα.

Συνοψίζοντας λοιπόν, μπορούμε να καταλήξουμε πως με βάση τα πειραματικά μας δεδομένα και για την περιοχή της Νότιας Ελλάδας, η καταλληλότερη περίοδος σποράς είναι στο τέλος καλοκαιριού, διότι οι κλιματικές συνθήκες επιτρέπουν την ομαλή αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας, και ταυτόχρονα εξασφαλίζει την απαραίτητη για ανθοφορία φωτοπερίοδο γύρω στις 12 ώρες που οδηγεί σύμφωνα με τη βιβλιογραφία σε βέλτιστη παραγωγή ανθέων και σπόρων.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διερεύνηση των κατάλληλων αποστάσεων σποράς της χίας, όπως επισημαίνουν και οι Bochicchio et al. (2015) και η μελέτη της δυνατότητας μιας δεύτερης καλλιέργειας όπως υποστηρίζουν οι Kaiser and Ernst (2016), κάτι που απαιτεί τη διερεύνηση του κύκλου ζωής της χίας στη χώρα μας. Ο κύκλος ζωής της χίας κυμαίνεται στις περισσότερες περιπτώσεις μεταξύ 140- 180 ημέρες (deKartzow, 2013), επειδή, όμως, η χία είναι ευαίσθητη στη διάρκεια ημέρας ο κύκλος ζωής της εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής όπου γίνεται η σπορά (Coates 2011). Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται ότι θα μπορούσε να αποτελέσει μια επιτυχημένη επίσπορη καλλιέργεια και για τιε ελληνικές συνθήκες, αφού προηγουμένως προηγηθεί εκτεταμένη έρευνα σε εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

5. Βιβλιογραφία

American Heart Association. 1988. Dietary guidelines for healthy American adults: a statement for physicians and health professionals by the Nutrition Committee, American Heart Association. *Arteriosclerosis* 8: 218A-21A.

Ayerza, R. ,2014. Chia flowering season prediction using day length data of 11 selected locations. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*. Tomo 91 (1): 33-35; 2014

Ayerza, R.,W. Coates. 2005. *Chia: Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs.*The University of Arizona Press. Tucson.

Ayerza, R.,W. Coates, 2009a. Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and α-linolenic content of three chia *(Salvia hispanica L.)* selections. *Industrial Crops and Products*30 (2): 321–324.

Ayerza, R.,W. Coates., 2009b. The Seed's Protein and Oil Content, Fatty Acid Composition, and Growing Cycle Length of a Single Genotype of Chia *(Salvia hispanica L.)* as Affected by Environmental Factors. *Journal of Oleo Science* 58 (7): 347–354.

Benito G., ,,Buytaert W., Rodriguez-Lloveras X., 2016. Land use can offset climate change induced increases in erosion in Mediterranean watersheds. *Catena*: 143:244-255.

Bochicchio R., Philips T.D., Lovelli S., Labella R., Galgano F., Di MariscoA., Perniola M., and Amato M., 2015. Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (*Salvia hispanica L.*).In: *A. Vastola (ed.), The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin,* 29- 45. DOI 10.1007/978-3-319-16357-4_3.

Budowski, P. 1988. Omega-3 fatty acids in health and disease.*World Review of Nutrition and Diet* 57: 214-274.

Cahill, J.P. 2003. Ethnobotany of chia *(Salvia hispanica L., Lamiaceae). Econ Bot* 57: 604–618.

Cahill, J. P.2005. Human Selection and Domestication of Chia (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Ethnobiology* 25 (2): 155–174.

Challinor, A., F. Ewert, S. Arnold, E. Simelton, & E. Fraser. 2009. Crops and climate change: Progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing climate change (in press). *J. Exp. Bot.*

Coates W.2011.Whole and ground chia *(Salvia hispanica L.)* Seeds, chia oil—effects on plasma lipids and fatty acids. *In:* Patel VR, Preedy RR, Watson VB (ed) *Nuts and seeds in health and disease prevention.* Academic, San Diego, 309–314. doi:10.1016/B978-0-12-375688-6.10037-4.

Cordain, L. 1999. Cereal grains: humanity's double-edged sword.In: Simopoulos AP (ed): E*volutionary Aspects of Nutrition and Health*. Diet, Exercise, Genetics and Chronic Disease, 19- 73., World Rev Nutr Diet. Basel, Karger, 1999, vol 84, pp 19–73, DOI:10.1159/isbn.978-3-318-00396-3.

Cortez y Larraz, P. 1958. *Descripcióngeográfico-moral de la diócesis de Goathemala.*Tomo 2, Biblioteca "Goathemala". Guatemala City: Sociedad de Geografía e Historia de Guatemala.

Custodio E., , MiguelAndreu-Rodes J., Aragón R., , Estrela T, Ferrer J., García-Aróstegui J.L., Manzano M., Rodríguez-Hernández L., Sahuquillo A., , delVillar A.,2016. Groundwater intensive use and mining in south-eastern peninsular Spain: Hydrogeological, economic and social aspects. *Science of The Total Environment,* 559:302-316.

De Kartzow A. 2013. *Estudio de PreFactibilidadTecnicoEconomicadelCultivo de Chia (Salvia hispanica L.) en Chile*. (Inf. Téc.), FIA (Fundación para la innovaciónagraria).[Enlínea]. Chile. 102p. Recuperadoen: http://www.fia.cl/Portals/0/UCP/Documentos/Informe%20Est%20Tec%20Econ%20de%20Chia%20en%20Chile.pdf. Consultado el: 25 de enero de 2014.

Eaton S., Eaton B., Sinclair A., Cordain L., and Man N.J., 1998. Dietary intake of long-chained polyunsaturated fatty acids during the Paleolithic. *World Review of Nutrition and Diet* 83: 12-23.

FAO. 2001. *Food balance sheets.A Handbook.*Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, http://www.fao.org/docrep/003/X9892E/X9892E00.HTM

FAO, 2009. *World agriculture 2030: main findings.*Available online athttp://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7833-en.html, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Flax Council of Canada, 1998c. *Flaxseed – A Rich Source of Lignans.* Flax Council of Canada.Winnipeg, MB, Can. 2 pp.

Hicks, S. 1966. *Desert plants and people*. San Antonio, Tex.: Naylor Company.

Ixtaina, Y. V., Nolasco S.M., Tomas M.C., 2008. Physical properties of chia (*Salvia hispanica L.*) seeds.*Industrial Cropsand Product,* v. 28, p. 286-293.

Jamboonsri, W.J., Phillips T.D., Geneve R.L., Cahill J.P., Hildebrand D.F., 2012. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L. a new ω3 source. *Genetic Resources and Crop Evolution,* 59 (2): 171–178.

Kaiser Ch. and Ernst M, 2016.*Chia.*Cooperative Extention Service, University of Kentucky, College of Agriculture, Food and Environment Center for crop Diversification crop Profile. http://www.uky.edu/Ag/CDBREC/introsheets/chia.pdf

Kintzios S.E. 2000. *Sage: The Genus Salvia*. CRC Press.p. 17.

Lichtenstein, A.H. 1999.*Dietary fat: a history. Nutrition Reviews* 57 (i):11-14.

Linnaeus, C. 1857.*Species Plantarum.*The Royal Society of London, London, UK.

Martinez M.,1959. *Plantasutiles de la flora Mexicana*.EdicionesBotas, Mexico.

Martinez M., 1994.*Catalogo de nombresvulgares y cientificos de plantasmexicanas*. Mexico City: Fondo de CulturaEconomica.

Moreira R., Chenlo F., Prieto E.T., Torres M. D.2012. Water adsorption Isotherms of chia *(Salvia hispaanica L.)* seeds, 2012. *Food and Bioprocess Technology:* 5, issue: 3, p.p.: 1077-1082.

Morris, H.M. 2007. *Flax: A health and nutrition primer*. Flax Council of Canada,Winnipeg, Manitoba, Canada.

Muggli R. and P. Clough. 1994. *The facts of life.* Roche Magazine 49:11pp.

Muñoz, L. A., A. Cobos, O. Diaz, J. M. Aguilera. 2013. Chia Seed (*Salvia hispanica*): An Ancient Grain and a New Functional Food. *Food Reviews International*29 (4): 394–408.

Nettleton, J. A. 1995. *Omega-3 fatty acids and health*. New York: Chapman and Hall.

Neuringer, M. & W.E. Connor.1986. *Omega-3 fatty acids in the brain and retina: evidence for their essentiality*. Nutr. Rev., 44:285-294.

Ramamoorthy, T. P., and M. Elliot. 1993. *Mexican Lamiaceae: diverstity, distribution, endemism, and origin.* New York: Oxford University Press.

Ridley, E.M., Mele, P.M. & Beverly C.R., 2004. Legume-based farming in Southern Australia: Developing sustainable systems to meet environmental challenges. *Soil Biol. &Bioch.*, 36:1213-1221.

Rodrigues V. J.1992. *Historia de la agricultura y de fitopatologia, con referencia especial a Mexico*. Mexico City: Colegio de Post-graduadosenCienciasAgricolas.

Rosegrant, M.W. & S.A. Cline. 2003. Global food security: Challenges and policies.*Science302*: 1917-1919.

Sahagún, B. de. 1579. *Historia General de Las Cosas de La Nueva España (Florentine Codex).* Ed. A. M. Garibay. 1989. Mexico City: Editorial Porrua.

Sargi,S. C., Silva B. C., H. M. C. Santos, P. F. Montanher, J. S. Boeing, O. O. Santos, N. E. Souza, J. V. Visentainer. 2013. Antioxidant capacity and chemical composition in

seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Sci. Technol, Campinas,* 33(3): 541-548.

Silva BC, Santos HMC, Montanher PF, Boeing JS, AlmeidaVC, VisentainerJV ,2014. Incorporation of omega-3 fatty acidsin Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed chia (*Salvia hispanica L.)* bran. *J Am Oil ChemSoc* 91:429–437

Simopoulos, A.P. 1998. *Overview of evolutionary aspects of omega-3 fatty acids into the food supply.* Basel, Switzerland: Karger AG.

Srivastava P., Singh R., Tripathi S., Raghubanshi A.S., 2016. An urgent need for sustainable thinking in agriculture – An Indian scenario. *Ecological Indicators*, v. 67 p: 611-6*22.*

Stockdale, E.A., N.H. Lampkin, M. Hovi, R. Keatinge, E.K.M. Lennartsson, D.W. Macdonald, & S.Padel. 2001. Agronomic and environmentalimplications of organic farming systems. *Advances in Agronomy,* 70: 261-327.

Varlet-Grancher C., Bonhomme R., Chartier M. &Artis P. 1982. Efficience de la conversion de l'énergiesolaire par uncouvertvégétal. *Oecol. Plant.* 3, 17, 1, 3-26.

Walters H., Carpenter-Boggs L., DestaK.,Yan L., Matanguihan J. & Murphy K., 2016. Effect of irrigation, intercrop and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. *Agroecology and Sustainable Food Systems,*, 8(4): 783-803.

Wang, Z., V. R. Reddy and B. Quebedeaux. 1997*.* Growth and photosynthetic responses of soybean to short-term cold temperature. *Environ. Exp. Bot.* 37:13–24.

Welch, V.A., and J.T. Borlakoglu. 1992. Absorption and transport of dietary lipid: effect of some lipid-related health problems. *In Chow*, 1992b:237-62.

Μπούρμπος, Β. 2009. *Η γεωργία και οι επιθετικοί της προσδιορισμοί*. ΔΗΩ, Αθήνα, σελ 112.

Σιδηράς, Κ.Ν., Τσαλουμά, Μ., Βαβουλίδου, Ε., 2002. *Ενδογενείς παράγοντες και βιολογική γονιμότητα εδάφους.* ΔΗΩ, Αθήνα, σελ. 38.