



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

**«Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη και
στις αποδόσεις δύο ποικιλιών σκληρού
σιταριού (*Triticum turgidum ssp. durum*)»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Βασίλειος Ε. Κουτσούγερας



Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Παναγιώτα Παπαστυλιανού

Αθήνα, Ιούνιος 2019



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

**«Επίδραση βιοδιεγερτών στην ανάπτυξη και
στις αποδόσεις δύο ποικιλιών σκληρού
σιταριού (*Triticum turgidum ssp. durum*)»**

«Effect of plant biostimulants on growth and yield in two
varieties of winter wheat (*Triticum turgidum ssp. durum*)»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Βασίλειος Ε. Κουτσούγερας

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Παναγιώτα Παπαστυλιανού

Αναπληρώτρια καθηγήτρια, Εργαστήριο Γεωργίας

Δημήτριος Μπιλάλης

Καθηγητής, Εργαστήριο Γεωργίας

Κωσταντίνος Οιχαλιώτης

Καθηγητής, Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας

© Copyright –All rights reserved
Κουτσούγερας Βασίλειος, Ιούνιος 2019.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Δηλώνεται υπεύθυνα ότι, είμαι κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας, όπου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και μόνο.

Ευχαριστίες

Η μεταπτυχιακή αυτή μελέτη, εκπονήθηκε στο πλαίσιο της παρακολούθησης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Γεωργία, Βελτίωση Φυτών και Γεωργικός Πειραματισμός» του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα Καθηγήτριά μου, κυρία Παναγιώτα Παπαστυλιανού, για την πολύτιμη και ουσιαστική καθοδήγησή της και την υποστήριξη κατά τη διάρκεια της συνεργασίας μας. Ευχαριστώ πολύ επίσης, τους Καθηγητές και Μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, κύριο Δημήτριο Μπιλάλη και κύριο Κωνσταντίνο Οιχαλιώτη για τη συμμετοχή τους στην Εξεταστική Επιτροπή και τη διάθεση του χρόνου τους, όπως και όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης, στην εταιρεία ΦΥΤΟΘΡΕΠΤΙΚΗ ΑΒΕΕ και ORA SERVICES IKE για τη συνεργασία μας και την παροχή του τεχνικού εξοπλισμού του πειράματος της μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για την υποστήριξή τους κατά την εκπόνηση του πειράματος και της συγγραφής, όπως ιδιαίτερα, και τους φίλους μου για τη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών του πειράματος.

Βασίλης Κουτσούγερας

Ιούνιος 2019.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract	2
Κατάλογος πινάκων διαγραμμάτων και εικόνων	4
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	12
1.1 Οι βιοδιεγέρτες ως καινοτομία στη γεωργία.....	12
1.1.1 Ορισμός και κατηγοριοποίηση.....	12
1.1.2 Τα εκχυλίσματα φυκών ως βιοδιεγέρτες	16
1.1.3 Φυσιολογία φυτών και βιοδιεγέρτες.....	23
1.1.3.1 Φυτικό ορμονικό σύστημα	23
1.1.4 Από το εργαστήριο στο πεδίο.....	30
1.1.5 Το κανονιστικό πλαίσιο.	32
1.1.6 Η διεθνής αγορά βιοδιεγερτών.	33
1.2 Σιτάρι	38
1.2.1 Καταγωγή και εξέλιξη	38
1.2.2 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης	40
1.2.3 Προσαρμοστικότητα	41
1.2.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά	42
1.2.5 Τάσεις και εξελίξεις στην αγορά σιταριού.....	43
Κεφάλαιο 2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	46
Κεφάλαιο 3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	47
3.1 Γενικά.....	47
3.2 Πειραματικό σχέδιο	48
3.3 Υλικά.....	51
3.4 Καλλιεργητικά στοιχεία.....	53
3.5 Βιομετρικές παρατηρήσεις / μετρήσεις	54
3.6 Στατιστική Ανάλυση.....	56
Κεφάλαιο 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	57
4.1 Χρονικές πορείες	57
4.1.1. Αριθμός αδελφιών	57
4.1.2 Αριθμός ταξιανθιών	60
4.1.3 Αριθμός φύλλων.....	62
4.1.4 Φυλλική επιφάνεια	64
4.1.5 Ξηρό βάρος στελεχών.....	68

4.1.6 Ξηρό βάρος ταξιανθιών	70
4.1.7 Ξηρό βάρος φυτού	72
4.2 Πρώτο στάδιο συγκομιδής	75
4.2.1 Αριθμός ταξιανθιών	75
4.2.2 Ξηρό βάρος ταξιανθιών	77
4.2.3 Απόδοση	78
4.3 Δεύτερο στάδιο συγκομιδής	80
4.3.1 Ύψος φυτού	80
4.3.2 Αριθμός γονίμων αδελφιών	82
4.3.3 Βάρος κύριας ταξιανθίας	84
4.3.4 Αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας	85
4.3.5 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας	87
4.3.6 Αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας	89
4.3.7 Βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας	90
4.3.8 Βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας	92
4.3.9 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας	93
4.3.10 Αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας	95
4.3.11 Βάρος καρπών ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας	96
4.4 Συστατικά της απόδοσης	98
4.5 Συσχετίσεις	100
Κεφάλαιο 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	104
5.1 Ο βιοδιεγέρτης αναστολής αιθυλενίου (BAA)	104
5.2 Ο βιοδιεγέρτης προώθησης κυτοκινίνης (BPK)	105
5.3 Ο βιοδιεγέρτης προώθησης αυξίνης και γιββερελλίνης (BPA)	106
5.4 Ο συνδυασμός BAA και BPA	107
5.5 Ο συνδυασμός BAA και BPK	108
5.6 Οι ποικιλίες <i>Normanno</i> και <i>Meridiano</i>	108
5.7 Συσχετίσεις	109
5.8 Συστατικά της απόδοσης	109
Βιβλιογραφία	111

Περίληψη

Σκοπός της μεταπτυχιακής μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης ορισμένων βιοδιεγερτών, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. *durum*). Επιπλέον αντικείμενο αυτής, είναι η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων του πειράματος (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) καθώς και η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Το πείραμα της μεταπτυχιακής μελέτης, διεξήχθη στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, εντός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018. Το πειραματικό σχέδιο που υιοθετήθηκε ήταν ένα δι-παραγοντικό πείραμα «Υποδιαιρεμένων τεμαχίων» (*Split Plot Design*). Ο πρώτος παράγοντας αφορά την εφαρμογή δύο (2) διαφορετικών ποικιλιών και ο δεύτερος την εφαρμογή έξι (6) διαφορετικών συνδυασμών βιοδιεγερτών, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα.

Τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν ήταν η φυλλική επιφάνεια, ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας, ο αριθμός φύλλων, ο αριθμός αδελφιών, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών, το ξηρό βάρος στελεχών, το ξηρό βάρος ταξιανθιών, το ξηρό βάρος φυτού, το ξηρό βάρος καρπών, το ύψος φυτού, ο αριθμός σταχυδίων ανά ταξιανθία, ο αριθμός καρπών ανά ταξιανθία, ο αριθμός καρπών ανά σταχύδιο και το ξηρό βάρος καρπών ανά στάχυ.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η εφαρμογή των βιοδιεγερτών ενίσχυσε τα αγρονομικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού. Μεγαλύτερη συμβολή στην αύξηση των αγρονομικών χαρακτηριστικών, είχε ο βιοδιεγέρτης αναστολής αιθυλενίου (BAA). Στατιστικά σημαντικές διαφορές, παρατηρήθηκαν και μεταξύ των δύο ποικιλιών με την ποικιλία *Normanno* να σημειώνει υψηλότερες τιμές στα αποδοτικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με την ποικιλία *Meridiano*. Αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) του πειράματος, δεν παρατηρήθηκε. Όλες οι συνιστώσες της απόδοσης εμφάνισαν θετική συσχέτιση με αυτή, με το μέσο βάρος καρπού και τον αριθμό καρπών ανά σταχύδιο να εμφανίζουν την ισχυρότερη συσχέτιση.

Ερευνητική περιοχή: Φυτική παραγωγή.

Λέξεις κλειδιά: Βιοδιεγέρτες, Φυσιολογία φυτών, αγρονομικά χαρακτηριστικά, απόδοση, σκληρό σιτάρι, φυτικές ορμόνες, ρυθμιστές ανάπτυξης, εκχυλίσματα φυκών, λίπανση.

Abstract

The purpose of the postgraduate study is to investigate the effect of certain biostimulants in the agronomic characteristics of two varieties of durum wheat (*Triticum turgidum ssp. durum*). Furthermore it examines the interaction between the two factors in the experiment (biostimulants x varieties) as well as the investigation of the correlation between the independent variables.

The postgraduate study experiment was carried out on the experimental field of the Agricultural Laboratory in the Agricultural University of Athens during the growing season 2017-2018. The experimental project that was adopted was a di-factorial experiment of 'Split Plot Design'. The first factor concerns the application of two (2) different varieties and the second the application of six (6) different combinations of biostimulants, including the control.

The agronomic characteristics studied were the leaf area, the leaf area index, the number of leaves, the number of tillers, the number of fertile tillers, the dry weight of the stems, the dry weight of the inflorescences, the dry weight of plant, the dry weight of the fruit, the plant height, the number of ears per spike, the number of fruits per spike, the number of fruits per ear, the dry weight of the fruit per ear.

According to the results, the application of biostimulants has strengthened the agronomic characteristics of durum wheat. The ethylene inhibition biostimulant had the stronger contribution to the increase in agronomic characteristics. Statistically significant differences were observed between the two varieties with the *Normanno* variety to show higher values in the efficient characteristics, relative to the *Meridiano* variety. Interaction between the two factors (biostimulants x Varieties) of the experiment was not observed. All components showed a positive correlation with the yield, with the average fruit weight and the number of fruits per unit (ear) showing the strongest correlation.

Field research: *Crop production.*

Keywords: *Plant biostimulants, Plant physiology, Growth, yield, wheat, Plant hormones, plant regulators, Seaweed extracts, fertilization.*

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1.1 Οι επιδράσεις των βιοδιεγερτών σε φυσιολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά και τα αναμενόμενα οικονομικά – περιβαλλοντικά οφέλη	15
Πίνακας 1.1.2.1 Ταξινόμηση φυτικών ορμονών (PGH) στα καστανά φύκη	19
Πίνακας 1.1.2.2 Επιδράσεις της εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών σε διάφορες καλλιέργειες	21
Πίνακας 1.1.6.1 Κύριες καλλιέργειες εφαρμογής βιοδιεγερτών στην Ευρώπη	36
Πίνακας 1.2.1 Κατάταξη των ειδών του σιταριού σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη, ανάλογα με τον βαθμό πλοειδίας, το γονίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους	39
Πίνακας 1.2.5.1 Μέση ετήσια παραγωγή σκληρού και μαλακού σιταριού κατά τα έτη 2014 – 2016, στην Ελλάδα	44
Πίνακας 1.2.5.2 Μέση ετήσια καλλιεργούμενη έκταση σκληρού και μαλακού σιταριού για τα έτη 2014 - 2016, στην Ελλάδα	45
Πίνακας 3.1 Εδαφολογική ανάλυση του πειραματικού αγρού, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018.....	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Πίνακας 3.2 Διάταξη των κύριων τεμαχίων και των υποτεμαχίων στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018. Όπου (BAA): Βιοδιεγέρτης Αναστολής Αιθυλενίου, (BPA): Βιοδιεγέρτης Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης, (BPK): Βιοδιεγέρτης Προώθησης Κυτοκινίνης	50
Πίνακας 3.3.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά ποικιλιών Normanno και Meridiano	51
Πίνακας 3.3.2 Χημική σύνθεση BAA (Βιοδιεγέρτη Αναστολής Αιθυλενίου)	52
Πίνακας 3.3.3 Χημική σύνθεση BPK (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Κυτοκινίνης)	52
Πίνακας 3.3.4 Χημική σύνθεση BPA (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης).....	52
Πίνακας 3.4 Χημική σύσταση των λιπασμάτων βασικής (20 – 20 – 0) και επιφανειακής λίπανσης (40 – 0 – 0)	53
Πίνακας 4.1.1 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός αδελφιών σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	59
Πίνακας 4.1.2 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός ταξιανθών σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών	61
Πίνακας 4.1.3 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	63
Πίνακας 4.1.4 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό φυλλική επιφάνεια (cm ²) σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	67

Πίνακας 4.3.7 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	91
Πίνακας 4.3.8 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	92
Πίνακας 4.3.9 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	94
Πίνακας 4.3.10 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	95
Πίνακας 4.3.11 Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος καρπών ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.	97
Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα εκτιμήσεων πολλαπλής παλινδρόμησης.	98

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1.2 Αριθμός δημοσιεύσεων σχετικά με τη χρήση εκχυλισμάτων φυκών ανά δεκαετία για το χρονικό διάστημα 1900 – 2000	16
Διάγραμμα 1.1.6.1 Αξία της παγκόσμιας αγοράς βιοδιεγερτών	33
Διάγραμμα 1.1.6.2 Κατανομή της αξίας βιοδιεγερτών ανά κατηγορία προϊόντος....	34
Διάγραμμα 1.1.6.3 Κατανομή της αγοράς των βιοδιεγερτών ανά περιοχή	35
Διάγραμμα 1.1.6.4 Παγκόσμια αγορά βιοδιεγερτών ανά καλλιέργεια	35
Διάγραμμα 1.2.5.1 Μέση παγκόσμια παραγωγή σιταριού από το 1914 μέχρι το 2016	43
Διάγραμμα 1.2.5.2 Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής	44
Διάγραμμα 3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα του πειραματικού αγρού από 12/2017 έως 06/2018. Τα δεδομένα ελήφθησαν από μετεωρολογικό κλωβό, ο οποίος ήταν εγκαταστημένος εντός του πειραματικού αγρού. Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.	
Διάγραμμα 4.1.1.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των αδελφιών για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	57
Διάγραμμα 4.1.1.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των αδελφιών για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	58
Διάγραμμα 4.1.2.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών για την ποικιλία Normanno, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.	60
Διάγραμμα 4.1.2.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών για την ποικιλία Meridiano, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.	60

Διάγραμμα 4.1.3.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	62
Διάγραμμα 4.1.3.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	62
Διάγραμμα 4.1.4.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στη φυλλική επιφάνεια για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά..	64
Διάγραμμα 4.1.4.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά..	65
Διάγραμμα 4.1.4.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στη φυλλική επιφάνεια για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	66
Διάγραμμα 4.1.4.4 Επίδραση βιοδιεγερτών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.....	66
Διάγραμμα 4.1.5.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των στελεχών για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά... ..	68
Διάγραμμα 4.1.5.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των στελεχών για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά... ..	68
Διάγραμμα 4.1.6.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά... ..	70
Διάγραμμα 4.1.6.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά... ..	70
Διάγραμμα 4.1.7.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος φυτού για την ποικιλία Normanno, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά... ..	72
Διάγραμμα 4.1.7.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος φυτού για την ποικιλία Meridiano, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.... ..	72
Διάγραμμα 4.2.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών.....	75
Διάγραμμα 4.2.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον ξηρό βάρος των ταξιανθιών.... ..	77
Διάγραμμα 4.2.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος των καρπών.....	78
Διάγραμμα 4.3.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ύψος φυτού.....	80
Διάγραμμα 4.3.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό γονίμων αδελφιών.....	82
Διάγραμμα 4.3.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος της κύριας ταξιανθίας.....	84
Διάγραμμα 4.3.4 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας.....	85
Διάγραμμα 4.3.5 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας.....	87
Διάγραμμα 4.3.6 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας.....	89
Διάγραμμα 4.3.7 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας.....	90
Διάγραμμα 4.3.8 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας... ..	92
Διάγραμμα 4.3.9 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας.....	94
Διάγραμμα 4.3.10 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας.....	95
Διάγραμμα 4.3.11 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας.....	96

Διάγραμμα 4.5.1 Συσχέτιση της Απόδοσης με το δείκτη LAD, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού.....	100
Διάγραμμα 4.5.2 Συσχέτιση Απόδοσης με τον Αριθμό των ταξιανθιών, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού... ..	101
Διάγραμμα 4.5.3 Συσχέτιση Απόδοσης με το Ξηρό βάρος των ταξιανθιών, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού... ..	102

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.2 Σχηματική απεικόνιση των κύριων λειτουργιών των εκχυλισμάτων φυκών.....	18
Εικόνα 1.1.3.1.1 Μοριακή δομή IAA.....	24
Εικόνα 1.1.3.1.2 Εφαρμογή εξωγενούς GA, στον αραβόσιτο και η χημική δομή GA ₃	25
Εικόνα 1.1.3.3 Μοριακή δομή αιθυλενίου	27
Εικόνα 1.1.3.4 Η οδός βιοσύνθεσης του αιθυλενίου και ο κύκλος του Yang	27
Εικόνα 1.2.2 Κλίμακα Zadoks.....	40
Εικόνα 3.2 Πειραματικός αγρός εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α.....	49
Εικόνα 3.3 Εφαρμογή ΒΠΑ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης) και ΒΠΚ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Κυτοκίνης), στο στάδιο ξεσταχυάσματος (booting scale, Zadoks scale 38 – 41), κατά την επιφανειακή λίπανση.....	52
Εικόνα 3.4 Παρουσία ζιζανίων στον πειραματικό αγρό, 67 ημέρες μετά από τη σπορά	54
Εικόνα 3.5 Λήξη της συγκομιδής της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού στις 25/6/2018.....	55

Συντομογραφίες

BAA	Βιοδιεγέρτης αναστολής αιθυλενίου
BΠΑ	Βιοδιεγέρτης προώθησης αυξίνης και γιββερελλίνης
BΠΚ	Βιοδιεγέρτης προώθησης κυτοκίνης

Εισαγωγή

Σύμφωνα με επίσημα δεδομένα του FAO, μέχρι το 2050, ο παγκόσμιος πληθυσμός θα ξεπεράσει τα 9,1 δισεκατομμύρια, σημειώνοντας αύξηση της τάξης του 34% σε σχέση με σήμερα. Παράλληλα, η αστικοποίηση θα συνεχιστεί με ταχείς ρυθμούς και σύμφωνα με υπολογισμούς, το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού θα βρίσκεται σε αστικές περιοχές (έναντι 49% σήμερα). Προκειμένου αυτός ο υψηλότερος και πιο αστικοποιημένος πληθυσμός να καλύψει τις επισιτιστικές του ανάγκες, θα πρέπει η συνολική παραγωγή τροφίμων να αυξηθεί κατά 70%, η ετήσια παραγωγή σιτηρών κατά 42% και η ετήσια ζωική παραγωγή κατά 135%.

Ακολούθως, υπάρχει μια όλο και πιο ισχυρή άποψη ότι η βελτίωση της γεωργικής βιωσιμότητας, θα εξαρτηθεί μελλοντικά από τη βελτιστοποίηση της φυτικής παραγωγής, την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της καλλιεργήσιμης γης καθώς και την περιβαλλοντική διατήρηση. Υπολογίζεται μάλιστα ότι το 80% των παραγωγικών απαιτήσεων, θα προέρχονται από την αύξηση των αποδόσεων και την ένταση της καλλιέργειας και ότι μόνο το 20% θα προέρχεται από την επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Σε έκθεσή του, ο FAO αναφέρει ότι «οι διαθέσιμοι χώροι για τη γεωργία είναι όλο και πιο περιορισμένοι».

Ως εκ τούτου επενδύσεις, πάνω στον τομέα της βελτίωσης της παραγωγικότητας, καθίστανται αναγκαίες, προκειμένου η γεωργική παραγωγή να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις του μέλλοντος. Αυτή η «βιώσιμη εντατικοποίηση» εξαρτάται από την αποτελεσματικότερη χρήση των γεωργικών εισροών, η οποία μπορεί να ενισχυθεί με την αξιοποίηση της τεχνολογίας των βιοδιεγερτών.

Οι βιοδιεγέρτες, θεωρούνται ως μία από τις πρώτες γεωργικές εισροές που έχει χρησιμοποιήσει η ανθρωπότητα, στη γεωργία. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, διεξάγονται όλο και περισσότερες έρευνες, με στόχο την καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι βιοδιεγέρτες μπορούν να βελτιώσουν τις αποδόσεις και την ποιότητα των καλλιεργειών, σε ένα ευρύ φάσμα καλλιεργητικών συνθηκών. Η κατάσταση όμως, του κανονιστικού πλαισίου των βιοδιεγερτών στην Ε.Ε, είναι εξαιρετικά σύνθετη σήμερα. Επιπλέον, η διεθνής αγορά θεωρεί τους βιοδιεγέρτες, ως μία τεχνολογία «*nice to have*», αντί για μια τεχνολογία «*αναγκαιότητας*». Συνεπώς, καθυστερεί να διαπιστώσει, τόσο τα βραχυπρόθεσμα όσο και τα μακροπρόθεσμα οφέλη για τους παραγωγούς.

Σκοπός της εν λόγω μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης ορισμένων βιοδιεγερτών, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum ssp. durum*). Επιπλέον αντικείμενο αυτής, είναι η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων του πειράματος (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) καθώς και η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Κεφάλαιο 1

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Οι βιοδιεγέρτες ως καινοτομία στη γεωργία

Οι βιοδιεγέρτες (*biostimulants*) είναι χημικές ουσίες και μικροοργανισμοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στη γεωργική πρακτική, για την ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών. Οι βιοδιεγέρτες δεν είναι καθαρά θρεπτικά συστατικά. Αντιθέτως, διευκολύνουν την πρόσληψη αυτών ή συμβάλλουν ευνοϊκά στην προώθηση της φυτικής ανάπτυξης ή στην μείωση αβιοτικού και βιοτικού *stress*. Επίσης, διατίθενται σε μια ποικιλία συνθέσεων και με ποικίλα συστατικά (Calvo et. al., 2014). Με τη συνολική ακαθάριστη πρόσδοσή τους να αυξάνεται ετησίως με σταθερό ρυθμό κατά 12%, φαίνεται να αναπτύσσεται μία νέα και πολλά υποσχόμενη αγορά. Η EBIC (2012) αναφέρει, ότι μέχρι το 2020, η συνολική ακαθάριστη πρόσδοδος των βιοδιεγερτών θα έχει φθάσει τα 2.200.000 δολάρια, καθώς και ότι, πάνω από 8 εκατομμύρια εκτάρια θα αντιμετωπίζονται με βιοδιεγέρτες στην Ευρώπη (European Biostimulants Industry Council 2012).

1.1.1 Ορισμός και κατηγοριοποίηση

Η διατύπωση του όρου «*biostimulants*» έγινε για πρώτη φορά το 1997, από τους Zhang και Schmidt σε δημοσίευση επιστημονικού άρθρου τους, σχετικό με εισροές συντήρησης χλοοτάπητα. Σε αυτό το άρθρο, οι βιοδιεγέρτες, χαρακτηρίστηκαν ως «*υλικά τα οποία σε ελάχιστες ποσότητες προάγουν την ανάπτυξη των φυτών*». Σε επόμενη δημοσίευσή τους, οι Zhang και Schmidt, εστιάζοντας στις επιδράσεις αυτών των ουσιών στο φυτικό ορμονικό σύστημα, χρησιμοποίησαν τον όρο «*προϊόντα που περιέχουν ορμόνες*». Βέβαια, η συγκεκριμένη επιλογή ήταν εναρμονισμένη με τον σχετικό κανονισμό των Η.Π.Α, εκείνης της περιόδου. Ο όρος «*μεταβολικοί ενισχυτές*», χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους ίδιους, σε μεταγενέστερες δημοσιεύσεις τους (du Jardin et. al., 2015).

Στην επιστημονική βιβλιογραφία, ο όρος «βιοδιεγέρτης» καθορίστηκε αρχικά από τους Kauffman et al. (2007) ως εξής:

«Οι βιοδιεγέρτες είναι υλικά, διαφορετικά των λιπασμάτων, τα οποία προάγουν την ανάπτυξη των φυτών, όταν εφαρμόζονται σε μικρές ποσότητες».

Η βιομηχανία θεωρείται βασικός παράγοντας στην διαμόρφωση του ορισμού και στην εμπορική προώθηση των βιοδιεγερτών. Οι επιχειρήσεις του κλάδου δημιούργησαν ενώσεις, όπως το «Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Βιομηχανικών Βιοδιεγερτών» (EBIC), στην Ευρώπη και το «Συμβούλιο Βιοδιεγερτών» στις Η.Π.Α. Ο επιχειρηματικός τομέας ακολούθως, έχει επίσης υποστηρίξει τη διοργάνωση διεθνών συνεδρίων. Το «Πρώτο Παγκόσμιο Συνέδριο για τη χρήση των βιοδιεγερτών στη γεωργική πρακτική» έλαβε χώρα στο Στρασβούργο τον Νοέμβριο του 2012, ημερομηνία ορόσημο για την αποδοχή των βιοδιεγερτών στον ακαδημαϊκό χώρο (du Jardin et. al., 2015).

Έτσι, στην Ευρώπη, η EBIC (2012) ορίζει τους βιοδιεγέρτες ως εξής:

«Οι βιοδιεγέρτες περιλαμβάνουν ουσίες ή / και μικροοργανισμούς των οποίων η λειτουργία κατά την εφαρμογή τους στα φυτά ή τη ριζόσφαιρα είναι να διεγείρουν φυσικές διεργασίες για την ενίσχυση / ωφέλεια της πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων, της συνολικής απόδοσης, της αντοχής στο αβιοτικό στρες και της βελτίωσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών. Οι βιοδιεγέρτες δεν έχουν άμεση δράση κατά των ασθενειών και εχθρών και επομένως δεν εμπίπτουν στο κανονιστικό πλαίσιο των φυτοφαρμάκων» (Calvo et. al., 2014).

Στη συνέχεια, η EBIC (2012) επεξεργάστηκε τον τρόπο δράσης των βιοδιεγερτών στους φυτικούς οργανισμούς με τον εξής τρόπο:

«Οι βιοδιεγέρτες προωθούν την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών καθ 'όλη τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου ζωής τους, από τη βλάστηση των σπόρων έως την ωρίμανση με αποδεδειγμένους τρόπους, στους οποίους περιλαμβάνονται:

- *Βελτίωση αποδοτικότητας του φυτικού μεταβολισμού, γεγονός το οποίο συνεπάγεται αυξημένες αποδόσεις και ενισχυμένη ποιότητα.*
- *Ενίσχυση αντοχής των φυτών ή ανάκαμψη από αβιοτικές καταπονήσεις.*
- *Διευκόλυνση της αφομοίωσης και χρήσης θρεπτικών συστατικών.*
- *Βελτίωση ποιοτικών χαρακτηριστικών.*
- *Αποδοτικότερη χρήση νερού.*
- *Ενίσχυση ορισμένων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του εδάφους.*
- *Ενίσχυση εδαφικής μικροβιακής δραστηριότητας».*

Τέλος, η EBIC (2012), επισημαίνει:

«Οι βιοδιεγέρτες λειτουργούν με διαφορετικούς μηχανισμούς από τα λιπάσματα, ανεξάρτητα από την παρουσία θρεπτικών συστατικών εντός τους».

Στις Η.Π.Α το «Συμβούλιο Βιοδιεγερτών», ορίζει τους βιοδιεγέρτες ως:

«Ουσίες, συμπεριλαμβανομένων των μικροοργανισμών, οι οποίες εφαρμόζονται σε φυτικούς οργανισμούς, πολλαπλασιαστικό υλικό, έδαφος ή σε άλλα σημεία της καλλιέργειας, ενισχύοντας την ικανότητα αφομοίωσης θρεπτικών στοιχείων, βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους ή γενικώς παρέχοντας όφελος στην ανάπτυξη των φυτών. Οι βιοδιεγέρτες δεν είναι λιπάσματα.» (Calvo et. al., 2014).

Ο όρος «*biostimulant*» χρησιμοποιήθηκε ολόένα και περισσότερο τα επόμενα χρόνια, σε ακαδημαϊκό περιβάλλον, διευρύνοντας μάλιστα το φάσμα κατηγοριοποίησής τους. (Calvo et al., 2014, du Jardin, 2012, Halpern et al., 2015). Ο ορισμός και η έννοια των βιοδιεγερτών εξακολουθεί να εξελίσσεται, μέχρι και σήμερα, (Calvo et. al., 2014).

Στην παρούσα έρευνα θα χρησιμοποιηθεί ο ευρύτερος ορισμός που προτείνεται από τον Du Jardin (2012):

«Ένας βιοδιεγέρτης φυτών είναι οποιαδήποτε ουσία ή μικροοργανισμός, που εφαρμόζεται στους φυτικούς οργανισμούς, με στόχο την ενίσχυση της θρεπτικής αποτελεσματικότητάς τους, της αντοχής τους στο stress και στην βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους, ανεξάρτητα από την σύνθεση των συστατικών του».

Ο παραπάνω ορισμός θα μπορούσε επιπλέον να συμπληρωθεί με τα εξής:

1. Η φύση ενός βιοδιεγέρτη δεν είναι περιοριστική. Δηλαδή μπορεί να είναι ή μία ουσία ή ένας μικροοργανισμός. Κατ' επέκταση, μία ουσία μπορεί να είναι είτε μια χημική ένωση, είτε μια ομάδα χημικών ενώσεων, αλλά όχι απαραίτητα μια πλήρως χαρακτηρισμένη σύνθεση συστατικών.
2. Το γεωργικό αποτέλεσμα αποτελεί τον πυρήνα του ορισμού. Ένας βιοδιεγέρτης δεν διακρίνεται βάσει των συστατικών του, αλλά εκ του αποτελέσματός του. Οι βιοδιεγέρτες δεν είναι λιπάσματα, δεδομένου ότι δεν περιέχουν θρεπτικά συστατικά που προορίζονται για το φυτό. Εν τούτοις, μπορούν να διευκολύνουν την απόκτησή τους, π.χ. με κινητοποίηση θρεπτικών στοιχείων στη ριζόσφαιρα και με την ανάπτυξη νέων οδών απόκτησης θρεπτικών συστατικών (Du Jardin 2012).

Οι βιοδιεγέρτες διατίθενται σε μια ποικιλία συνθέσεων και με ποικίλα συστατικά. Με κριτήριο την προέλευση και το περιεχόμενό τους, ο Du Jardin επιχείρησε μία πρώτη προσπάθεια κατηγοριοποίησής τους, το 2012. Στις κατηγορίες αυτές περιλήφθηκαν:

- Τα χουμικά οξέα (HS).
- Τα προϊόντα που περιέχουν ορμόνες (HCP).
- Τα προϊόντα που περιέχουν αμινοξέα (AACP).

Τα HCP, όπως τα εκχυλίσματα φυκών (*SeaWeed Extracts*), περιέχουν αναγνωρίσιμες ποσότητες δραστικών ουσιών ανάπτυξης, όπως αυξίνες (IAA), κυτοκινίνες (CK_s) γιββερελλίνες (GA_s) ή παράγωγά τους (du Jardin et. al., 2015). Να σημειωθεί ότι, *σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω έρευνα.*

Μετά το πρώτο διεθνές συνέδριο βιοδιεγερτών (2012), αρκετοί ερευνητές μαζί με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς (Calvo et al., 2014, du Jardin, 2012 Halpern et al., 2015, Przybysz et al., 2014) επέκτειναν την ταξινόμηση των βιοδιεγερτών σε επιπλέον κατηγορίες, αναγνωρίζοντας νέες βιοδιεγερτικές ουσίες και μικροοργανισμούς:

- Χουμικές ουσίες (χουμίνες, χουμικά και φουλβικά οξέα).
- Πολύπλοκα οργανικά υλικά.
- Άλατα.
- Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα.
- Εκχυλίσματα φυκών.
- Χιτοζάνη και άλλα βιοπολυμερή.
- Ουσίες που περιέχουν N.
- Εμβόλια μικροοργανισμών (μύκητες, βακτήρια).
- Γλυκίνες / Βεταίνες.
- Συνθετικές φαινολικές ενώσεις.
- Στοιχεία (Al, Co, Na, Se και Si).

Η εφαρμογή βιοδιεγερτών στη γεωργική πράξη, επηρεάζει μια σειρά από φυσιολογικές διεργασίες, όπως η αποτελεσματικότερη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, η ενίσχυση της μικροβιακής δραστηριότητας, η βελτίωση της απόκρισης των φυτών σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος αλλά και η ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων (*Πίνακας 1.1.1*) (Du Jarbin, 2015, Halpern et al., 2015).

Πίνακας 1.1.1. Οι επιδράσεις των βιοδιεγερτών σε φυσιολογικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά και τα αναμενόμενα οικονομικά – περιβαλλοντικά οφέλη (du Jarbin, 2015).

	Χουμικά οξέα	Εκχυλίσματα φυκών	Προϊόντα υδρόλυσης πρωτεϊνών και αμινοξέα	Γλυκίνες / Βεταΐνες	Μικροοργανισμοί (Ριζοβακτήρια)
Επίδραση σε κυτταρικό επίπεδο	Ενεργοποίηση ΑΤΡασών άντλησης πρωτονίων στην πλασματική μεμβράνη, επάγοντας την κυτταρική μεγέθυνση ριζικών κυττάρων (<i>Zea mays</i>) (Jindo et. al., 2012)	<i>Ascophyllum nodosum</i> προάγει την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων συμβάλλοντας στην αφομοίωση ιχνοστοιχείων (<i>Brassica napus</i>) (Billard et. al., 2014)	Το ενζυματικό υδρόλυμα πρωτεϊνών από <i>Medicago sativa</i> διεγείρει το ένζυμο PAL, την έκφραση γονιδίων και την παραγωγή φλαβονοειδών υπό συνθήκες <i>stress</i> αλατότητας (Ertani et. al., 2013)	Προστασία φωτοσυστήματος II, από την επίδραση αλατότητας στην κινάα. (Shabala et. al., 2012)	Ενεργοποίηση φυτικών ορμονών - αυξινών από το <i>Azospirillum brasilense</i> . Επίδραση στο μήκος της ρίζας του <i>Triticum Aestivum</i> (Dobbelaere et. al., 1999)
Επίδραση σε φυσιολογικές δραστηριότητες	Αυξημένη ριζική ανάπτυξη	Αύξηση συγκεντρώσεων ιχνοστοιχείων στους ιστούς	Προστασία φλαβονοειδών έναντι ακτινοβολίας UV και οξειδωτικών διεργασιών	Μείωση γήρανσης των φύλλων και αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε συνθήκες αυξημένης αλατότητας	Αύξηση ριζικών τριχιδίων και ριζικής πλευρικής πυκνότητας
Αποτελέσματα στη γεωργική πράξη	Βελτίωση αποτελεσματικότητας θρεπτικών ουσιών	Βελτιωμένη σύνθεση ιχνοστοιχείων στους φυτικούς ιστούς	Αυξημένη ανθεκτικότητα κάτω από συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Αύξηση ανθεκτικότητας κάτω από συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Βελτίωση αποτελεσματικότητας θρεπτικών ουσιών
Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη	Αύξηση απόδοσης καλλιέργειας, μείωση εισροών και απωλειών στο περιβάλλον	Ενισχυμένη θρεπτική αξία φυτικών ιστών (αυξημένη περιεκτικότητα σε S, Fe, Zn, Mg, Cu)	Υψηλότερη απόδοση κάτω από συνθήκες αβιοτικού <i>stress</i>	Αύξηση της καλλιεργητικής απόδοσης σε συνθήκες αβιοτικών καταπονήσεων	Υψηλότερη απόδοση, μείωση εισροών και απωλειών στο περιβάλλον

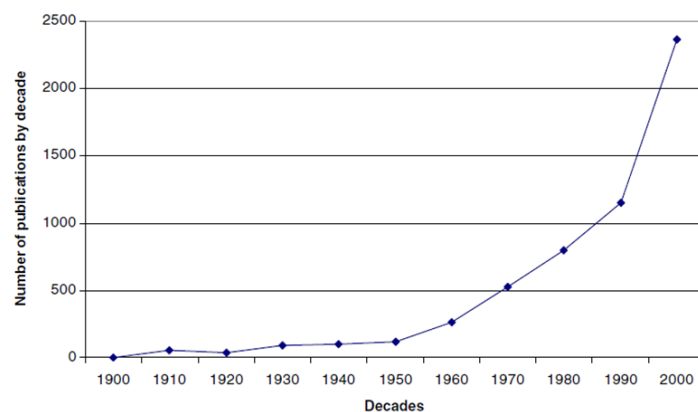
1.1.2 Τα εκχυλίσματα φυκών ως βιοδιεγέρτες

Στην εν λόγω έρευνα, ως πρώτη ύλη για την παρασκευή μίας ομάδας βιοδιεγερτών, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί συνδυασμοί εκχυλίσματος φυκών (*SeaWeed Extracts*).

Τα θαλάσσια φύκη χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα για γεωργική χρήση, προς βελτίωση της εδαφικής γονιμότητας και παραγωγικότητας. (Khan et al., 2009). Υπάρχουν ενδείξεις για τη χρήση θαλάσσιων φυκών στην αρχαία Ιαπωνία, βάσει της θεάς της τροφής «Ukimochi», για την εφαρμογή τους στη γεωργική πράξη στη Ρωμαϊκή αυτοκρατορία και σε πολλούς άλλους αρχαίους πολιτισμούς για χρήση στην ιατρική, στη φαρμακολογία και υφαντουργία (Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009). Έχει εκτιμηθεί ότι υπάρχουν πάνω 8.000 είδη, τα οποία ταξινομούνται σε διάφορες ομάδες. Η γενικού τύπου κατηγοριοποίηση γίνεται, με βάση το χρωματισμό τους σε τρεις κύριες ομάδες:

1. Καστανά (*Phaeophyta*)
2. Κόκκινα (*Rhodophyta*)
3. Πράσινα (*Chlorophyta*)

Τα καστανά φύκη είναι η δεύτερη πιο άφθονη ομάδα, αποτελούμενη από περίπου 2.000 είδη, με το *Ascophyllum nodosum* L. να είναι το πιο μελετημένο και σύνθετο στη γεωργική πράξη (Kaluzewicz et. al., 2017). Έχουν περάσει πλέον 60 χρόνια, από τότε που το πρώτο σκευάσμα εκχυλισμάτων φυκών (*SWE*) κυκλοφόρησε στην αγορά με την ονομασία «*Maxicrop*» (Halpern et. al., 2013). Επί του παρόντος, υπάρχουν πάνω από 47 επιχειρήσεις παραγωγής και εμπορίας σκευασμάτων. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, παρατηρούμε τον ρυθμό εξέλιξης τους, σε ακαδημαϊκό περιβάλλον, βάσει του αριθμού των δημοσιεύσεων ανά δεκαετία.



Διάγραμμα 1.1.2. Αριθμός δημοσιεύσεων σχετικά με τη χρήση εκχυλισμάτων φυκών ανά δεκαετία για το χρονικό διάστημα 1900 – 2000 (Craigie et. al., 2010)

Τα φύκη συλλέγονται είτε με χειρωνακτικό (με ειδικά εργαλεία), είτε με μηχανικό τρόπο. Το νομοθετικό πλαίσιο που αφορά τη συλλογή, διαφέρει μεταξύ κρατών. Για παράδειγμα, κράτη όπως οι Η.Π.Α, η Νορβηγία, η Γαλλία και ο Καναδάς επιτρέπουν τη μηχανική συλλογή, εν αντιθέσει με το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιρλανδία. Ειδικού τύπου άδειες συλλογής χορηγούνται στη Νορβηγία και στη Γαλλία (Shekhar Sharma et al., 2014).

Ο χαρακτηρισμός της σύστασης των πιο κοινών εμπορικών σκευασμάτων, βασισμένων σε εκχυλίσματα φυκών (*SWE*), θα ήταν ένα χρήσιμο πρώτο βήμα για την καλύτερη απεικόνιση μιας σχέσης αιτίου / αποτελέσματος, σχετικά με τον μηχανισμό δράσης τους. Παράλληλα, η σύνθεση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την μέθοδο εκχύλισης. Αυτό συμβαίνει γιατί, χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές εκχύλισης, απομονώνονται διαφορετικές ενώσεις, με διαφορετικό μηχανισμό δράσης (Michalak et. al., 2016). Η εκχύλιση μέσω χρήσης υπερκρίσιμων ρευστών (*SFE*), η κονιοποίηση και οι απλές εκχυλίσεις είναι μερικές από τις συνηθέστερες μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Οι παραπάνω μέθοδοι μπορούν να βελτιωθούν με χρήση διεργασιών προ - επεξεργασίας βιομάζας, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας εκχύλισης (Michalak et. al., 2016). Εκτός από την πηγή και την επιλογή της διαδικασίας εκχύλισης, σημαντική παράμετρος για τον καθορισμό του μείγματος των συστατικών, είναι η εποχή συλλογής, η θερμοκρασία και το είδος του φύκου.

Σύμφωνα με τον du Jarbin, (2015), τα συνηθέστερα εμπορικά εκχυλίσματα προέρχονται κυρίως από τα καστανά φύκη:

- *Ascophyllum nodosum*.
- *Durvillaea potatorum*.
- *Laminarias spp.*
- *Ecklonia maxima*.
- *Sargassum spp.*

Οι Milton (1962) και Craigie (2011) επισημαίνουν ότι, η τελική δραστική ουσία προκύπτει είτε ως στερεά είτε ως υγρή κατάσταση και μπορεί να εφαρμοστεί είτε στη ριζόσφαιρα, είτε στο φύλλωμα των φυτών. Επίσης, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στο χρόνο και την εποχή εφαρμογής της, προκειμένου να μην υπάρξει πρόβλημα με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, λόγω πιθανής αξιοποίησής τους από τους εδαφικούς μικροοργανισμούς. Μπορεί επίσης να συνδυαστεί με φυτικά λιπάσματα, κάθε τύπου.

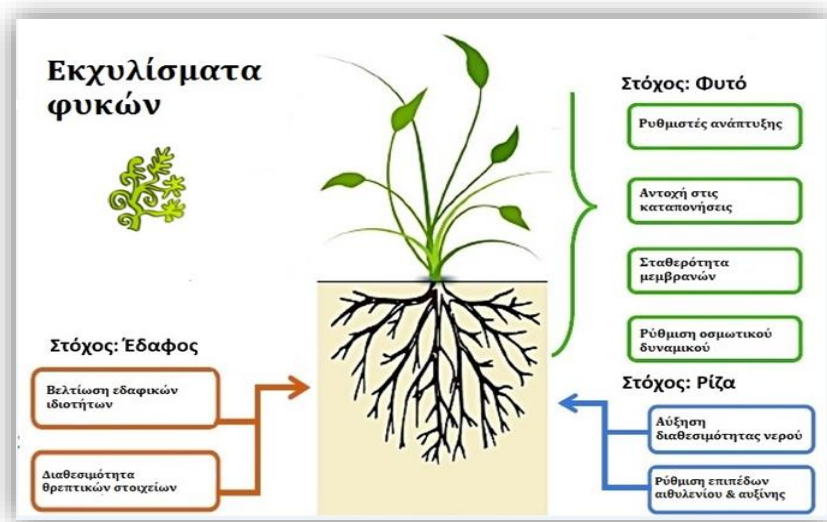
Σε κάθε περίπτωση, στόχος αυτών των σκευασμάτων δεν είναι η παροχή θρέψης στα φυτά αλλά η ενίσχυση του μεταβολισμού τους, η μείωση αβιοτικού ή βιοτικού *stress* κ.α. Σημειώνεται ότι, τα εκχυλίσματα είναι ενεργά ως βιοδιεγέρτες σε αρκετά χαμηλές συγκεντρώσεις (αραιωμένα σε αναλογία 1:1.000), υποδηλώνοντας ότι οι παρατηρούμενες επιδράσεις στη φυσιολογία του φυτού, είναι διαφορετικές από αυτές που σχετίζονται με την άμεση θρέψη (Halpern et. al., 2013).

Τα εκχυλίσματα φυκών (*SWE*), ενισχύοντας την αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών, τη μικροβιακή δραστηριότητα και συμβάλλοντας στην βελτίωση των εδαφικών συνθηκών (Milton, 1964 και Battacharyya et al., 2015), ευνοούν την βλαστικότητα και φυτρωτικότητα του σπόρου. Επίσης, ενισχύουν την ανάπτυξη των φυτών, την άνθηση, την καρπόδεση, τις αποδόσεις και την ποιότητα. Παράλληλα συμβάλλουν στην εξασφάλιση αντοχής, σε κάθε τύπου βιοτική και αβιοτική καταπόνηση. Σύμφωνα με τους Khal et. al, (2009), οι ευεργετικές ιδιότητες των συγκεκριμένων βιοδιεγερτών, προκύπτουν από τις μόνιμες συνθήκες έντονου βιοτικού και αβιοτικού *stress*, κάτω από τις οποίες αναπτύσσονται. Προκειμένου να προσαρμοστούν κατάλληλα σε αυτές τις συνθήκες, ανέπτυξαν ενώσεις, οι οποίες βοηθούν την ανάπτυξή τους, όπως οι φυτικές ορμόνες ανάπτυξης κ.α. Βέβαια, ο ακριβής προσδιορισμός των μηχανισμών δράσης των εκχυλισμάτων φυκών

καθίσταται δύσκολος, εξαιτίας της μεταβλητής και σύνθετης φύσης τους (Van Oosten et. al., 2017).

Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια με τη χρήση τεχνικών μοριακής βιολογίας, όπως η μεταβολομική και η γονιδιωματική, εκτιμήθηκε ότι οι παρατηρούμενες επιδράσεις των εκχυλισμάτων φυκών στους φυτικούς οργανισμούς, προκύπτουν από τη δράση ορισμένων οργανικών μορίων και πολυμερών, τα οποία ρυθμίζουν την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων επαγωγής της ανάπτυξης και αντοχής στο βιοτικό και αβιοτικό stress. Σύμφωνα με έρευνα των (Calvo et. al., 2014), φυτά στα οποία εφαρμόστηκαν εκχυλίσματα φυκών, παρουσίασαν:

1. Αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (έκφραση γονιδίων σχετιζόμενων με την διαδικασία της *Rubisco*).
2. Αυξημένη περιεκτικότητα σε άζωτο (*N*) και θείο (*S*).
3. Αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα (μείωση RO_s).
4. Ενισχυμένη σύνθεση αμύλου.



Εικόνα 1.1.2. Σχηματική απεικόνιση των κύριων λειτουργιών των εκχυλισμάτων φυκών (ΣΠΕΛ, 2019)

Η τρέχουσα αντίληψή μας για τον τρόπο με τον οποίο τα εκχυλίσματα φυκών επιδρούν στην μείωση αβιοτικού και βιοτικού stress, βασίζεται στην ανάλυση ενός περίπλοκου δικτύου μοριακών σημάτων, ενεργοποίησης βιοχημικών και φυσιολογικών διεργασιών οι οποίες εξειδικεύονται για κάθε είδος stress (Hirayama και Shinozaki, 2010). Σε κυτταρικό επίπεδο, επαγόμενες ενώσεις όπως η προλίνη, η γλυκίνη και η βεταΐνη, σταθεροποιούν τις πρωτεΐνες και τις δομές των κυττάρων, διατηρώντας σταθερό κυτταρικό υδατικό δυναμικό και απορροφώντας τις ελεύθερες μορφές οξυγόνου (RO_s) (Krasensky και Jonak 2012, dos Reis et. al, 2012).

Επίσης, αναλύσεις γονιδιακής έκφρασης φυτών του είδους *Spinacia oleracea L.*, στα οποία είχαν εφαρμοστεί βιοδιεγέρτες εκχυλίσματος φυκών (Van Oosten et. al., 2017), έδειξαν:

1. Αύξηση της περιεκτικότητας σε διαλυτές πρωτεΐνες.
2. Ενίσχυση της αντιοξειδωτικής ικανότητας (μείωση RO_s).

3. Αύξηση περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή και φαινολικές ενώσεις.

Αυτές οι επιδράσεις συσχετίστηκαν με την έκφραση γονιδίων κωδικοποίησης ορισμένων ενζύμων όπως η συνθετάση της κυτοσολικής γλουταμίνης (μεταβολισμός του αζώτου) και η αναγωγή της γλουταθειόνης (εξασφάλιση αντιοξειδωτικής ικανότητας).

Πρόσφατα από την ανάλυση της σύνθεσης πέντε ειδών καστανών φυκών από τη Βόρεια Ιρλανδία (Sharma et. al, 2012), εκτιμήθηκε η περιεκτικότητά τους τόσο σε ένα ευρύ φάσμα οργανικών και ανόργανων θρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένου και πολυσακχαριτών (λαμιναρίνη, αλγινικά άλατα και φουκοϋδάνη), πολυφαινολών (φαινολικά οξέα, λιγνίνες, φλαβονοειδή και ταννίνες) και φυτικών ορμονών Godlewska et. al., (2016). Επίσης, ο Milton (1962), απέδειξε ότι τα εκχυλίσματα φυκών παρουσιάζουν αυξημένη ικανότητα διατήρησης εμπλουτισμένων μιγμάτων ιχνοστοιχείων (Cu, Co, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo και B) σε διαλυτή μορφή, για γεωργικές εφαρμογές. Ταυτόχρονα, αναφέρονται ως «χηλικοί παράγοντες», ευνοϊκότερης αξιοποίησης των ανόργανων θρεπτικών συστατικών και βελτίωσης των εδαφικών συνθηκών (Milton 1964).

Μία άλλη ερμηνεία του τρόπου με τον οποίο τα εκχυλίσματα φυκών (SWE), συμβάλλουν στην μείωση του βιοτικού και αβιοτικού stress, βασίζεται στην ανταγωνιστική σχέση μεταξύ ορμονών ανάπτυξης και ορμονών γήρανσης. Δηλαδή, αυξημένη βιοσύνθεση κυτοκινίνης (CK) και αυξίνης (IAA), είναι πιθανό να δρουν ανταγωνιστικά στην εμφάνιση ορμονών stress (Calvo et. al., 2014).

Τα εκχυλίσματα φυκών περιέχουν μια ποικιλία φυτικών ορμονών συμπεριλαμβανοντας, κυτοκινίνες (CK_s), αυξίνες, αμπισιστικό οξύ (ABA), γιββερελλικό οξύ (GA_s) και σαλικυλικό οξύ. Οι ορμόνες αυτές προσδιορίστηκαν μοριακά, με μεθόδους όπως η υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC), η αέρια χρωματογραφία (GC) και η φασματομετρία μαζών (MS) (Stirk et. al., 2003). Η κάθε φυτική ορμόνη ταξινομείται ανά είδος καστανών φυκών σύμφωνα με τον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1.1.2.1 Ταξινόμηση φυτικών ορμονών (PGH) στα καστανά φύκη

Φυτικές ορμόνες	Καστανά φύκη
Αποκοπτικό οξύ (ABA)	<i>Ascophyllum, Laminaria</i>
Αυξίνες (IAA)	<i>Ascophyllum, Fucus, Laminaria, Macrocystis, Undaria</i>
Κυτοκινίνες (CK _s)	<i>Ascophyllum, Cystoseira, Ecklonia, Fucus, Macrocystis, Sargassum</i>
Γιββερελλίνες (GA _s)	<i>Cystoseira, Ecklonia, Fucus, Petalonia, Sargassum</i>

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τους Kaluzewicz et. al., (2017), εφαρμογή σκευασμάτων εκχυλίσματος φυκών, λειτούργησε ως αναστολέας αιθυλενίου, σε συνθήκες ξηρασίας, ύστερα από εφαρμογή τους στην περιοχή της ριζόσφαιρας. Η ερμηνεία του βασίστηκε στο ότι τα συγκεκριμένα σκευάσματα ισχυροποίησαν το ριζικό σύστημα, γεγονός το οποίο λειτούργησε ωφέλιμα σε συνθήκες ξηρασίας, δηλαδή αβιοτικής καταπόνησης. Παρομοίως, εκχυλίσματα φυκών που βασίζονται σε κυτοκινίνες, έχουν χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργεια *Agrostis stolonifera* L. για τη βελτίωση της αντοχής σε θερμική καταπόνηση.

Η μελέτη των Stamatiadis et. al., (2014), επικεντρώθηκε στην διεξαγωγή ενός πολυπαραγοντικού πειράματος, σχετικά με την επίδραση συγκεκριμένου βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος φυκών (*Ascophyllum nodosum* L.), στην ανάπτυξη, στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και στην απόδοση του σκληρού σιταριού (*Triticum durum* L.). Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της απόδοσης κατά 25%, των φυτών που είχαν δεχθεί εφαρμογή εκχυλίσματος φυκών *Ascophyllum nodosum*, σε σύγκριση με το μάρτυρα. Επίσης, ο συγκεκριμένος βιοδιεγέρτης, αύξησε την συγκέντρωση K^+ κατά 30% στους καρπούς.

Σε μια άλλη έρευνα οι Szczepanek et. al., (2016), διαπίστωσαν ότι η εφαρμογή βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος φυκών *Ecklonia maxima*, οδήγησε σε αύξηση των γόνιμων αδελφιών, του αριθμού των καρπών ανά ταξιανθία, της απόδοσης και της αφομίωσης αζώτου (N), καλίου (K) και φωσφόρου (P) στο σιτάρι (*Triticum aestivum* L.). Σε παρόμοια αποτελέσματα, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης του ριζικού συστήματος, κατέληξαν οι ίδιοι δύο χρόνια αργότερα (2018), ύστερα από την εφαρμογή του ίδιου βιοδιεγέρτη στην ίδια καλλιέργεια.

Εφαρμογή σκευάσματος βάσης *Ecklonia maxima*, μείωσε το ποσοστό πλαγιάσματος και αύξησε την απόδοση στο σιτάρι (*Triticum Aestivum*), σύμφωνα με τους Nelson, (1986). Σε μία άλλη καλλιέργεια (*Phaseolus acutifolius*), βιοδιεγέρτης με βάση το ίδιο εκχύλισμα φυκών (*Ecklonia maxima*), αύξησε την απόδοση δύο ποικιλιών καθώς και το ποσοστό ανθοκυακών στους καρπούς.

Επιπλέον, προσθήκη τριών ειδών εκχυλίσματος φυκών (*Spirulina platensis*, *Ascophyllum nodosum* και *Baltic macroalgae*) σε χειμερινό σιτάρι (*Triticum spp.*, var. *Akteur*) αύξησε τον αριθμό των ταξιανθιών ανά m^2 , συνιστώσα η οποία συνδέεται άμεσα με την αύξηση της τελικής απόδοσης (Michalak et al., 2016).

Μία σύντομη ανασκόπηση άλλων μελετών εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών εξίσου σε περιβάλλον πεδίου, δείχνει ότι η εφαρμογή τους αύξησε το ξηρό και νωπό βάρος ορισμένων καλλιεργειών (αραβόσιτος, ρύζι, κριθάρι κ.α), τα επίπεδα χλωροφύλλης στο φύλλωμα και βελτίωσε την ανθοφορία, την καρπόδεση και τις αποδόσεις. Προσέδωσε επίσης αντοχή στην καταπόνηση ξηρασίας στο αμπέλι (*Vitis Vinifera* L.) και αύξησε την περιεκτικότητα μακροθρεπτικών στοιχείων (K^+) στο φύλλωμά του. Επιπλέον, έχουν παρατηρηθεί αυξήσεις στον σχηματισμό του πλευρικού τμήματος της ρίζας, όπως και στον συνολικό όγκο του ριζικού συστήματος οι οποίες μάλιστα αποδίδονται στην παρουσία φυτικών ορμονών όπως οι αυξίνες (IAA) και οι κυτοκινίνες (CK_s) (Halpern et. al., 2013 αναφερόμενοι στους van Staden, 1994, Povolny, 1981, Blunden et.al., 1997, Crouch et. al., 1990, Eris et al., 1995, Mancuso, 2006 και Slavik, 2005). Τέλος, μελέτες εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών πάνω σε

καλλιεργούμενα φυτά, μαζί με τις αντίστοιχες πηγές παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 1.1.2.2 Επιδράσεις της εφαρμογής εκχυλισμάτων φυκών σε διάφορες καλλιέργειες (Battacharyya et. al., 2015)

Καλλιέργεια	Εκχύλισμα φυκών		Επιδράσεις	Reference
Λαχανοκομικά είδη				
Φασόλι	<i>A. nodosum</i>		Αύξηση βλάστησης.	Carvalho et. al., (2013)
Κουνουπίδι	<i>A. nodosum</i>		Αύξηση διαμέτρου ανθοκεφαλών και απόδοσης.	Abetz και Young (1983)
Αγγούρι	<i>E.intestinalis</i> , <i>G.pectinutum</i> , <i>Ecklonia maxima</i> , <i>A.nodosum</i>		Αύξηση απόδοσης, αριθμού καρπών και περιεκτικότητας σε Fe, Zn και Mn.	Nelson και Van (1984)
Μελιτζάνα	<i>A.nodosum</i> , <i>Hypnea musciformis</i> και <i>Gracilaria textorii</i>		Αύξηση βλάστησης και παραγωγής.	Abd El-Gawad και Osman (2014)
Μπάμια	<i>Rosenvigea intricate</i> , <i>Kappaphycus alvarezii</i>		Αύξηση χλωροφύλλης, καροτενοειδών και απόδοσης.	Thirumaran et. al., (2009)
Πιπεριά	<i>A.nodosum</i>		Αύξηση μήκους και διαμέτρου του καρπού. Ενίσχυση απόδοσης και επιπέδου χλωροφύλλης.	Eris et. al., (1995)
Τομάτα	<i>E.maxima</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>P.gymnospora</i> , <i>Hypnea musciformis</i> και <i>Gracilaria textorii</i>		Αυξημένη απορρόφηση Mn. Αυξημένη περιεκτικότητα σε Zn, Fe και χλωροφύλλη. Βελτιωμένη βλάστηση, ύψος και απόδοση.	Crouch et. al., (1990)

Δενδροκομικά είδη				
Μανταρινιά	<i>A. nodosum</i>		Αύξηση απόδοσης.	Fornes et. al., (2002)
Αμπέλι	<i>A. nodosum</i>		Ενίσχυση πρόσληψης Cu, K ⁺ και Ca ²⁺ . Αύξηση μεγέθους των ραγών. Αυξημένη απόδοση και ομοιόμορφη ωρίμανση.	
Ελιά	<i>A. nodosum</i>		Ενίσχυση απόδοσης και περιεκτικότητας ελαίου, λινολενικού και ελαϊκού οξέος. Επιτάχυνση ωρίμανσης και μείωση περιεκτικότητας στεατικού και λινολεϊκού οξέος.	Chouliaras et. al., (2009)
Πορτοκαλιά	<i>A. nodosum</i>		Αύξηση βάρους, ποιοτικών χαρακτηριστικών, συνολικών διαλυτών στερεών – σακχάρων.	Spann και Little, (2011) Kamel, (2014)
Φράουλα	<i>A. nodosum</i>		Αύξηση απόδοσης και συνολικής ανθοκυανίνης.	Spinelli et. al., (2010) Alam et. al., (2013)

1.1.3 Φυσιολογία φυτών και βιοδιεγέρτες

Οι νέες τεχνικές προκλήσεις αφορούν στη διαμόρφωση και στην ανάμειξη βιοδιεγερτών μαζί με θρεπτικά στοιχεία λίπανσης ή φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Οι βιοδιεγέρτες που μελετούνται στην παρούσα έρευνα, είναι ένα παράδειγμα μίξης τους με θρεπτικά στοιχεία λίπανσης. Όπως είδαμε παραπάνω, είναι στη φύση των βιοδιεγερτών να αποσκοπούν στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας χρήσης των θρεπτικών συστατικών. Η καινοτόμος σύνθεσή τους, καθίσταται ένα πολλά υποσχόμενο εγχείρημα για την ολοκληρωμένη θρέψη (du Jardin et. al., 2015).

Τι διακρίνει όμως τους βιοδιεγέρτες από τις παραδοσιακές εισροές καλλιέργειας;

- ✓ Οι βιοδιεγέρτες λειτουργούν με διαφορετικούς μηχανισμούς από τα λιπάσματα, ανεξάρτητα από την παρουσία θρεπτικών συστατικών σε αυτούς.
- ✓ Οι βιοδιεγέρτες διαφέρουν από τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα, επειδή επεμβαίνουν μόνο στην ισχύ των φυτών, χωρίς να έχουν άμεσες ενέργειες κατά ζωικών εχθρών και ασθενειών.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα, τον τρόπο με τον οποίο αυτοί λειτουργούν, θα πρέπει να τους εξετάσουμε εκ του αποτελέσματός τους, αντί να τους καθορίσουμε μόνο μέσα από τα συστατικά τους. Γιατί, οι βιοδιεγέρτες ορίζονται περισσότερο από αυτό που κάνουν, παρά από αυτό που είναι. *Έτσι, οι βιοδιεγέρτες που χρησιμοποιούνται στην εν λόγω έρευνα, και οι τρόποι με τους οποίους λειτουργούν και εφαρμόζονται, προσδιορίζονται κυρίως από την αλληλεπίδρασή τους με τη φυσιολογία φυτών.*

Οι ορμονικές επιδράσεις θεωρούνται ως οι μεγαλύτερες αιτίες της βιοδιεγερτικής δραστηριότητας στα καλλιεργούμενα φυτά (du Jardin et. al., 2015). Αν και φυτικές ορμόνες όπως κυτοκινίνες (CK_s), αυξίνες (IAA), αμπισιστικό οξύ (ABA), γιββερελλικό οξύ (GA_s), έχουν ταυτοποιηθεί στα εκχυλίσματα φυκών, (Battacharyya et. al., 2015 και Craigie, 2011), υπάρχουν ενδείξεις ότι οι ορμονικές επιδράσεις των εκχυλισμάτων του *Ascophyllum nodosum* εξηγούνται σε μεγάλο βαθμό από τον βαθμό έκφρασης γονιδίων βιοσύνθεσης ορμονών σε φυτικούς ιστούς και σε μικρότερο βαθμό από τα ορμονικά περιεχόμενα των ίδιων των εκχυλισμάτων φυκών (Wally et al., 2013). Σχετικά, έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνικές μοριακής γενετικής, (αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης, RT-qPCR), προκειμένου να καταλήξουμε σε αυτό το συμπέρασμα.

1.1.3.1 Φυτικό ορμονικό σύστημα

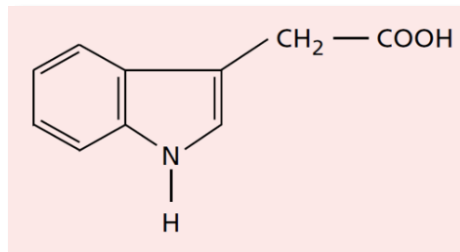
Στα ανώτερα φυτά, η αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ κυττάρων, ιστών και οργάνων είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική λειτουργία τους. Η επικοινωνία αυτή, επιτυγχάνεται μέσω χημικών σημάτων, τα οποία ρυθμίζουν και συντονίζουν τον μεταβολισμό, την αύξηση και την μορφογένεσή τους. Η σύλληψη αυτής της ιδέας, έγινε για πρώτη φορά μέσα στον 19^ο αιώνα, από τον Γερμανό βοτανικό Julius von Sachs (1832 – 1897). Ο συγκεκριμένος παρατήρησε ότι υπεύθυνοι για τον σχηματισμό και την αύξηση διαφόρων φυτικών οργάνων είναι κάποιοι χημικοί αγγελιοφόροι, μη γνωρίζοντας όμως την ακριβή ταυτότητά τους (Taiz και Zeiger, 2012).

Οι χημικοί αυτοί αγγελιοφόροι ονομάζονται φυτικές ορμόνες (Plant Hormones). Οι φυτικές ορμόνες παράγονται εντός ενός φυτικού κυττάρου και διαμορφώνουν τις

κυτταρικές διεργασίες σε ένα άλλο, αλληλοεπιδρώντας με συγκεκριμένου τύπου πρωτεΐνες. Παρόμοια με τις ορμόνες των ζωικών οργανισμών, οι φυτικές ορμόνες συντίθενται σε έναν ιστό και δρουν σε συγκεκριμένες θέσεις, στόχους ενός άλλου και μάλιστα σε απειροελάχιστες συγκεντρώσεις (Taiz και Zeiger, 2012). Η σύγχρονη έννοια των φυτικών ορμονών απαιτεί να θεωρούνται φυσικές οργανικές ουσίες που επηρεάζουν τις φυσιολογικές διεργασίες σε αρκετά χαμηλές συγκεντρώσεις, σε σχέση με τα θρεπτικά στοιχεία (Craigie et. al., 2010).

Οι έξι κύριες ομάδες των φυσικών φυτικών ορμονών περιλαμβάνουν τις ορμόνες: κυτοκίνινες (CK_s), αυξίνες (IAA), αμπισιστικό οξύ (ABA), γιββερελλίνες (GA_s), αιθυλένιο (ET) και βρασσινοστεροειδή.

Η πρώτη φυτική ορμόνη που μελετήθηκε στους φυτικούς οργανισμούς ήταν η **αυξίνη (auxin)**, από τον Frits Went (1926), σε μία προσπάθεια απομόνωσης μίας χημικής ουσίας, η οποία προκαλούσε αύξηση της κορυφής του κολεοπίλου της βρώμης (*Avena Sativa*). Σήμερα, έχει αποδειχθεί ότι η σηματοδότηση της αυξίνης λειτουργεί σε κάθε πτυχή της αύξησης και ανάπτυξης του φυτού. Η κύρια φυσική αυξίνη ταυτοποιήθηκε το 1930 ως 3-ινδολυλοξικό οξύ ή IAA (Taiz και Zeiger, 2012).



Εικόνα 1.1.3.1.1 Μοριακή δομή IAA, (Taiz και Zeiger, 2012)

Η βιοσύνθεση του IAA, επιτυγχάνεται πρωτίστως στα κορυφαία μεριστώματα και στα φύλλα των βλαστών και δευτερευόντως στα κορυφαία μεριστώματα των ριζών (Ljung et. al., 2001). Παρόλο που οι ρίζες συνθέτουν ένα ποσό της ορμόνης αυτής, παραμένουν εξαρτημένες από τους βλαστούς, για ένα μεγάλο μέρος της αυξίνης που χρειάζονται. Οι καρποί επίσης, περιέχουν υψηλά επίπεδα αυξίνης, αλλά δεν έχει εξακριβωθεί ακόμη, εάν η ορμόνη συντίθεται εκεί ή μεταφέρεται από τους ιστούς σύνθεσής της, κατά την διάρκεια ανάπτυξής τους. Το IAA θεωρείται η μοναδική φυτική ορμόνη η οποία κινείται κατά κανόνα βασιπεταλικά, πλευρικά και πολικά (Blakeslee et. al., 2005). Βασιπεταλικά από την κορυφή προς τη βάση του βλαστού, πλευρικά ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα και πολικά προς μόνο μία κατεύθυνση (Taiz και Zeiger, 2012). Αυτός ο τύπος μεταφοράς του IAA θεωρείται ως κύρια αιτία για την διαβάθμιση των συγκεντρώσεων της αυξίνης, από την κορυφή προς τη βάση του βλαστού.

Η κατευθυνόμενη διαβάθμιση αυτή εκτιμάται ότι επηρεάζει τις εξής διαδικασίες:

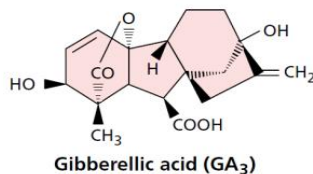
1. Εμβρυακή ανάπτυξη.
2. Επιμήκυνση του βλαστικού στελέχους.
3. Επούλωση των τραυματισμών.
4. Φωτοτροπισμός (phototropism).
5. Βαρυτροπισμός (gravitropism).
6. Θιγμοτροπισμός (thigmotropism).

Παρόλο που η σχέση της αυξίνης με την αύξηση οδήγησε στην ανακάλυψή της, η αυξίνη επηρεάζει όλα τα στάδια του βιολογικού κύκλου ενός φυτού, εξαιτίας της κατευθυνόμενης κίνησής της (Woodward et. al., 2005). Σύμφωνα με τους Kruchaki et. al., (1994), στα σιτηρά, η αυξίνη βρίσκεται στο μέγιστο επίπεδό της, κατά το στάδιο του γάλακτος. Οι αναπτυξιακές διαδικασίες που ρυθμίζονται από την ορμόνη αυτή είναι:

1. Κυριαρχία κορυφής. Έχει διαπιστωθεί πως το IAA, μπορεί να υποκαθιστά τον επάκριο οφθαλμό στη διατήρηση της αναστολής της ανάπτυξης των πλάγιων οφθαλμών. Αποκοπή της κορυφής του βλαστού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του περιεχομένου της αυξίνης στους πλευρικούς οφθαλμούς.
2. Ανάπτυξη ανθικών οφθαλμών και διάταξη του φυλλώματος. Η ανάπτυξη των ανθικών μεριστωμάτων εξαρτάται από την αυξίνη που μεταφέρεται σε αυτά.
3. Σχηματισμός πλαγίων και επιγενών ριζών, από την διέγερση υψηλότερων επιπέδων αυξίνης.
4. Καθυστερήση αποκοπής των φύλλων. Η αυξίνη που μεταφέρεται από το έλασμα του φύλλου παρεμποδίζει την αποκοπή.
5. Προώθηση ανάπτυξης των καρπών. Η αύξηση των καρπών εξαρτάται από την αυξίνη των αναπτυσσόμενων σπερμάτων.
6. Ενίσχυση αντιοξειδωτικού συστήματος ενζύμων καθιστώντας τα φυτά πιο ανθεκτικό σε συνθήκες αβιοτικής ή βιοτικής καταπόνηση (Zand et. al., 2009).

Επιπλέον, οι Brenner et. al., (1987), αναφέρουν ότι το 3-ινδολυλοξικό οξύ ή IAA είναι γνωστό ως αναστολέας του κλεισίματος των στοματίων στο φύλλωμα, ενεργοποιητής της ενζυμικής δραστηριότητας της Rubisco και της εξισορρόπησης φορτίου - βλάστησης.

Την δεκαετία του 1950 οι ερευνητές απομόνωσαν μία χημική ένωση από το εκχύλισμα ενός μύκητα (*Gibberella fujikuroi*), ο οποίος προσβάλλει την καλλιέργεια του ρυζιού (*Oryza sativa*), προκαλώντας υπερβολική αύξηση του ύψους των φυτών και αναστολή της παραγωγής σπερμάτων. Η χημική ένωση ονομάστηκε γιββερελλικό οξύ (GA_3) (Taiz και Zeiger, 2012). Το GA_3 είναι η κύρια υποκατηγορία μιας ευρύτερης ομάδας φυτικών ορμονών που ονομάζονται **γίββερελλίνες (GA_s)**.



Εικόνα 1.1.3.1.2 Αριστερά: Εφαρμογή εξωγενούς GA, στον αραβόσιπο

Δεξιά: Χημική δομή GA_3 (Taiz και Zeiger, 2012)

Παρόλο που οι GA αρχικά ταυτοποιήθηκαν ως η κύρια αιτία επιμήκυνσης των μεσογονάτιων διαστημάτων του ρυζιού, μπορούν να ελέγξουν έναν μεγάλο αριθμό αναπτυξιακών διεργασιών (Davies, 1995):

1. Βλάστηση σπερμάτων. Η αυξημένη αναλογία φυσικών ορμονών GA / ABA (αποκοπτικό οξύ), φαίνεται ότι είναι ο κύριος λόγος τερματισμού του ληθάργου, προωθώντας την έναρξη της βλάστησης.
2. Επιμήκυνση του βλαστού και της ρίζας.
3. Επαγωγή της άνθησης και καθορισμός του φύλου. Οι GA, μπορούν να υποκαταστήσουν την ανάγκη για συνθήκες μακράς ημέρας που απαιτούνται από πολλά είδη φυτών, προκειμένου να ανθίσουν.
4. Προώθηση της καρπόδεσης και της παρθενοκαρπίας. Εφαρμογή GA σε φυτά που δεν έχουν επικονιαστεί, οδηγεί σε εμφάνιση παρθενοκαρπικών καρπών.
5. Διέγερση κυτταρικής αύξησης και διαίρεσης.
6. Επαγωγή και ανάπτυξη καρπών.

Όπως και με τις αυξίνες, οι GA δρουν πάντα συνδυαστικά μαζί με άλλες φυτορμόνες, όπως είναι οι αυξίνες και οι κυτοκινίνες (Taiz και Zeiger, 2012).

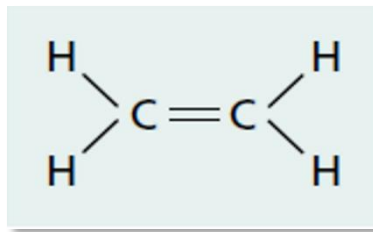
Το 1973 ο Letham, απομόνωσε ένα μόριο το οποίο ήταν υπεύθυνο για την επαγωγή της κυτταρικής διαίρεσης σε εχκυλίσματα ανώριμου ενδοσπερμίου αραβοσίτου. Η ουσία αυτή ταυτοποιήθηκε ως *trans* – ζεατίνη και ήταν η πρώτη φυσική κυτοκινίνη, που ανακαλύφθηκε. Οι **κυτοκινίνες (CKs)**, ορίζονται ως οι χημικές ενώσεις που παρουσιάζουν παρόμοιες βιολογικές δραστηριότητες με αυτές της *trans* – ζεατίνης. Μεταφέρονται τόσο μέσω του ηθμού όσο και μέσω του ξύλου. Οι κυτοκινίνες που συντίθενται στις ρίζες μεταφέρονται ακροπεταλικά, μέσω του ξυλώδους παρεγχύματος, προς το βλαστό. Έτσι, φαίνεται αρχικά ότι οι κυτοκινίνες δρουν μόνο ως σήματα μεγάλων αποστάσεων (Werner et. al., 2001). Όμως, μπορούν να αποτελέσουν και τοπικά ή παρακρινή σήματα, δρώντας τόσο στην άρση του ληθάργου των ακραίων οφθαλμών όσο και στην επαγωγή της εξόδου των φυτικών κυττάρων από την ρίζα (Taiz και Zeiger, 2012).

Οι κυτοκινίνες μεσολαβούν και σε πολλές άλλες φυσιολογικές και αναπτυξιακές διεργασίες μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται:

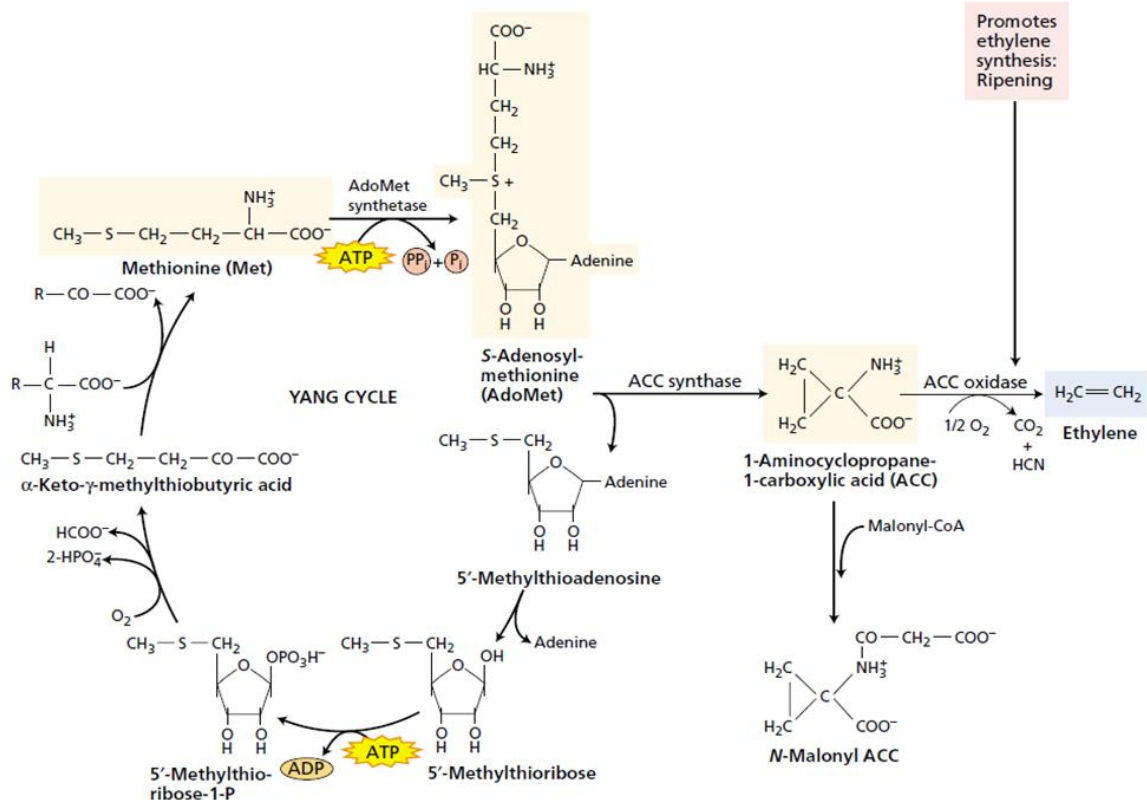
1. Αύξηση του βλαστού. Αυξημένο επίπεδο κυτοκινινών προωθεί την κυτταρική διαίρεση στο ακραίο μερίστωμα του βλαστού. Υπερβολικά όμως αυξημένο επίπεδο, ενδέχεται να επιφέρει υπέρ – πολλαπλασιασμό των κυττάρων με ανεπιθύμητες συνέπειες (σύμπτυξη βλαστών) για την παραγωγή.
2. Προώθηση της κυτταρικής διαφοροποίησης στο ριζικό σύστημα. Οι κυτοκινίνες επιταχύνουν την διαδικασία διαφοροποίησης των αγγείων στο ακρόρριζο και αλληλεπιδρούν με τις αυξίνες οι οποίες στην προκειμένη περίπτωση λαμβάνουν την ιδιότητα της επαγωγής της κυτταρικής διαίρεσης και αύξησης του ριζικού συστήματος.
3. Καθυστερήση γήρανσης του φυλλώματος. Κυτοκινίνες που εμπλέκονται στην επιβράδυνση της γήρανσης, είναι *trans* – ζεατίνες, οι οποίες μεταφέρονται ακροπεταλικά μέσω του ξύλου. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να παραταθεί η φωτοσυνθετική παραγωγικότητα των φύλλων και η αύξηση της παραγωγής.
4. Προώθηση κίνησης θρεπτικών συστατικών. Η κυτοκινίνη προκαλεί κινητοποίηση των θρεπτικών στοιχείων, δημιουργώντας μία νέα σχέση πηγής

- αποδέκτη (source – sink). Τα θρεπτικά συστατικά μεταφέρονται από μία πηγή αποθήκευσης (source), σε μία πηγή χρήσης (καρποί – αποδέκτης, sink).
5. Ρύθμιση ανάπτυξης αγγείων.

Το 1934 ταυτοποιήθηκε με χημικές μεθόδους μία νέα ουσία, η οποία είχε δραστικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών και αποτελεί φυσικό προϊόν τους. Οι R. Gane et. al (1934), ονόμασαν αυτή την ουσία **αιθυλένιο (ethylene)** και την χαρακτήρισαν ως φυτική ορμόνη. Όμως, για 25 χρόνια το αιθυλένιο δεν υπολογιζόταν ως σημαντική ορμόνη, γιατί οι επιπτώσεις του είχαν αποδοθεί στην δράση της αυξίνης. Ωστόσο, με την εισαγωγή της αέριας χρωματογραφίας το 1959, αναγνωρίστηκε και πάλι η μεγάλη σπουδαιότητά του, ως ρυθμιστής ανάπτυξης των φυτών (Taiz και Zeiger, 2012). Το αιθυλένιο είναι μία απλή ολεφίνη ($M_r = 28$), είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και οξειδώνεται εύκολα (εικόνα 1.1.3.3). Παράγεται σχεδόν σε όλα τα μέρη ενός φυτού, αλλά ο βαθμός ανάπτυξής του εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.



Εικόνα 1.1.3.3 Μοριακή δομή αιθυλενίου (Taiz και Zeiger, 2012)



Εικόνα 1.1.3.4 Η οδός βιοσύνθεσης του αιθυλενίου και ο κύκλος του Yang (Taiz και Zeiger, 2012)

Η βιοσυνθετική διαδικασία του αιθυλενίου ερμηνεύεται βάσει του κύκλου του Yang (εικόνα 1.1.3.4). Αναλυτικότερα, ο πρόδρομος μεταβολίτης του αιθυλενίου είναι το αμινοξύ Μεθειονίνη (Met). Η ομάδα $\text{CH}_3 - \text{S}$ της μεθειονίνης ανακυκλώνεται μέσω του κύκλου του Yang, έτσι ώστε να διατηρείται σε συνεχόμενη σύνθεση. Η ACC συνθάση (ACC synthase, ACS), είναι το ένζυμο το οποίο καταλύει την μετατροπή της AdoMet σε ACC (McKeon et. al., 1995).

Εκείνο που έχει ιδιαίτερη σημασία, είναι ότι η κατάλυση της μετατροπής αυτής μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό βήμα στην βιοσύνθεση του αιθυλενίου, μέσω μεθόδων που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Τα επίπεδα της ACS, ελέγχονται από περιβαλλοντικούς και αναπτυξιακούς παράγοντες, όπως τραυματισμοί, ξηροθερμικές συνθήκες, πλημμύρισμα και αυξίνες (Chae et. al., 2005). Ο ενδιάμεσος πρόδρομος μεταβολίτης του αιθυλενίου είναι το ACC. Όταν αυτό εφαρμόζεται εξωτερικά, η παραγωγή του αιθυλενίου αυξάνεται σημαντικά, γεγονός το οποίο υποδεικνύει την άμεση σχέση τους. Η ACC οξειδάση (ACC oxidase), είναι το ένζυμο το οποίο καταλύει την μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο. Η δράση του συγκεκριμένου ενζύμου, μπορεί να αποτελέσει ένα επιπλέον παρεμποδιστικό βήμα στη βιοσύνθεση του αιθυλενίου, ιδιαίτερα σε ιστούς με ταχεία ανάπτυξη του όπως στους καρπούς.

Η επαγωγή της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου ρυθμίζεται από διάφορους παράγοντες. Μερικοί από αυτούς είναι το στάδιο ανάπτυξης, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, η ημερονύκτια διαβάθμιση καθώς και ο συνεργισμός με τις αυξίνες. Πιο συγκεκριμένα, καθώς ωριμάζουν οι καρποί, η ενζυμική δραστηριότητα τόσο της ACC οξειδάσης, όσο και της ACC συνθάσης αυξάνεται με αποτέλεσμα την αύξηση του ACC και του αιθυλενίου. Επίσης, σε συνθήκες αβιοτικής και βιοτικής καταπόνησης έχουμε παραγωγή αιθυλενίου μέσω της γνωστής βιοσυνθετικής οδού. Η παραγωγή αιθυλενίου φτάνει στο μέγιστο στο μέσο της ημέρας και στο ελάχιστο στο μέσο της νύχτας. Τέλος, οι συνεργιστικές αποκρίσεις μεταξύ αυξίνης και αιθυλενίου αποδίδονται στην ικανότητα του IAA να προωθεί την βιοσύνθεση του αιθυλενίου, μέσω της ενίσχυσης της ενεργότητας της ACS (Taiz και Zeiger, 2012).

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να αναστείλουμε την δράση του αιθυλενίου είτε μέσω παρεμπόδισης της βιοσύνθεσής του είτε μέσω ανταγωνισμού των επιδράσεων του (Ag^+ , CO_2). Αναστολείς της βιοσύνθεσης του αιθυλενίου είναι:

1. Αμινοαιθοξυ – βινυλογλικίνη (ami – noethoxy – vinylglycine, AVG). Η συγκεκριμένη ένωση παρεμποδίζει την κατάλυση της μετατροπής του AdoMet σε ACC.
2. Αμινοοξοξικό οξύ (ami – nooxyacetic acid, AOA). Όπως και η AVG, η παραπάνω ουσία παρεμποδίζει την κατάλυση της μετατροπής του AdoMet σε ACC.
3. α – αμινοϊσοβουτυρικό οξύ (AIBA). Το AIBA αναστέλλει την κατάλυση της ACC οξειδάσης (τελευταίο βήμα μετατροπής ACC σε αιθυλένιο).
4. Ιόντα κοβαλτίου (Co^{2+}). Παρόμοια με το AIBA, τα ιόντα κοβαλτίου παρεμποδίζουν την μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο. Όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, η εφαρμογή ιόντων κοβαλτίων (Co^{2+}), χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, προς μελέτη της συμβολής τους, στην ευνοϊκότερη διαχείριση συνθηκών αβιοτικής καταπόνησης κατά τη φυτρωτική φάση.

Το αιθυλένιο ελέγχει ένα μεγάλο εύρος φυσιολογικών και αναπτυξιακών δραστηριοτήτων (Abeles et. al., 1992). Μεταξύ των πιο σημαντικών περιλαμβάνονται:

- Προώθηση ωρίμανσης καρπών.
- Επιναστία φυλλώματος, ως αποτέλεσμα έκθεσης του φυτού σε καταπόνηση αλατότητας ή σε προσβολή από παθογόνα.
- Άρση ληθάργου σπερμάτων και οφθαλμών.
- Ενίσχυση γήρανσης φυλλώματος. Αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου συσχετίζεται θετικά με την απώλεια χλωροφύλλης και χρώματος.
- Συμβολή σε αμυντικές αποκρίσεις. Η παραγωγή του αιθυλενίου αυξάνεται ως απόκριση σε προσβολή από παθογόνο και ενεργοποιεί συγκεκριμένα γονίδια άμυνας.
- Δράση στη ζώνη αποκοπής φύλλων, καρπών και ανθέων. Το αιθυλένιο θεωρείται ο κύριος ρυθμιστής του φαινομένου της αποκοπής με την αυξίνη να δρα ως καταστολέας της επίδρασής του. Όμως, υπερβολικά επίπεδα αυξινών διεγείρουν, όπως προαναφέρθηκε, την παραγωγή αιθυλενίου, άρα και την διεργασία της αποκοπής (Reid et. al., 1995).

Βέβαια, η διαδικασία της αποκοπής έχει συνδεθεί περισσότερο με μία άλλη φυτική ορμόνη, η οποία ονομάζεται **αποκοπτικό οξύ** (Absicid Acid, ABA). Το ABA θεωρείται σήμερα μία ευρύτατα διαδεδομένη ορμόνη για τους φυτικούς οργανισμούς. Η παρουσία της έχει ανιχνευθεί σε όλα τα κύρια όργανα και τους ζωντανούς ιστούς (Taiz και Zeiger, 2012). Μεταφέρεται τόσο μέσω του ξυλώδους όσο και μέσου του ηθμώδους παρεγχύματος. Το ABA, επηρεάζει τις αναπτυξιακές και φυσιολογικές διαδικασίες των ανώτερων φυτών ως εξής:

1. Ρύθμιση ωρίμανσης σπερμάτων.
2. Παρεμπόδισμός πρόωρης φύτρωσης ανώριμων εμβρύων.
3. Ενίσχυση αποταμιευτικών ουσιών (πρωτεΐνες, λιπίδια κ.α) στα σπέρματα.
4. Εξασφάλιση ανοχής στην αποξήρανση (dessication tolerance) στα αναπτυσσόμενα σπέρματα.
5. Ρύθμιση ληθάργου σπερμάτων.
6. Προώθηση γήρανσης φύλλων.
7. Κλείσιμο στοματίων ως απόκριση σε υδατική καταπόνηση.

1.1.4 Από το εργαστήριο στο πεδίο

Οι μελέτες στο ερευνητικό αντικείμενο των βιοδιεγερτών στη γεωργική πρακτική (biostimulants in agriculture), απαιτούν προσεκτική ανάλυση και ερμηνεία, καθώς οποιοσδήποτε δεδομένος τύπος βιοδιεγέρτη μπορεί να μην είναι συγκεκριμένος ως προς το περιεχόμενό του και την προβλεπόμενη δράση του.

Σε πείραμα που διεξήχθη στο Ηνωμένο Βασίλειο το 2000, οι Locke et. al., (2000) μελέτησαν την επίδραση αναστολέων αιθυλενίου, ιόντων κοβαλτίου (Co^{2+}) και αμινοαιθοξυ – βινυλογλικίνης (AVG), στην βλαστικότητα των σπόρων του κριθαριού (*Hordeum Vulgare L.*) καθώς και σε χαρακτηριστικά ανάπτυξής του. Προς έκπληξή τους διαπίστωσαν, ότι η εφαρμογή των δύο αναστολέων, όχι μόνο δεν μείωσε το ποσοστό βλαστικότητας των σπόρων, αλλά ενίσχυσε το ριζικό σύστημα και ορισμένα χαρακτηριστικά της ανάπτυξης. Μάλιστα, η εφαρμογή ιόντων κοβαλτίου (Co^{2+}), αύξησε το μήκος της ρίζας κατά 113% και την ανάπτυξη των βλαστών κατά 160%, σε σχέση με το μάρτυρα. Το εύρημα αυτό συνάδει με αποτελέσματα ερευνών από τους Kerczynski et. al., (1985), στο βλήτο (*Amaranthus caudatus*) και από τους Petruzzelli et. al., (1995) στο μπιζέλι (*Pisum Sativum*). Παρόμοια αποτελέσματα είχαν και οι De Greef et. al., (1980) και Hoffman, (1982), όπου σε πειράματά τους, απέδειξαν ότι η εφαρμογή AVG και ιόντων Co^{2+} , σε σπόρους φιστικιάς (*Pistacia Vera*) και φασιολιών (*Phaseolus vulgaris*) ανέστειλε την παραγωγή αιθυλενίου χωρίς όμως να μειώσει το ποσοστό βλαστικότητας.

Σύμφωνα με τους Pandey et. al., (2000) και Wang et.al., (2015), η παραγωγή αιθυλενίου επηρεάζει τον μεταβολισμό των RO_s , των πολυαμινών και ορισμένων αντιοξειδωτικών ενζύμων. Επομένως, οι παραπάνω ενδείξεις μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι, η μερική μείωση ενδογενούς παραγωγής του αιθυλενίου, ενίσχυσε την περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά ένζυμα όπως είναι η σπερμιδίνη (Sprd) και η σπερμίνη (Sprm), μαζί με την πρόδρομη τους την πουτρεσίνη (Put). Τα ένζυμα αυτά, σύμφωνα με τους Li et. al., (2004), μπορούν να μειώσουν τις συγκεντρώσεις ενεργών μορφών οξυγόνου RO_s . Παράλληλα, με την εφαρμογή ιόντων κοβαλτίου (Co^{2+}) και AVG, διατηρούνται αυξημένα τα επίπεδα πολυαμινών. Οι πολυαμίνες εμπλέκονται σε ένα ευρύ φάσμα βιολογικών διεργασιών έχουν συσχετιστεί με την κυτταρική διαίρεση, την αύξηση του μεταβολισμού, την εμβρυική ανάπτυξη, τη διαφοροποίηση και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (Christaki, 1995 και Locke et. al., 2000).

Σε δι – παραγοντικό και *Split Plot* πείραμα, το οποίο διεξήχθη το 2013 από τους Honarmand et. al., (2013), μελετήθηκε η επίδραση διάφορων ρυθμιστών ανάπτυξης (IAA , CK_s , GA_s), στην απόδοση και άλλα αγρονομικά χαρακτηριστικά, σε δύο διαφορετικές ποικιλίες σιταριού. Οι συγκεκριμένοι ρυθμιστές εφαρμόστηκαν διαμέσου του εδάφους και στο στάδιο του ξεσταχυάσματος (*booting stage*).

Σύμφωνα με τους Honarmand et.al., (2013), Kirby et. al., (1988) και Bancal et. al., (2009), η διαφοροποίηση, το ξηρό βάρος του στάχυ, ο αριθμός των καρπών και ο βαθμός «επιτυχίας της γονιμοποίησης» εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ορμονική ισορροπία και τις διατροφικές απαιτήσεις του φυτού, κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ επιμήκυνσης του στελέχους και έναρξης του ξεσταχυάσματος.

Οι Honarmand et.al., (2013), αναφερόμενοι στους Miralles et. al., (2000) και Gonzalez et. al., (2003), σημειώνουν, ότι η τροποποίηση της διάρκειας επιμήκυνσης του στελέχους, μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το ξηρό βάρος του στάχους και κατ'επέκταση την απόδοση. Είναι ευρέως γνωστό, ότι οι φυτικές ορμόνες μπορούν να ρυθμίσουν διαδικασίες όπως ανάπτυξη ανθικών οφθαλμών, προώθηση ανάπτυξης των καρπών, επιμήκυνση του βλαστού και προώθηση κίνησης θρεπτικών συστατικών και σακχάρων προς τους καρπούς, με τρόπους που σημειώνονται παραπάνω. Έτσι, η εφαρμογή διαφόρων ρυθμιστών ανάπτυξης αύξησε την απόδοση στα 757 kg m⁻², τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ κατά 37,9 % και το δείκτη συγκομιδής κατά 54%. Η αύξηση της απόδοσης αποδίδεται κατά τους Honarmand et.al., (2013), στην αύξηση του αριθμού των σπόρων ανά στάχυ, η οποία επιτεύχθηκε με τη χρήση των ρυθμιστών ανάπτυξης κατά το στάδιο ξεσταχυάσματος.

Έρευνα πάνω στην εφαρμογή εξωγενών ορμονών ανάπτυξης στο έδαφος, έχει γίνει από τους Zahir et. al., (1999), Rossi et. al., (1984), Abdoli et. al., (2013), Zade et. al., (2014), καταγράφοντας σημαντική επίδραση σχεδόν σε όλα τα συστατικά της απόδοσης, όπως είναι η απόδοση σε καρπούς ανά φυτό, ο αριθμός των αδελφιών, το ξηρό βάρος στελεχών και του στάχυ, το βάρος χιλίων κόκκων κ.α.

Πιο συγκεκριμένα οι Zahir et. al., (1999), εφαρμόζοντας IAA στο έδαφος, διαπίστωσαν αύξηση του ύψους του ρυζιού (*Oryza sativa*) κατά 43%, της απόδοσης κατά 42,9% και του αριθμού των αδελφιών κατά 28,5%. Ύστερα από ανάλυση των αποτελεσμάτων τους οι Abdoli et. al, (2013), έδειξαν ότι η εφαρμογή του IAA, αύξησε την απόδοση του σιταριού κατά 19.6% και το βάρος των 1000 κόκκων κατά 20,8%. Εφαρμογή βιοδιεγέρτη εκχυλισμάτων φυκιών *Ascophyllum nodosum*, σύνθεσης κυτοκινίνης (CK_s), αυξίνης (IAA) και αποκοπτικού οξέος (ABA), αύξησε κατά 25% την απόδοση του σιταριού σε σύγκριση με τον μάρτυρα (Stamatiadis et. al., 2014). Οι Yang et. al., (2016), εφαρμόζοντας εξωγενή σκευάσματα κυτοκινίνης στο σιτάρι κάτω από συνθήκες θερμικού stress, παρατήρησαν αύξηση της απόδοσης κατά 10% και αύξηση του βάρους των χιλίων κόκκων κατά 3%, αποδίδοντας τα συγκεκριμένα αποτελέσματα στην επίδραση της κυτοκινίνης, πάνω στην ανακατανομή της σχέσης φορτίου - βλάστησης. Συμπληρώνοντας, οι Alizadeh et. al., (2010), αναφέρουν πως η εφαρμογή εξωγενούς κυτοκινίνης στο στάδιο του ξεσταχυάσματος (*booting stage*), αύξησε την επιφάνεια του φύλλου σημαίας στα 500,44 cm² και την απόδοση κατά 33%.

Με αφετηρία τις παραπάνω ενδείξεις, κρίθηκε σκόπιμο στην παρούσα έρευνα να διερευνηθεί η επίδραση ενός βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου (BAA), στην απόδοση και σε αναπτυξιακά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum L.*). Η εφαρμογή έγινε στο στάδιο της εγκατάστασης καλλιέργειας μαζί με τη βασική λίπανση. Ο συγκεκριμένος βιοδιεγέρτης περιλαμβάνει ιόντα κοβαλτίου (Co²⁺), και οι λεπτομέρειες σχετικά με την ακριβή σύνθεσή του και την εφαρμογή του, αναφέρονται στο 2^ο κεφάλαιο. Στο σημείο αυτό επισημαίνεται ότι, τα ιόντα κοβαλτίου (Co²⁺), αναστέλλουν τη βιοσυνθετική οδό του αιθυλενίου παρεμποδίζοντας τη μετατροπή του ACC σε αιθυλένιο, μέσω της ACC οξειδάσης. Επομένως, τα ιόντα κοβαλτίου (Co²⁺), μπορούν να συμβάλλουν τόσο στον περιορισμό της υδατικής όσο και της «μηχανικής» καταπόνησης κατά την έναρξη της καλλιέργειας.

Σημειώνεται επίσης, ότι καθώς οι ορμόνες ανάπτυξης, ρυθμίζουν μια ποικιλία φυσιολογικών διεργασιών, στην παρούσα έρευνα, διερευνάται ιδιαίτερα η επίδραση

από τη μία, ενός βιοδιεγέρτη προώθησης κυτοκινίνης (ΒΠΚ) και από την άλλη, ενός βιοδιεγέρτη προώθησης αυξίνης και γιββερελλίνης (ΒΠΑ), στην απόδοση και στα αναπτυξιακά - ποιοτικά χαρακτηριστικά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum L.*). Η εφαρμογή έγινε στο στάδιο της του ξεσταχυάσματος (*booting stage, Zadok's scale 38 - 41*), μαζί με την επιφανειακή λίπανση στο έδαφος.

Οι συγκεκριμένοι βιοδιεγέρτες περιλαμβάνουν εκχυλίσματα φυκιών *Ascophyllum nodosum* και *Ecklonia maxima*, τα οποία βασίζονται σε αυξίνες (ΙΑΑ) και γιββερελλίνες (GA_s) και κυτοκινίνες (CKs), αντιστοίχως. Τέλος, επισημαίνεται ότι, οι ορμονικές επιδράσεις οφείλονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον βαθμό έκφρασης γονιδίων βιοσύνθεσης ορμονών στους φυτικούς ιστούς και σε μικρότερο βαθμό από τα ορμονικά περιεχόμενα των ίδιων των εκχυλισμάτων. Αυτό συνάδει με αντίστοιχες ενδείξεις των Wally et. al., (2012). Ακριβείς λεπτομέρειες σχετικά με τη σύνθεση και την εφαρμογή των παραπάνω σκευασμάτων, αναφέρονται στο 2^ο κεφάλαιο.

1.1.5 Το κανονιστικό πλαίσιο.

Το κανονιστικό πλαίσιο των βιοδιεγερτών, τόσο στην Ε.Ε όσο και στις Η.Π.Α, είναι αρκετά σύνθετο σήμερα. Ένας από τους κύριους λόγους για την κατάσταση αυτή, είναι η έλλειψη ενός επίσημου ορισμού και αποδοχής του από τα αντίστοιχα θεσμικά όργανα. Στην Ευρώπη οι βιοδιεγέρτες διατίθενται στην αγορά ακολουθώντας έναν από τους δύο ακόλουθους δρόμους: Ο ένας είναι ο Εθνικός Κανονισμός κάθε κράτους για τα λιπάσματα και ο άλλος είναι ο Ευρωπαϊκός Νόμος για τα φυτοφάρμακα. Ο τελευταίος, συνδυάζει τόσο υπερεθνικές όσο και εθνικές διατάξεις για την διάθεση φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην αγορά.

Στην Ευρώπη, ο κανονισμός *REACH (ΕΚ) αριθ. 1107/2009* για τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα (*PPPs*), εφαρμόζεται σε όλες τις κατηγορίες βιοδιεγερτών, λαμβάνοντας υπόψη τον πολύ ευρύ ορισμό των *PPPs*. Στο άρθρο 2 του κανονισμού αυτού δε, ορίζονται τα εξής:

«Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται σε προϊόντα, στην μορφή που παρέχονται στον τελικό χρήστη, τα οποία περιέχουν δραστικές ουσίες, προστατευτικές ή συνεργιστικές και προορίζονται για μία από τις ακόλουθες χρήσεις:

A. (...)

B. *Επίδραση στις διεργασίες ζωής των φυτών, μέσω ουσιών που επηρεάζουν την ανάπτυξή τους, χωρίς όμως αυτές να αποτελούν ουσίες θρέψης».*

Βάσει του παραπάνω κανονισμού, κάθε προϊόν που προορίζεται να επηρεάσει τις διεργασίες ζωής των φυτών με διάφορους τρόπους, εκτός της θρέψης, θεωρείται ως «φυτοπροστατευτικό προϊόν». Όλοι δηλαδή οι ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών που αλληλεπιδρούν με το ορμονικό σύστημα των φυτών, έχουν καταχωρηθεί, στο κανονιστικό πλαίσιο των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, παρόλο που δεν έχουν καμία σχέση με τη φυτοπροστασία των φυτών.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε τα εξής:

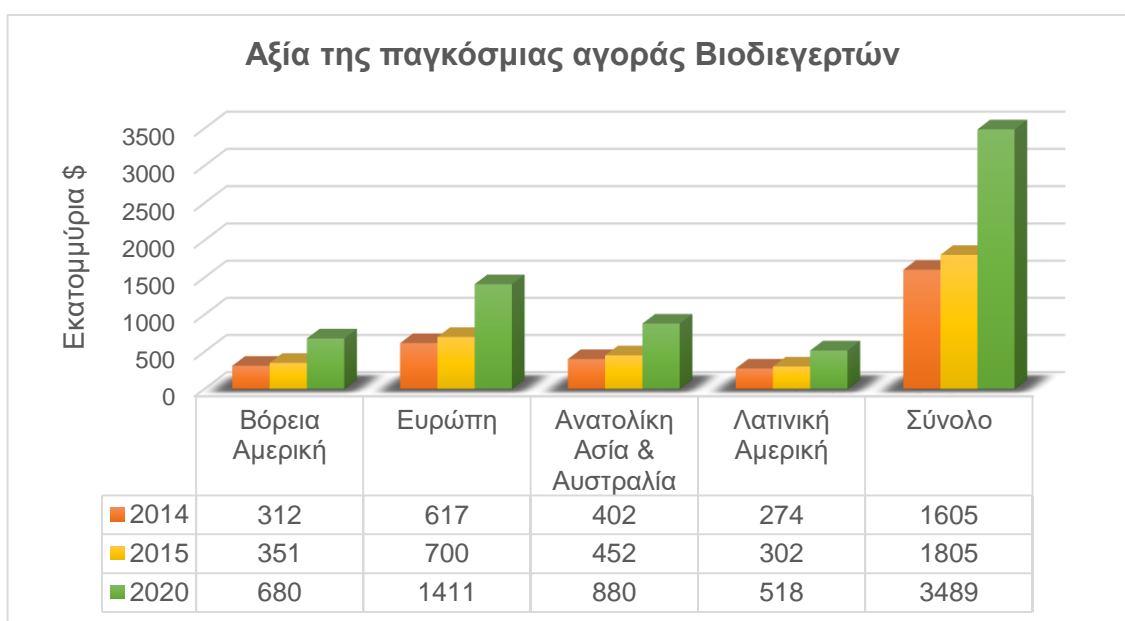
Οι διαδικασίες που απαιτούνται για την τοποθέτηση ενός φυτοπροστατευτικού αγαθού στην ευρωπαϊκή αγορά είναι δαπανηρές και μακροχρόνιες. Επιπλέον, οι περισσότεροι διανομείς βιοδιεγερτών στην ευρωπαϊκή αγορά είναι μικρομεσαίες

επιχειρήσεις λιπασμάτων (SMEs). Ένα οποιοδήποτε είδος βιοδιεγέρτη, σχετίζεται πολύ περισσότερο με το πεδίο της θρέψης ενός φυτού, παρά με το πεδίο της φυτοπροστασίας. Άρα, γίνεται αντιληπτό για ποιους λόγους στην Ευρώπη, εφαρμόζεται σήμερα η εθνική νομοθεσία λιπασμάτων, για βιοδιεγέρτες.

Κατόπιν των ανωτέρω, είναι γεγονός ότι, *η ανάγκη εναρμόνισης υπερεθνικής και εθνικής νομοθεσίας, για τους βιοδιεγέρτες, είναι πλέον απαραίτητη*. Για το λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Ομάδα Εργασίας Λιπασμάτων (FWG), θεσμοί που εκπροσωπούν τις αρμοδιότητες των κρατών- μελών και άλλων ενδιαφερομένων μερών, έχουν ξεκινήσει μια φιλόδοξη μεταρρύθμιση του κανονισμού για τα λιπάσματα, για το εγγύς μέλλον. Σε κάθε περίπτωση, τα ευνοϊκότερα κανονιστικά πλαίσια, πρέπει να βασίζονται σε μια βαθύτερη κατανόηση των τεχνολογιών, των βιομηχανιών και των αγορών που εξυπηρετούν (EBIC, 2013).

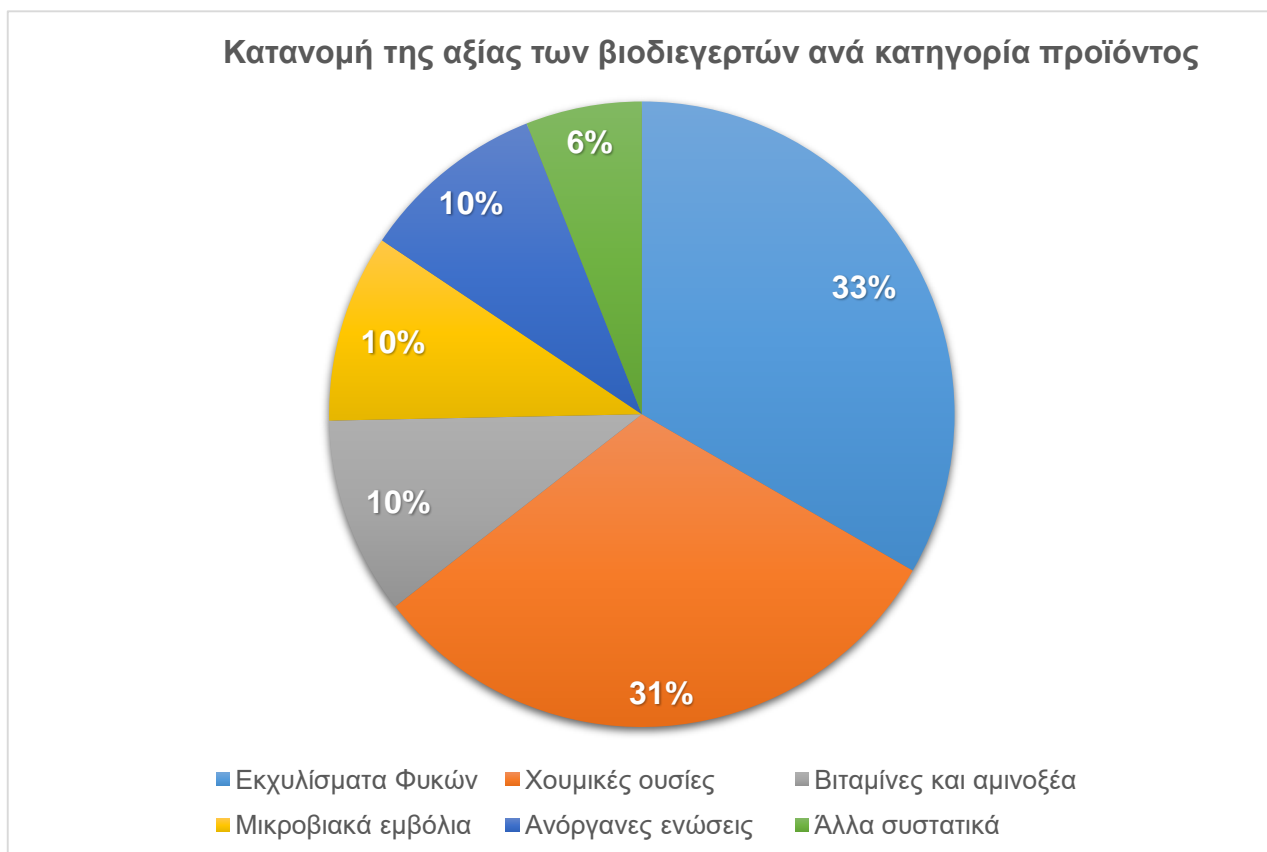
1.1.6 Η διεθνής αγορά βιοδιεγερτών.

Λόγω της έλλειψης ενός εναρμονισμένου κανονιστικού πλαισίου, τα δεδομένα σχετικά με την αγορά των βιοδιεγερτών, εκτός από λιγοστά είναι και περιορισμένης αξιοπιστίας. Το κανονιστικό πλαίσιο των βιοδιεγερτών είναι πράγματι σύνθετο, ανάλογα με το αν είναι καταχωρημένοι, ως λιπάσματα σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς των κρατών ή ως φυτοπροστατευτικά προϊόντα, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες. Η κατάσταση αυτή δυσχεραίνει τη συλλογή αξιόπιστων στατιστικών, δεδομένου ότι ο ορισμός των βιοδιεγερτών διαφέρει από χώρα σε χώρα. Ωστόσο, η ένωση EBIC έχει δημοσιεύσει δεδομένα οικονομικού περιεχομένου του συγκεκριμένου τομέα στην Ευρώπη, βάσει ορισμένων ερωτηματολογίων που μοιράστηκαν στα μέλη της (EBIC, 2013). Τα δεδομένα αυτά, όπως τονίζεται από την ίδια, είναι απλώς περιγραφικά. Συγκεκριμένα, από την επεξεργασία αυτών, διαφαίνεται μια σταθερά αναπτυσσόμενη αγορά (περίπου 10% ή περισσότερο ανά έτος), με την ετήσια συνολική αξία των πωλήσεων βιοδιεγερτών στην Ευρώπη, να αγγίζει τα 1,8 δισεκατομμύρια δολάρια (\$), το 2015. Μάλιστα, αναλυτές υποστηρίζουν



Διάγραμμα 1.1.6.1 Αξία της παγκόσμιας αγοράς βιοδιεγερτών (ΣΠΕΛ, 2019)

πως μέχρι το 2019, η συνολική ακαθάριστη πρόσοδος θα ανέλθει στο 3,49 δισεκατομμύρια ευρώ (ΣΠΕΛ, 2019).



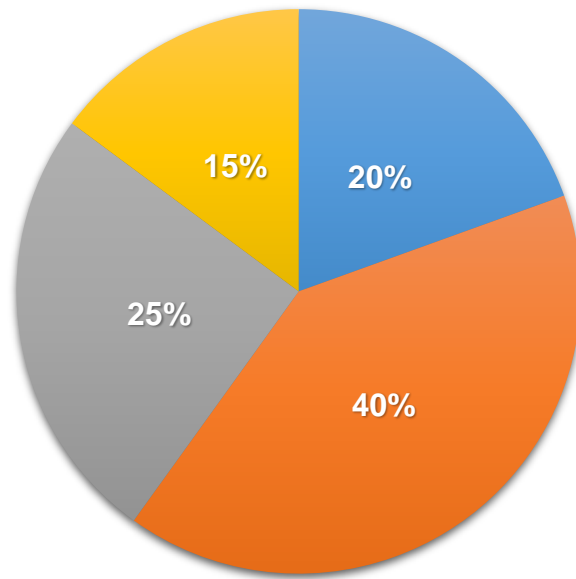
Διάγραμμα 1.1.6.2 Κατανομή της αξίας βιοδιεγερτών ανά κατηγορία προϊόντος (ΣΠΕΛ, 2019)

Η αξία της αγοράς των βιοδιεγερτών επιμερίζεται στις κατηγορίες που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 1.1.6.1, με τα εκχυλίσματα φυκών και τις χουμικές ουσίες να καταλαμβάνουν περίπου το 64% της συνολικής αξίας (ΣΠΕΛ, 2019).

Σύμφωνα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο 2^ο συνέδριο «*Added Value Fertilizers Europe 2019*» του Agrus, η εφαρμογή των βιοδιεγερτών έχει υιοθετηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό στην Ευρώπη. Πιο συγκεκριμένα, στην Ευρώπη η αξία της αγοράς των βιοδιεγερτών το 2015 εκτιμήθηκε γύρω στα 700 εκατομμύρια δολάρια (\$), ενώ παράλληλα αναμένεται να ξεπεράσει τα 1,41 δισεκατομμύρια δολάρια (\$) ως το 2020 (ΣΠΕΛ, 2019).

Ένα άλλο «σημάδι» της ανάπτυξης της συγκεκριμένης αγοράς, βασίζεται στο γεγονός ότι το ήμισυ των καταναλωτών από τα μέλη της EBIC, φαίνεται να χρησιμοποιεί βιοδιεγέρτες για πρώτη φορά. Οι ερωτηθέντες από τις έρευνες της EBIC του 2011 και του 2013, δήλωσαν ότι συνολικά απασχολούν πάνω από 2000 άτομα στην Ευρώπη, για να εργαστούν ειδικά στον κλάδο. Περισσότερα από 6,2 εκατομμύρια εκτάρια αντιμετωπίζονται ετησίως με βιοδιεγέρτες στην Ευρώπη. Σε παγκόσμια κλίμακα το 2016 οι βιοδιεγέρτες εφαρμόστηκαν σε έκταση 14,3 εκατομμυρίων εκταρίων, ενώ το 2022 προβλέπεται η εφαρμογή τους να καλύψει έκταση περίπου 27,6 εκατομμύρια εκτάρια.

Κατανομή της αγοράς των βιοδιεγερτών ανά περιοχή

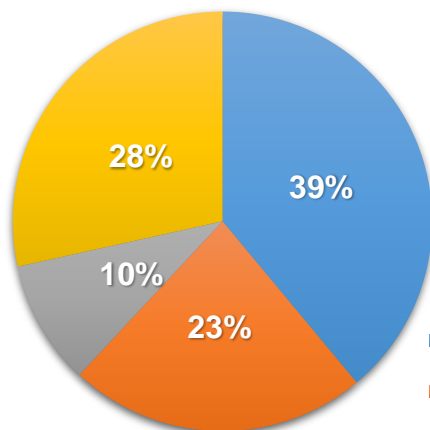


■ Βόρεια Αμερική ■ Ευρώπη ■ Ανατολική Ασία & Αυστραλία ■ Λατινική Αμερική

Διάγραμμα 1.1.6.3 Κατανομή της αγοράς των βιοδιεγερτών ανά περιοχή (ΣΠΕΛ, 2019)

Σε εκτατικές καλλιέργειες χρησιμοποιείται το 39% των προϊόντων αυτών, ενώ ακολουθούν οι δενδρώδεις καλλιέργειες και τα κηπευτικά (διάγραμμα 1.1.6.4).

Παγκόσμια Αγορά Βιοδιεγερτών ανά καλλιέργεια



■ Εκτατικές (σιτηρά, ελαιούχες και κλωστικές καλλιέργειες, όσπρια)
■ Δενδρώδεις καλλιέργειες & Κηπευτικά
■ Χλοοτάπητες & Καλλωπιστικά φυτά
■ Άλλες καλλιέργειες

Διάγραμμα 1.1.6.4 Παγκόσμια αγορά βιοδιεγερτών ανά καλλιέργεια (ΣΠΕΛ, 2019)

Στον επόμενο πίνακα (1.1.6.1), παρουσιάζονται οι κύριες καλλιέργειες όπου σύμφωνα με τον du Jardin (2015), εφαρμόζεται σήμερα το πλήθος των βιοδιεγερτών στην Ευρώπη.

Πίνακας 1.1.6.1 Κύριες καλλιέργειες εφαρμογής βιοδιεγερτών στην Ευρώπη (du Jarbin, 2015).

Δένδρα και Αμπελοκαλλιέργειες	Φυτά μεγάλης καλλιέργειας	Λαχανοκομικές καλλιέργειες και ψυχανθή		Άλλα φυτά
Εσπεριδοειδή	Κριθάρι	Μπρόκολο	Κρεμμύδι	Διακοσμητικά
Πυρηνόκαρπα	Αραβόσιτος	Λάχανο	Πιπεριά	Φυτώρια
Σταφύλια (οινοποιήσιμα και επιτραπέζια)	Ρύζι	Καρότο	Τομάτα	Χλοοτάπητας
	Σιτάρι	Κουνουπίδι	Μαρούλι	
	Ελαιοκράμβη	Αγγούρι	Φράουλα	
	Ζαχαρότευτλο	Μελιτζάνα	Τομάτα	
		Σκόρδο	Καρπούζι	
		Πεπόνι		

Σε ευρωπαϊκή κλίμακα, υπάρχουν πάνω από 200 επιχειρήσεις, οι οποίες ασχολούνται με τον συγκεκριμένο κλάδο, με το 65% αυτών να είναι μικρομεσαίες. Επιπλέον, το 75% των επιχειρήσεων του κλάδου έχουν έδρα σε περιοχές της περιφέρειας, συμβάλλοντας έτσι στην περιφερειακή ανάπτυξη.

Οι παράγοντες που οδηγούν σε αυτή τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη είναι πολλαπλοί:

1. Η χρήση βιοδιεγερτών εξαπλώνεται, τόσο στην Ευρώπη όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Οι επιχειρήσεις βιοδιεγερτών επεκτείνουν τα επαγγελματικά δίκτυά τους και συνδέονται με νέους παγκόσμιους διανομείς που τους βοηθούν να «χτυπούν» παλαιότερα απρόσιτες αγορές.
2. Ο τομέας των βιοδιεγερτών, έχει αναπτύξει νέα καινοτόμα προϊόντα, που στοχεύουν σε συγκεκριμένες αγρονομικές ανάγκες, προσελκύοντας έτσι νέους καταναλωτές.
3. Τα βιοδιεγερτικά προϊόντα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά κυρίως στην βιολογική παραγωγή και στις καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών υψηλής αξίας. Πλέον, εισάγονται ολοένα και περισσότερο στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας, για να ανταποκριθούν στις επιταγές της οικονομίας και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.
4. Οι πρόσφατες υψηλές και ασταθείς τιμές για εισροές, όπως τα λιπάσματα, έχουν δημιουργήσει κίνητρα για τους γεωργούς, να βελτιστοποιήσουν την

αποτελεσματικότητα των εισροών τους, παρά να τις αυξήσουν. Εκτιμάται ότι η αποτελεσματικότητα χρήσης λιπασμάτων αυξάνεται κατά τουλάχιστον 5% (και μπορεί να φτάσει έως και 25% ή και περισσότερο) όταν εφαρμόζονται βιοδιεγέρτες. Επίσης, οι εξοικονομήσεις φυτοφαρμάκων έχει αναφερθεί ότι κυμαίνονται μεταξύ 10 και 15%, με σημαντική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

5. Οι καλλιεργητές, ανταποκρινόμενοι στις απαιτήσεις των καταναλωτών για υγιεινά γεωργικά προϊόντα, αναζητούν τρόπους αποτελεσματικότερης και αποδοτικότερης χρήσης των εισροών τους. Ως εκ τούτου, οι βιοδιεγέρτες, θεωρούνται όλο και περισσότερο, ως ένας τρόπος βελτίωσης της απόδοσης των επενδύσεών τους σε άλλες εισροές και ως ένας, επίσης τρόπος, ανταπόκρισης στις απαιτήσεις των καταναλωτών για «ηπιότερες» γεωργικές πρακτικές. Οι γεωργοί, είναι έτσι σε θέση να εξασφαλίσουν υψηλότερες τιμές για τα προϊόντα τους, όταν η ποιότητα των φυτικών προϊόντων τους είναι υψηλότερη. Επίσης, η βελτιωμένη ποιότητα έχει θετικό αντίκτυπο στην αποθήκευση και τη διατήρηση, δίνοντας στους αγρότες περισσότερο χρόνο για να επιλέξουν την καλύτερη στιγμή για να πουλήσουν τα γεωργικά προϊόντα τους σε συμφέρουσες τιμές.
6. Η σχετικά υψηλή επένδυση των επιχειρήσεων στην έρευνα (μεταξύ 3% και 10% του ετήσιου κύκλου εργασιών στα μέλη της EBIC που συμμετείχαν στην έρευνα), γεγονός το οποίο συνεισφέρει έναν αυξανόμενο κατάλογο νέων προϊόντων.

1.2 Σιτάρι

Το σιτάρι (*Triticum spp*), είναι η τρίτη σημαντικότερη καλλιέργεια σιτηρών παγκοσμίως, αποτελεί βασικό στοιχείο διατροφής για το 36% του παγκόσμιου πληθυσμού. Σήμερα, η έκταση καλλιέργειάς του ξεπερνά κάθε άλλη καλλιέργεια (Fatima et. al., 2014). Προκειμένου να είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες ενός αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού (αύξηση κατά 1,15% ετησίως), η προβλεπόμενη ζήτηση για το έτος 2020, ανέρχεται στους 840 εκατομμύρια τόνους (Rosegrant et al., 1995) ή σε 1 δισεκατομμύριο τόνους (Kronstad, 1998). Σύμφωνα με τους Fatima et. al., (2014), η παγκόσμια ζήτηση για το σιτάρι αναμένεται να αυξηθεί ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλη σημαντική καλλιέργεια. Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους το σιτάρι κατέχει πρωτεύουσα θέση στην παγκόσμια διατροφή, είναι η δυνατότητα εξασφάλισης πάνω από το 20% των απαραίτητων θερμίδων και πρωτεϊνών στον άνθρωπο, όπως και η ευκολία μεταφοράς και η ικανότητα διατήρησής του για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

1.2.1 Καταγωγή και εξέλιξη

Το σιτάρι ανήκει στην οικογένεια *Graminae Adans*, στο γένος *Triticum*. Παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον σχετικά με την προέλευσή του, γιατί αποτελεί ένα κλασσικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο γενετικώς συγγενή είδη, μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους, έτσι ώστε να δημιουργηθεί μια νέα πολυπλοειδή σειρά (Βαχαμίδης, 2013).

Ο Vavilov (1992), διατύπωσε δύο υποθέσεις:

1. Η καταγωγή των καλλιεργειών αφορά συνήθως ένα γεωγραφικό κέντρο.
2. Το κέντρο υψηλότερης γενετικής ποικιλομορφίας, θεωρείται η γεωγραφική περιοχή προέλευσης.

Ο Vavilov (1992) επίσης, αναγνώρισε ότι καθένα από τα τρία επίπεδα πλοειδίας σιταριού, έχει το δικό του γεωγραφικό κέντρο ποικιλομορφίας άρα και ένα ξεχωριστό γεωγραφικό τόπο προέλευσης.

Τα είδη του γένους *Triticum*, ταξινομούνται σε τρία επίπεδα πλοειδίας:

- Διπλοειδή: $2n = 2x = 14$ χρωμοσώματα, γονιδίωμα AA.
- Τετραπλοειδή: $2n = 4x = 28$ χρωμοσώματα, γονιδίωμα AABB.
- Εξαπλοειδή: $2n = 6x = 42$ χρωμοσώματα, γονιδίωμα AABBDD.

Πειράματα χρήσης μοριακών δεικτών, έδειξαν ότι τα συμβαλλόμενα A, B και D προέρχονται από διασταύρωση, μεταξύ του άγριου σιταριού και τριών άγριων αγρωστωδών της οικογένειας *Poaceae*. (Dvorak et. al., 2010). Σύμφωνα με την ιστορία της εξέλιξης του σιταριού, μόνο τα άγρια μονόκοκκα και δίκοκκα σιτάρια υποβλήθηκαν στην επιλογή εξημέρωσης, από την ανθρώπινη παρέμβαση. Τα εξαπλοειδή κοινά σιτάρια δεν προήλθαν από άγριο είδος, αλλά από το *T. turgidum spp. dicoccon*.

Αποτελέσματα του Vavilov (1992), έδειξαν ότι η προέλευση του διπλοειδούς σιταριού αναφέρεται στη νοτιοανατολική Τουρκία, η καταγωγή του τετραπλοειδούς στην

νοτιοδυτική Ασία και τη βορειοανατολική Αφρική (Αιθιοπία) και η προέλευση του εξαπλοειδούς σίτου στο βορειοδυτικό Ιράν (7000 π.Χ) (Dvorak et. al., 1998).

Ο επόμενος πίνακας, κατατάσσει τα είδη του σιταριού σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη, ανάλογα με τον βαθμό πλοειδίας, το γονιδίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους (Βαχαμίδης αναφερόμενος στους Feldman et. al., 1995).

Πίνακας 1.2.1 Κατάταξη των ειδών του σιταριού σε καλλιεργούμενα και άγρια είδη, ανάλογα με τον βαθμό πλοειδίας, το γονιδίωμά τους και την επένδυση ή μη του καρπού τους (Βαχαμίδης, 2013)

Είδη	Γονίωμα	Άγρια		
		Επενδυμένα	Επενδυμένα	Καλλιεργούμενα Μη Επενδυμένα
Διπλοειδή (2n=14)				
<i>Aegilops speltoides</i>	S(G)	Όλα	-	-
<i>Ae. bicornis</i>	S ^b	Όλα	-	-
<i>Ae. longissima</i>	S ^l	Όλα	-	-
<i>Ae. searsii</i>	S ^s	Όλα	-	-
<i>Ae. squarrosa</i>	D	Όλα	-	-
<i>Triticum urartu</i>	A	Όλα	-	-
<i>T. monococcum</i>	A	ssp. <i>boeoticum</i>	ssp. <i>monococcum</i>	ssp. <i>sinskayae</i>
Τετραπλοειδή(2n=28)				
<i>T. timopheevi</i>	AG	ssp. <i>araraticum</i>	ssp. <i>timopheevi</i>	ssp. <i>militinae</i>
<i>T. turgidum</i>	AB	ssp. <i>dicoccoides</i>	ssp. <i>dicoccum</i>	ssp. <i>durum</i>
		-	-	ssp. <i>turgidum</i>
		-	-	ssp. <i>polonicum</i>
		-	-	ssp. <i>carthlicum</i>
		-	-	ssp. <i>turanicum</i>
Εξαπλοειδή (2n=42)				
<i>T. aestivum</i>	ABD	-	ssp. <i>spelta</i>	ssp. <i>aestivum</i>
		-	ssp. <i>macha</i>	ssp. <i>compactum</i>
		-	ssp. <i>vavilovi</i>	ssp. <i>sphaerococcum</i>

Παρατηρούμε τον τρόπο με τον οποίο ταξινομούνται στον παραπάνω πίνακα, το μαλακό (*Triticum ssp. aestivum* L.) και το σκληρό σιτάρι (*Triticum ssp. durum*). Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η Ελλάδα συγκαταλέγεται ανάμεσα στα Παγκόσμια Κέντρα γενετικού υλικού, σχετικά με το συγκεκριμένο φυτό. (Ινστιτούτο Σιτηρών, 2012).

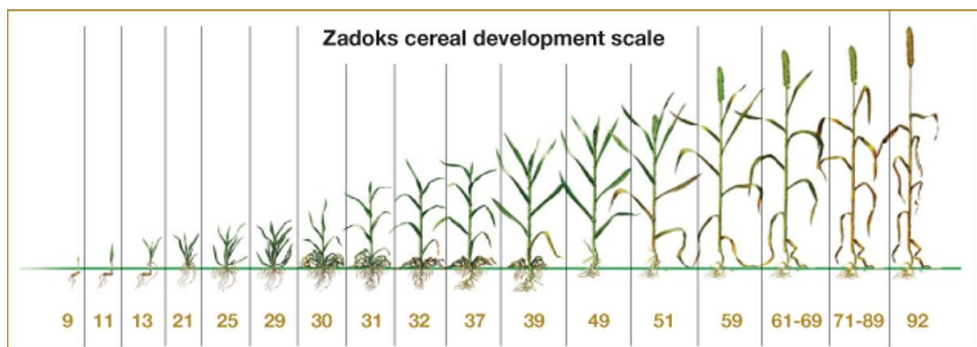
1.2.2 Στάδια και φάσεις ανάπτυξης

Η ανάπτυξη του σιταριού ακολουθεί μια συνέχεια διαφόρων φαινολογικών σταδίων. Η προσπάθεια ποσοτικοποίησής τους είχε ήδη ξεκινήσει από το 19^ο αιώνα από τους Lermer και Holzner, (1888) και Nowacki, (1886). Ο πρώτος όμως, ο οποίος ανέπτυξε σε διεθνές περιβάλλον, την ποσοτικοποίηση των φαινολογικών κλιμάκων σε 5 αναπτυξιακές περιόδους, ήταν ο Feekes το 1941. Αυτές ήταν οι εξής:

- Αδέλφωμα
- Καλάμωμα
- Ξεστάχιασμα
- Άνθηση
- Ωρίμανση

Κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια υποδιαιρείται σε 23 φάσεις, οι οποίες περιγράφουν την ανάπτυξη του σιταριού, από την εμφάνιση του πρώτου φύλλου μέχρι και την εμπορική ωρίμανση των συγκομιζόμενων καρπών. Η παραπάνω κλίμακα ανάπτυξης θεωρείται από τις 3 πιο διαδεδομένες κλίμακες παγκοσμίως, μαζί με τις κλίμακες του Haun (1973) και του Zadoks (1974).

Ο Zadoks (1974), εμφάνισε μία κλίμακα, όπου μέχρι και σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως σε διεθνές περιβάλλον έρευνας και αγοράς (χημικές εισροές) και χαρακτηρίζεται από την πληρότητά της, ως προς την περιγραφή της συνολικής φαινολογικής ανάπτυξης του σιταριού. Η κωδικοποίησή της περιλαμβάνει ένα εύρος, το οποίο ξεκινάει από το στάδιο βλάστησης των σπόρων και την έναρξη της διαδικασίας του φυτρώματος, και ολοκληρώνεται στην πλήρη ωρίμανση των καρπών (Βαχαμίδης, 2013).



Εικόνα 1.2.2 Κλίμακα Zadoks (<https://wheat.pw.usda.gov>)

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μια κλίμακα μεγέθους «0 – 99» και βασίζεται σε 10 πρωτεύοντα στάδια ανάπτυξης. Κάθε πρωτεύον στάδιο ανάπτυξης διαιρείται σε 10 δευτερεύοντα στάδια, επεκτείνοντας την κλίμακα από «00 – 99». Τα 10 πρωτεύοντα στάδια ανάπτυξης είναι τα εξής:

- Βλάστηση σπόρου.
- Φύτρωμα.
- Αδέλφωμα.
- Επιμήκυνση στελέχους.
- Καλάμωμα.

- Ξεστάχιασμα.
- Ανθοφορία.
- Στάδιο γάλακτος.
- Στάδιο ζύμης.
- Ωρίμανση.

Με το πέρασμα των χρόνων, η κλίμακα αυτή επεκτάθηκε. Η τελευταία τροποποίηση αυτής έγινε από τους Klepper et al. (1982) και Moragues and McMaster (2012). Αξίζει να σημειωθεί, ότι η διάρκεια του κάθε σταδίου και ο αριθμός των καταβολών που σχηματίζονται, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση γονότυπου – περιβάλλοντος.

1.2.3 Προσαρμοστικότητα

Η κλιματική μεταβλητότητα, ως έκφραση μελέτης χωρικών και χρονικών μοντέλων θερμοκρασίας (Houghton et al., 1996), προβλέπεται να έχει σημαντικές συνέπειες για την φυτική παραγωγή (Porter and Gawith, 1999). Η συνολική ανάπτυξη των φυτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον παράγοντα της μεταβολής της θερμοκρασίας. Οι ερευνητές, οι οποίοι μελετούν τις συνέπειες των μεταβολών της, πάνω στις γεωργικές καλλιέργειες (Kenny et al., 1993) έχουν χρησιμοποιήσει μοντέλα πρόβλεψης σε συνδυασμό με πειράματα, βάσει των οποίων μπορούν να προβλέψουν με ακρίβεια τις συνέπειες της μέσης κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή σίτου (Porter and Gawith, 1999).

Σε ένα εκτεταμένο review paper από τους Porter και Gawith (1999), εξετάστηκαν γύρω στα 65 επιστημονικά άρθρα, βάσει των οποίων προέκυψαν οι μέσες ελάχιστες, μέγιστες και βέλτιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης των περισσότερων φαινολογικών σταδίων του σιταριού, με προσαρμογή στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα το σιτάρι, ως C₃ φυτό, ευνοείται γενικά από σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Μπορεί να καλλιεργηθεί από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι 3.000m υψόμετρο, ενώ υπάρχουν αναφορές και για υψόμετρα των 4.570m στο Θιβέτ (Percival, 1921). Όσον αφορά το στάδιο του φυτρώματος παρουσιάζει ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης από 3° έως 4°C, βέλτιστη 20° έως 25°C και μέγιστη 32°C έως 35°C. Υψηλές θερμοκρασίες ημέρας άνω των 30°C, ευνοούν την ταχεία ανάπτυξη της καλλιέργειας, την επιτάχυνση της ξήρανσης του φυλλώματος και επιβραδύνουν την ανάπτυξη του κόκκου (Παπακώστα, 2008).

Σύμφωνα με τους Warrington et. al., (1977), σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες στο στάδιο ανάπτυξης της ταξιανθίας του σιταριού, έχουν ως συνέπεια την αύξηση του ύψους των φυτών, τη διόγκωση του ελάσματος στο φύλλο σημαία και την αύξηση του αριθμού των σταχυδίων / στάχου. Καθοριστικές είναι οι θερμοκρασίες στη φάση ωρίμανσης του καρπού για την διαμόρφωση της απόδοσης. Σχετικά με την παράμετρο αντοχής σε χαμηλές θερμοκρασίες, σκληραγωγημένα φυτά μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες μέχρι και – 30°C. Στις περισσότερες περιπτώσεις θερμοκρασίες κάτω των – 18°C, είναι καταστροφικές για το φυτό. Σε γενικές γραμμές το μαλακό σιτάρι παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες από το σκληρό (Παπακώστα, 2008).

Το σιτάρι παρουσιάζει εύρος προσαρμογής σε συνθήκες έλλειψης υγρασίας, παρόλο που δεν θεωρείται ιδιαίτερα ανθεκτικό φυτό σε αυτές. Οι βέλτιστες συνθήκες βροχόπτωσης, οι οποίες εξασφαλίζουν την μέγιστη απόδοσή του, βρίσκονται εντός ενός εύρους το οποίο κυμαίνεται από 250 έως 1000 mm. Βέβαια εκτός από την ποσότητα, ιδιαίτερη σημασία έχει και η κατανομή, με τις μεγαλύτερες υδατικές ανάγκες να παρουσιάζονται στο στάδιο μεταξύ καλαμώματος και άνθησης. Τέλος, εδάφη υψηλής γονιμότητας, επαρκούς στράγγισης, ιλυσπυλώδους ή αργιλοπηλώδους σύστασης, με pH από 7,0 έως 8,5, θεωρούνται ιδανικά, για την εξασφάλιση υψηλών αποδόσεων (Παπακώστα, 2008).

1.2.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

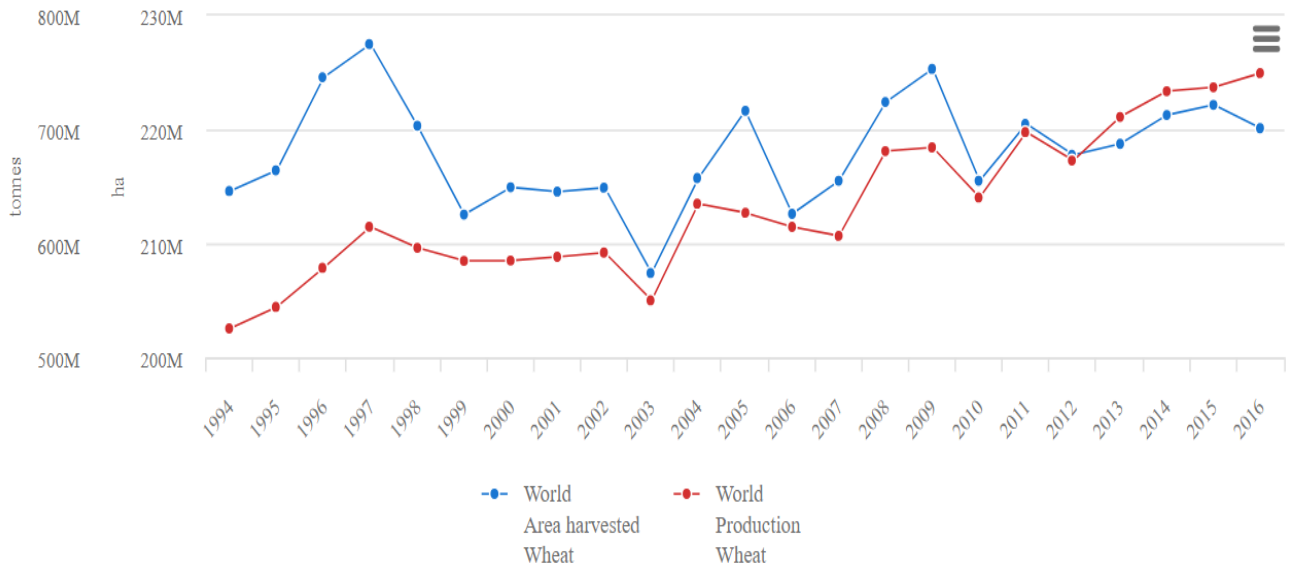
Σύμφωνα με τον Finney (1987), η ποιότητα του μαλακού σιταριού καθορίζεται σύμφωνα με τις ιδιότητες που το κάνουν κατάλληλο για αλευροποίηση, ενώ η ποιότητα του σκληρού σιταριού, σύμφωνα με την καταλληλότητα για παραγωγή σιμιγδαλιού και μακαρονιών. Πιο συγκεκριμένα, κριτήρια τα οποία λαμβάνονται υπόψη για τον καθορισμό της ποιότητας είναι:

- Άλεσμα.
- Ρεολογία ζύμης.
- Ποιότητα αρτοποιήσης.
- Θρεπτική αξία.
- Ικανότητα αποθήκευσης.
- Υγρασία.
- Απόδοση.
- Αναλογία βάρους σπόρου προς πρωτεΐνη αλεύρου.
- Εκατολιτρικό βάρος.
- Σκληρότητα κόκκου.

Όσον αφορά το μαλακό σιτάρι, επιθυμητά χαρακτηριστικά θεωρούνται, η μέτρια σκληρότητα των καρπών και το υψηλό εκατολιτρικό βάρος, προς αύξηση της τελικής απόδοσης και μείωση της περιεκτικότητας σε τέφρα (ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό). Σχετικά με το σκληρό σιτάρι, προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή απόδοση σε σιμιγδάλι, οι καρποί πρέπει είναι υψηλής σκληρότητας (υαλώδους δομής), με υψηλό εκατολιτρικό βάρος και βάρος χιλίων κόκκων. Επίσης, οι συγκομιζόμενοι καρποί θα πρέπει να έχουν πρωτεΐνη άνω του 13% και τέλος να μην φέρουν μαύρα στίγματα από προσβολές μυκήτων (Finney et. al., 1996).

1.2.5 Τάσεις και εξελίξεις στην αγορά σιταριού

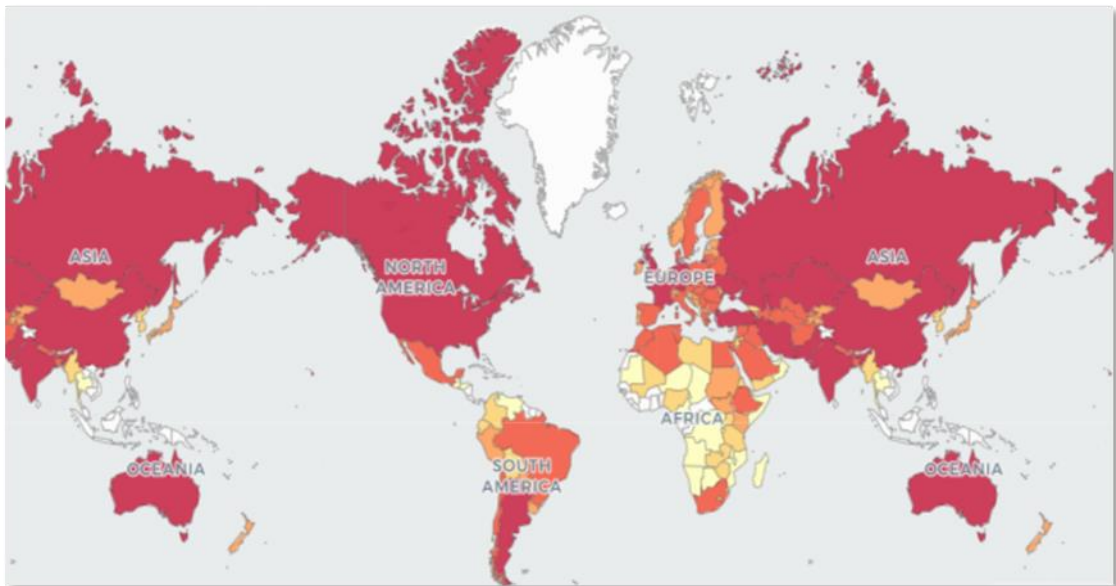
Η διατήρηση της αυξητικής πορείας της παραγωγής σιταριού, είναι απαραίτητη, για την κάλυψη των παγκόσμιων επισιτιστικών αναγκών. Με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 9,5 εκατομμύρια τόνους, από το 1946 έως το 1992, η παγκόσμια παραγωγή σιταριού ανήλθε στους 592 εκατομμύρια τόνους (Curtis, 2002).



Διάγραμμα 1.2.5.1 Μέση παγκόσμια παραγωγή σιταριού από το 1994 μέχρι το 2016 (FAO, 2018)

Στο *διάγραμμα 1.2.5.1* απεικονίζεται η μέση ετήσια παγκόσμια παραγωγή και καλλιεργητική έκταση του σιταριού, από το 1994 έως το 2016. Μία σχετικά μικρής τάξεως κλίμακα, ερμηνεύει την μεταβλητότητα της καλλιεργούμενης έκτασης. Αυτό σημαίνει, ότι η αύξηση της παραγωγής, προέρχεται κυρίως από τη χρήση νέας τεχνολογίας (βελτιωμένες ποικιλίες, νέα λιπάσματα, εκμηχάνιση της γεωργίας κ.α). Σύμφωνα με τον FAO (2016), η μέση παραγωγή το 2016 σιταριού άγγιξε τους 752 εκατομμύρια τόνους και η μέση καλλιεργούμενη έκταση τα 220 εκατομμύρια εκτάρια. Πρόσφατα στοιχεία, δείχνουν ότι η μέση παραγωγή κατά το χρονικό διάστημα 2016 – 2017 αυξήθηκε κατά 5 εκατομμύρια τόνους (Statistica, 2018).

Στο σημείο αυτό επισημαίνεται, ότι η κατανάλωση σιταριού στις αναπτυσσόμενες χώρες αυξήθηκε σε ποσοστό 35%, κατά τη διάρκεια της περιόδου 1963-1976. Η έντονη αστικοποίηση και οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες, ήταν οι κύριοι λόγοι που συνέβαλαν στην εμφάνιση αυτής της μεταβολής (Μεταξάκης, 2012). Οι χώρες που παράγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες σιταριού κατά το 2016 (πάνω από 20 εκατομμύρια τόνους), είναι κατά σειρά η Κίνα, η Ινδία, η Ρωσία, ο Καναδάς, η Γερμανία, η Αυστραλία, το Πακιστάν και η Τουρκία (*διάγραμμα 1.2.5.2*).



Διάγραμμα 1.2.5.2 Παγκόσμια κατανομή παραγωγής σιταριού (FAO, 2018)

Σύμφωνα με την Παπακώστα (2008), η μεγαλύτερη ποσότητα παραγωγής σιταριού καταναλώνεται εντός της τοπικής αγοράς για κάθε κράτος, με εξαίρεση ορισμένα εξαγωγικά κράτη όπως οι Η.Π.Α, ο Καναδάς, η Αυστραλία και η Ε.Ε. με ποσότητες παραγωγής περίπου 122, 30, 17 και 15 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα (FAO, 2013). Από την άλλη πλευρά, τα μεγαλύτερα εισαγωγικά κράτη είναι η Αίγυπτος, η Ιταλία, η Αλγερία, η Βραζιλία και η Ιαπωνία με ποσότητες περίπου 9,8, 7,1, 6,1 5,8, και 5 εκατομμύρια τόνους αντιστοίχως. Αξίζει να σημειωθεί, ότι η Κίνα αν και μεγαλύτερη παραγωγός παγκοσμίως, εισάγει περίπου 2 εκατομμύρια τόνους σιταριού ετησίως. (FAO, 2013).

Στην Ελλάδα, παρόλο που η καλλιεργούμενη έκταση σιταριού βρίσκεται στα ίδια επίπεδα (με μικρές διακυμάνσεις) από το 1940 μέχρι σήμερα, η μέση παραγωγή του φαίνεται να έχει υπερδιπλασιαστεί από 100 kg/στρ το 1940 σε 230 kg/στρ το 2006 (FAO, 2006). Από το 1940 έως το 1956 η χώρα μας ήταν ελλειμματική σε σιτάρι, ενώ η σιτάρκεια έχει επιτευχθεί από το 1956 μέχρι σήμερα, εξασφαλίζοντας περιθώρια για εξαγωγές. Το σιτάρι, καλλιεργείται βασικά σε ξηρικά εδάφη και σε αρδευόμενους αγρούς, μόνο για λόγους αμειψισποράς.

Πίνακας 1.2.5.1 Μέση ετήσια παραγωγή σκληρού και μαλακού σιταριού κατά τα έτη 2014 – 2016, στην Ελλάδα

Προϊόντα	2014	2015	2016	Μεταβολή (%)	
				2015/2014	2016/2015
Σιτάρι, μαλακό	506,9	461,8	428,9	-8,9	-7,1
Σιτάρι, σκληρό	1.063,5	996,9	1.131,9	-6,3	13,5

Στη χώρα μας, η παραγωγή σκληρού σιταριού, σημείωσε αύξηση κατά 13,5% το 2016 σε σχέση με το 2015 και μείωση κατά 6,3% το 2015 σχετικά με το 2014. Ειδικότερα, το 2016 παρήχθησαν 1.131,9 χιλ. τόνοι σκληρού σιταριού, το 2015 παρήχθησαν 996,9 χιλ. τόνοι και 1.063,5 χιλ. τόνοι το 2014.

Όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση, οι καλλιεργούμενες εκτάσεις με σκληρό σιτάρι, αυξήθηκαν κατά 12,8% το 2016 σε σχέση με το 2015 και μειώθηκαν κατά 11,0% το 2015 σε σχέση με το 2014. Πιο συγκεκριμένα, το 2016 καλλιεργήθηκαν 3.907,5 χιλ. στρέμματα, το 2015 καλλιεργήθηκαν 3.463,4 χιλ. στρέμματα και 3.889,7 χιλ. στρέμματα το 2014.

Πίνακας 1.2.5.2 Μέση ετήσια καλλιεργούμενη έκταση σκληρού και μαλακού σιταριού για τα έτη 2014 - 2016, στην Ελλάδα

Είδος κατά κατηγορία καλλιέργειας	2014	2015	2016	Μεταβολή (%)	
				2015/2014	2016/2015
Σιτάρι, μαλακό	1.827,9	1.558,0	1.487,8	-14,8	-4,5
Σιτάρι, σκληρό	3.889,7	3.463,4	3.907,5	-11,0	12,8

Κεφάλαιο 2

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης ορισμένων βιοδιεγερτών, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum turgidum* ssp. *durum*).

Επιπλέον αντικείμενο αυτής, είναι η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων του πειράματος (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) καθώς και η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Κεφάλαιο 3

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Γενικά

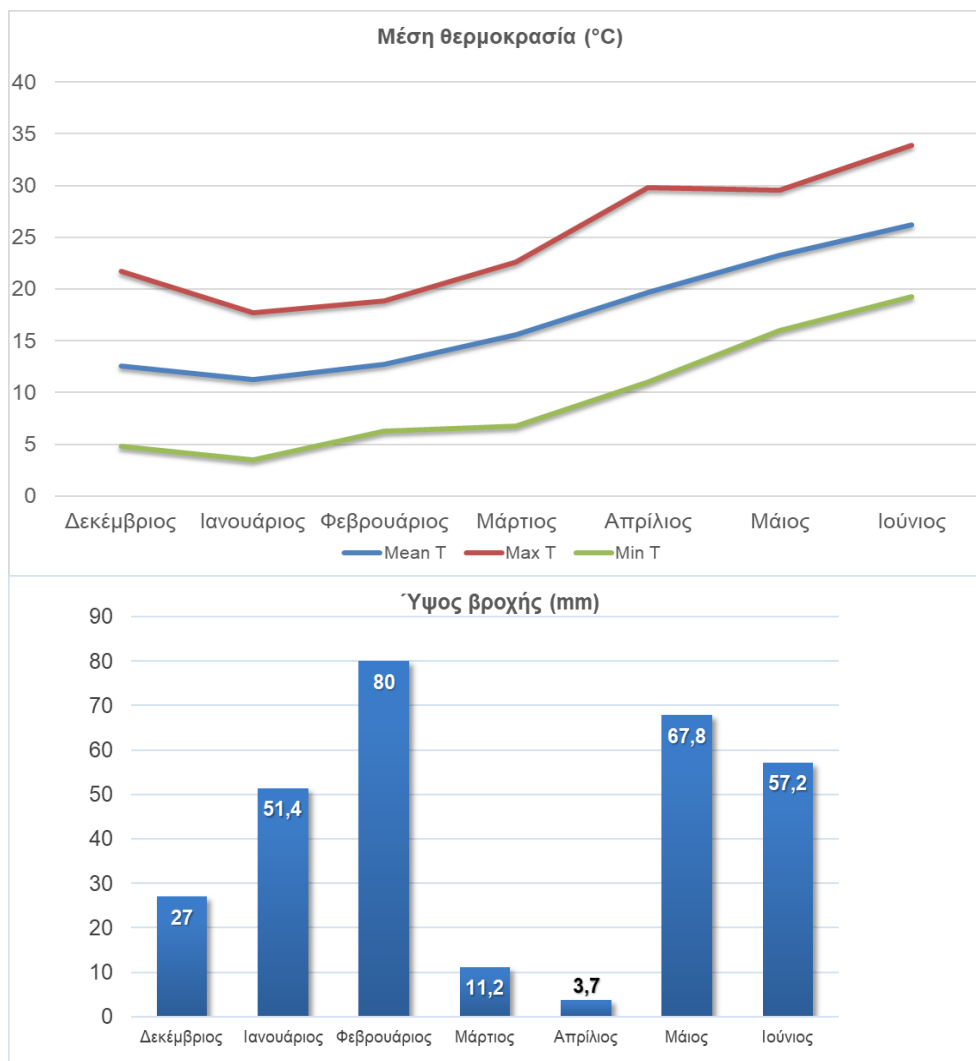
Το πείραμα διεξήχθη στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας, εντός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (γεωγραφικό πλάτος: 37° 59' Δ, γεωγραφικό μήκος: 23° 32' Β, υψόμετρο 30 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας), κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018.

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζονται ορισμένες τιμές από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους, που πραγματοποιήθηκε το πείραμα. Η ανάλυση εδάφους πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας του Γ.Π.Α.

Πίνακας 3.1 Εδαφολογική ανάλυση του πειραματικού αγρού, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΤΙΜΗ
ΦΥΣΙΚΕΣ	
ΑΜΜΟΣ	34,7%
ΑΡΓΙΛΟΣ	29,8%
ΙΛΥΣ	35,5%
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	Αργιλοπηλώδες
ΧΗΜΙΚΕΣ	
pH	7,29
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	1,93%
ΟΛΙΚΟ N (%)	0,165
P (OLSEN) PPM	29,5
ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΚΑΛΙΟ PPM	240
CaCO ₃ (%)	9,5

Ακολουθώς, στα παρακάτω διαγράμματα, απεικονίζονται τα μετεωρολογικά δεδομένα που αντιστοιχούν στην περίοδο διεξαγωγής του πειράματος, από την εγκατάσταση μέχρι συγκομιδή (Δεκέμβριος – Ιούνιος). Οι παράμετροι αυτοί ελήφθησαν από εγκατεστημένο μετεωρολογικό κλωβό εντός του πειραματικού αγρού και αφορούν τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες ημερήσιες τιμές της Θερμοκρασίας του αέρα (T) και το Ύψος βροχής (mm).



Διάγραμμα 3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα του πειραματικού αγρού από 12/2017 έως 06/2018. Τα δεδομένα ελήφθησαν από μετεωρολογικό κλωβό, ο οποίος ήταν εγκαταστημένος εντός του πειραματικού αγρού.

3.2 Πειραματικό σχέδιο

Στην παρούσα έρευνα υιοθετείται ένα δι-παραγοντικό «Πείραμα συνδυασμένων παραγόντων» και πιο συγκεκριμένα, πείραμα «Υποδιαιρεμένων τεμαχίων» (*Split Plot Design*). Ο πρώτος παράγοντας αφορά την εφαρμογή δύο (2) διαφορετικών ποικιλιών και ο δεύτερος την εφαρμογή έξι (6) διαφορετικών συνδυασμών βιοδιεγερτών, συμπεριλαμβανομένου και του μάρτυρα.

Τα «Πειράματα Υποδιαιρεμένων τεμαχίων» (*Split Plot Design*) επινοήθηκαν από τον Fisher το 1935. Η βασική τους αρχή, στηρίζεται στο ότι κάθε μεταχείριση του παράγοντα ποικιλίας (ορίζεται ως κύριο πειραματικό τεμάχιο / whole plot), καθίσταται ομάδα (block) για τις μεταχειρίσεις του παράγοντα βιοδιεγερτών (ορίζεται ως υποτεμάχιο / subplot), αλλά και ατελή ομάδα (incomplete block) σε σχέση με το σύνολο των μεταχειρίσεων (Box et al., 2005). Ως επίπεδα του πρώτου παράγοντα (ποικιλία), επιλέχθηκαν οι ποικιλίες *Normanno* και *Meridiano* (κύρια πειραματικά τεμάχια). Προκειμένου να εξεταστεί η σύγκριση των μεταχειρίσεων του παράγοντα βιοδιεγερτών με μεγαλύτερη ακρίβεια απ'ότι η σύγκριση μεταχειρίσεων του

παράγοντα ποικιλίας, ως υποτεμάχια (subplots) ορίστηκαν 5 διαφορετικοί συνδυασμοί βιοδιεγερτών.

Για την 1^η μεταχείριση εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης αναστολής αιθυλενίου (*BAA*). Για την 2^η και 3^η μεταχείριση εφαρμόστηκαν βιοδιεγέρτες προωθητές ορμονών ανάπτυξης, είτε βιοδιεγέρτη προώθησης της κυτοκινίνης (*ΒΠΚ*), είτε βιοδιεγέρτη προώθησης αυξίνης και γιβερελλίνης (*ΒΠΑ*). Η 4^η μεταχείριση αφορούσε συνδυασμό βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου (*BAA*) με βιοδιεγέρτη προώθησης της αυξίνης και γιβερελλίνης (*ΒΠΑ*) και η 5^η, συνδυασμό βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου (*BAA*) με βιοδιεγέρτη προώθησης της κυτοκινίνης (*ΒΠΚ*). Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τους συνδυασμούς που μελετήθηκαν, συγκρίθηκαν με πειραματικά τεμάχια μάρτυρα, απουσίας βιοδιεγέρτη, αλλά παρουσίας συμβατικής λίπανσης για την καλλιέργεια του σιταριού. Έτσι τα επίπεδα του δεύτερου παράγοντα (βιοδιεγέρτες) είναι συνολικά έξι (6). Για τις παραπάνω μεταχειρίσεις, έγιναν τρεις επαναλήψεις ($N=3$).

Η συνολική επιφάνεια του πειραματικού αγρού ήταν 216 m² (36m x 6m). Η επιφάνεια κάθε κύριου πειραματικού τεμαχίου (whole plot) ήταν 36 m² (2m x 18m) και η επιφάνεια του κάθε υποτεμαχίου (subplot) ήταν 6 m² (3m x 2m). Οι διάδρομοι είχαν μήκη 0,5m και 2m.



Εικόνα 3.2 Πειραματικός αγρός εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α.
(Προσωπικό αρχείο)

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζεται αναλυτικά η διάταξη των πειραματικών τεμαχίων στον πειραματικό αγρό.

Πίνακας 3.2 Διάταξη των κύριων τεμαχίων και των υποτεμαχίων στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Γεωργίας του Γ.Π.Α. κατά την καλλιεργητική περίοδο 2017 – 2018. Όπου (ΒΑΑ): Βιοδιεγέρτης Αναστολής Αιθυλενίου, (ΒΠΑ): Βιοδιεγέρτης Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης, (ΒΠΚ): Βιοδιεγέρτης Προώθησης Κυτοκίνης

	1 ^η επανάληψη	2 ^η επανάληψη	3 ^η επανάληψη
Ποικιλία Normanno	CONTROL	ΒΠΚ	ΒΑΑ + ΒΠΚ
	ΒΑΑ + ΒΠΑ	ΒΑΑ + ΒΠΑ	ΒΑΑ
	ΒΑΑ + ΒΠΚ	ΒΠΑ	CONTROL
	ΒΑΑ	ΒΑΑ + ΒΠΑ	ΒΑΑ + ΒΠΚ
	ΒΠΚ	CONTROL	ΒΠΑ
	ΒΠΑ	ΒΑΑ	ΒΠΚ
Ποικιλία Meridiano	ΒΑΑ	ΒΠΑ	ΒΑΑ + ΒΠΑ
	ΒΠΚ	CONTROL	ΒΠΑ
	ΒΑΑ + ΒΠΑ	ΒΑΑ	ΒΠΚ
	ΒΠΑ	ΒΑΑ + ΒΠΚ	ΒΑΑ
	CONTROL	ΒΠΚ	ΒΑΑ + ΒΠΚ
	ΒΑΑ + ΒΠΚ	ΒΑΑ + ΒΠΑ	CONTROL

3.3 Υλικά

Στην έρευνα, αξιολογήθηκαν δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού, η *Triticum durum L., cv. Normanno* και η *Triticum durum L., cv. Meridiano*. Στον πίνακα 3.3.1, απεικονίζονται αγρονομικά, μορφολογικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε ποικιλίας. Το πολλαπλασιαστικό υλικό των συγκεκριμένων ποικιλιών, προμηθεύτηκε από την αγορά. Η καλλιέργεια ήταν μη αρδευόμενη.

Πίνακας 3.3.1 Αγρονομικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών *Normanno* και *Meridiano*

Αγρονομικά χαρακτηριστικά	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Ύψος φυτού	Μέσο	Μέσο
Χρώμα αγάνων	Καφέ	Ανοιχτό καφέ
Αδέλφωμα	Υψηλό	Αρκετά υψηλό
Εμφάνιση στάχews	Μέση	Μέση
Παραγωγικό δυναμικό	Υψηλό	Πολύ υψηλό
Ελαιοτριπτικό βάρος	Υψηλό	Υψηλό
Χαρακτηριστικά του καρπού		
Περιεκτικότητα πρωτεΐνης	Υψηλή	Μέση – Υψηλή
Ποιότητα γλουτένης (1-10)	7	Μέση
Βάρος χιλίων κόκκων	> 48	> 48
Δείκτης χρώματος	24 – 26	24 – 26
Ανθεκτικότητα		
Ανθεκτικότητα στο ωίδιο	Υψηλή	Υψηλή
Ανθεκτικότητα στις σκωριάσεις	Μέτρια	Υψηλή
Ανθεκτικότητα στη σεπτόρια	Μέτρια	Μέτρια
Αντοχή στο πλάγιασμα	Υψηλή	Μέτρια
Αντοχή στο ψύχος	Υψηλή	Υψηλή

Οι τρεις τύποι βιοδιεγερτών εφαρμόστηκαν δια ψεκασμού, στα κοκκώδη βασικά και επιφανειακά λιπάσματα, σε δόση 2 L βιοδιεγέρτη / t λιπάσματος ή αναγωγικά 20 ml / στρέμμα. Ο πρώτος τύπος (BAA), εφαρμόστηκε στη βασική λίπανση, κατά την εγκατάσταση του πειράματος. Ο δεύτερος και ο τρίτος τύπος (BPA και BPK), εφαρμόστηκαν στο στάδιο ξεσταχυάσματος (*booting stage*, *Zadok's scale 38 - 41*), κατά την επιφανειακή λίπανση (εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Εφαρμογή ΒΠΑ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης) και ΒΠΚ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Κυτοκινίνης), στο στάδιο ξεσταχυάσματος (*booting scale, Zadoks scale 38 – 41*), κατά την επιφανειακή λίπανση. (Προσωπικό αρχείο)

Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκαν οι παραπάνω βιοδιεγέρτες και εφαρμόστηκαν στο συγκεκριμένο χρονικό στάδιο αναφέρθηκαν διεξοδικά στο υποκεφάλαιο 1.1.4. Η χημική σύνθεση των εφαρμοζόμενων σκευασμάτων αναγράφεται στους επόμενους πίνακες.

Πίνακας 3.3.2 Χημική σύνθεση ΒΑΑ (Βιοδιεγέρτη Αναστολής Αιθυλενίου)

ΒΑΑ	N	K ₂ O	Co	Mo	Φυσικοί διεγέρτες
Σύνθεση	10,5 % w/w	5% w/w	0,002% w/w	0,002% w/w	Τεχνολογία <i>Stoller</i>

Πίνακας 3.3.3 Χημική σύνθεση ΒΠΚ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Κυτοκινίνης)

ΠΚ	CaO υδατοδιαλυτό	CaO σύμπλοκο	Cu σύμπλοκο	Zn σύμπλοκο	Φυσικοί διεγέρτες
Σύνθεση	7% w/w	6% w/w	0,002% w/w	0,002% w/w	<i>Ecklonia maxima</i>

Πίνακας 3.3.4 Χημική σύνθεση ΒΠΑ (Βιοδιεγέρτη Προώθησης Αυξίνης και Γιββερελλίνης)

ΠΑ	Ca υδατοδιαλυτό	Ca σύμπλοκο	Σ.παράγοντας	Φυσικοί Διεγέρτες
Σύνθεση	7% w/w	6% w/w	C ₆ H ₁₂ O ₇ (γλουκονικό οξύ)	<i>Ascophyllum nodosum</i>

3.4 Καλλιεργητικά στοιχεία

Το πείραμα εγκαταστάθηκε στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στις 8/12/2017. Οι καλλιεργητικές τεχνικές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις συμβατικές και καθιερωμένες μεθόδους παραγωγής σκληρού σιταριού (Adamicki et al., 2005). Η προετοιμασία του εδάφους περιλάμβανε φρεζάρισμα, με σκοπό τον φιλοχωματισμό του εδάφους και τον σχηματισμό της σποροκλίνης. Η σπορά των δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού, η βασική λίπανση (σύμμεικτο λίπασμα 20 – 20 – 0) και η εφαρμογή του πρώτου τύπου βιοδιεγέρτη (BAA) έγιναν στις 8/12/2017. Η ποσότητα λίπανσης ήταν 20 kg/στρέμμα, η ποσότητα σπόρου ανά γραμμή ήταν 20 gr και το βάθος σποράς ήταν 20 cm. Με χρήση γραμμοχαράκτη, κατασκευάστηκαν οι γραμμές σποράς, σε αποστάσεις 30 cm μεταξύ τους. Ο αριθμός τους ανά πειραματικό τεμάχιο ήταν 7. Τα παραπάνω διεξήχθησαν ύστερα από μέτρηση των κατάλληλων αποστάσεων και εισαγωγή πασσάλων. Η εφαρμογή ΒΠΑ και ΒΠΚ, έγινε στις 1/3/2018, μέσω της επιφανειακής λίπανσης, (σύμμεικτο λίπασμα 40 – 0 – 0), ποσότητας 20 kg / στρέμμα. Λεπτομέρειες σχετικά με την χημική σύσταση των λιπασμάτων βασικής και επιφανειακής εφαρμογής, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.4 Χημική σύσταση των λιπασμάτων βασικής (20 – 20 – 0) και επιφανειακής λίπανσης (40 – 0 – 0)

	N_{ολικό}	NO₃	NH₄	NH₂	P₂O₅	K₂O	S	MgO	B
20 - 20 - 0	20	2	18	-	20	-	8	-	-
40 - 0 - 0	-	-	5.3	34.7	-	-	6	-	-

Ο έλεγχος του πληθυσμού των ζιζανίων, έγινε στις 22/2/2018 μέσω μεταφυτρωτικής χημικής ζιζανιοκτονίας και χρήσης διασυστηματικού, εκλεκτικού πλατυφυλλοκτόνου (Pacifica Plus), στο φύλλωμα. Τα κύρια ζιζάνια της καλλιέργειας ήταν τα *Sisymbrium officinalis* L., *Fumaria officinalis* L. και *Sinapis alba* L. (εικόνα 3.4). Η σύνθεση του διαλύματος ήταν 20 ml δραστικής ουσίας σε 6 L νερού. Σε κάθε υποτεμάχιο αφέθηκε 1 μέτρο (m) χωρίς εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, έτσι ώστε να μελετηθούν ορισμένα χαρακτηριστικά ζιζανιολογικού ενδιαφέροντος. Τέλος, να σημειωθεί πως κατά την περίοδο διεξαγωγής του πειράματος, δεν εφαρμόστηκε χημική καταπολέμηση παθογόνων / εχθρών.



Εικόνα 3.4 Παρουσία ζιζανίων στον πειραματικό αγρό, 67 ημέρες μετά από τη σπορά (Προσωπικό αρχείο)

3.5 Βιομετρικές παρατηρήσεις / μετρήσεις

Από δειγματοληψία 3 φυτών, ενδιαμέσων σειρών σποράς (περιορισμός επίδρασης περιθωρίου), ανά πειραματικό τεμάχιο, εκτιμήθηκαν αγρονομικά χαρακτηριστικά όπως:

1. Φυλλική επιφάνεια (AL)
2. Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI)
3. Αριθμός φύλλων (NL)
4. Αριθμός αδελφιών (NTL)
5. Αριθμός ταξιανθιών (NPTL)
6. Ξηρό βάρος στελεχών (DW)
7. Ξηρό βάρος ταξιανθιών (DWS)
8. Ξηρό βάρος φυτού (DWP)

Η ξήρανση των δειγμάτων έγινε ύστερα από τοποθέτηση τους σε κλίβανο θερμού αέρα στους 70 °C όπου αφέθηκαν περί τις 4 – 7 ημέρες, μέχρι την απόκτηση σταθερού βάρους. Το ξηρό βάρος των επί μέρους φυτικών οργάνων ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακρίβειας και έγινε καταγραφή των μετρήσεων (ανά μεταχείριση και επανάληψη). Οι παραπάνω μετρήσεις επαναλήφθηκαν στις 13/3/2018 (95 ημέρες από τη σπορά), στις 27/3/2018 (109 ημέρες από τη σπορά), στις 17/4/2018 (130 ημέρες από τη σπορά) και στις 4/5/2018 (147 ημέρες από τη σπορά).

Η έναρξη της συγκομιδής της καλλιέργειας, πραγματοποιήθηκε στις 8/6/2018, και η λήξη της, στις 25/6/2018, περίοδος η οποία συμπίπτει με το στάδιο οικονομικής ωρίμανσης του σκληρού σιταριού. Μέσα σε αυτό το διάστημα ολοκληρώθηκε τόσο το 1^ο, όσο και το 2^ο στάδιο συγκομιδής. Το 1^ο αφορούσε την λήψη ολόκληρης της βιομάζας των φυτών εντός των πασσάλων που είχαν τοποθετηθεί κατά την εγκατάσταση του πειράματος, συμπεριλαμβανομένου 0,5m από μία τυχαία και όχι ακριανή γραμμή. Στις 25/6/2018 ολοκληρώθηκε το 2^ο στάδιο της συγκομιδής, το οποίο σχετίζεται με την συλλογή 5 αντιπροσωπευτικών φυτών από κάθε πειραματικό

τεμάχιο. Οι μετρήσεις των αγρονομικών χαρακτηριστικών ξεκίνησαν αμέσως μετά τη συγκομιδή.

Τα αγρονομικά χαρακτηριστικά ή μετρήσεις, αφορούν πρωτίστως την οικονομική απόδοση της καλλιέργειας, η οποία ερμηνεύεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$Y_e = Y \times HI$$

όπου Y η βιολογική απόδοση και HI ο συντελεστής συγκομιδής (harvest index).

Στη συνέχεια, ακολουθείται μία προσέγγιση, βάσει της οποίας η οικονομική απόδοση διαχωρίζεται σε επιμέρους συνιστώσες (*yield components*).

$$Y_e = D \times [v \times n \times w]$$

όπου D η πυκνότητα των φυτών, v ο αριθμός των γονίμων αδελφιών/φυτό, n ο αριθμός των καρπών/γόνημο στέλεχος και w το μέσο βάρος των καρπών.

Έτσι, τα αγρονομικά χαρακτηριστικά (εξαρτημένες μεταβλητές) που μελετήθηκαν επιπλέον ήταν τα εξής:

1. Ξηρό βάρος στάχων (WS)
1. Αριθμός στάχων (NS)
2. Ξηρό βάρος καρπών (WP)
3. Ύψος φυτού (HP)
4. Αριθμός γονίμων αδελφιών ανά φυτό (TILL)
5. Ξηρό βάρος ταξιανθίας (DWF)
6. Αριθμός σταχυδίων ανά ταξιανθία (SPN)
7. Αριθμός καρπών ανά ταξιανθία (GNS)
8. Αριθμός καρπών ανά σταχύδιο (GNP)
9. Ξηρό βάρος καρπών ανά στάχυ (DWG)



Εικόνα 3.5 Λήξη της συγκομιδής της καλλιέργειας του σκληρού σιταριού στις 25/6/2018. (Προσωπικό αρχείο)

3.6 Στατιστική Ανάλυση

Οι επιδράσεις των παραγόντων (A x B Split-plot, 3 επαναλήψεις) επί των εξεταζόμενων αγρονομικών χαρακτηριστικών, εξετάστηκαν μέσω δι - παραγοντικών αναλύσεων διασποράς (ANOVA). Οι συγκρίσεις των μέσων έγιναν με τη μέθοδο ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το «Statgraphics Centurion».

Κεφάλαιο 4

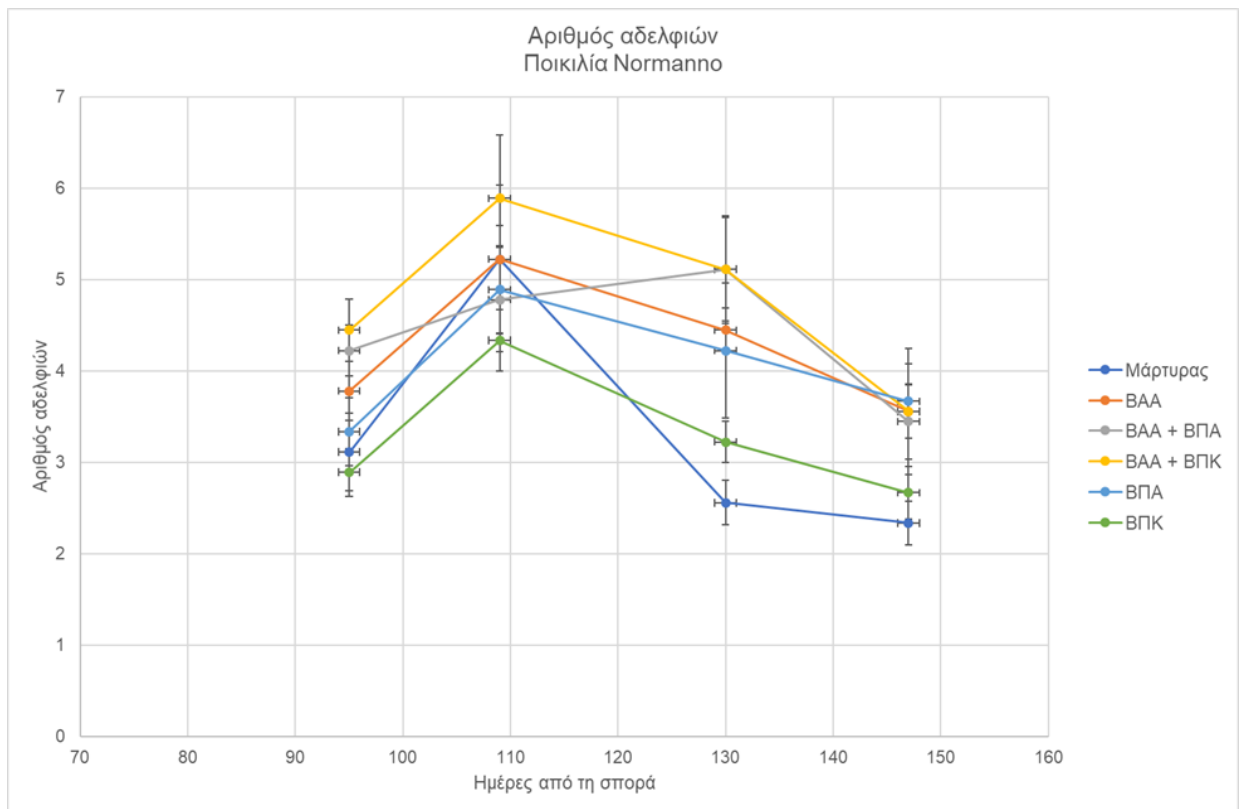
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Χρονικές πορείες

Για τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που παρατίθενται στη συνέχεια, όπως αναφέρθηκε, έγιναν τέσσερις (4) δειγματοληψίες και μετρήσεις, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν στατιστικά, μέσω ανάλυσης διασποράς (ANOVA) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (* $P_{value} = 0,05$). Στους πίνακες ανάλυσης παραλλακτικότητας, με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα της ποικιλίας και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα βιοδιεγερτών.

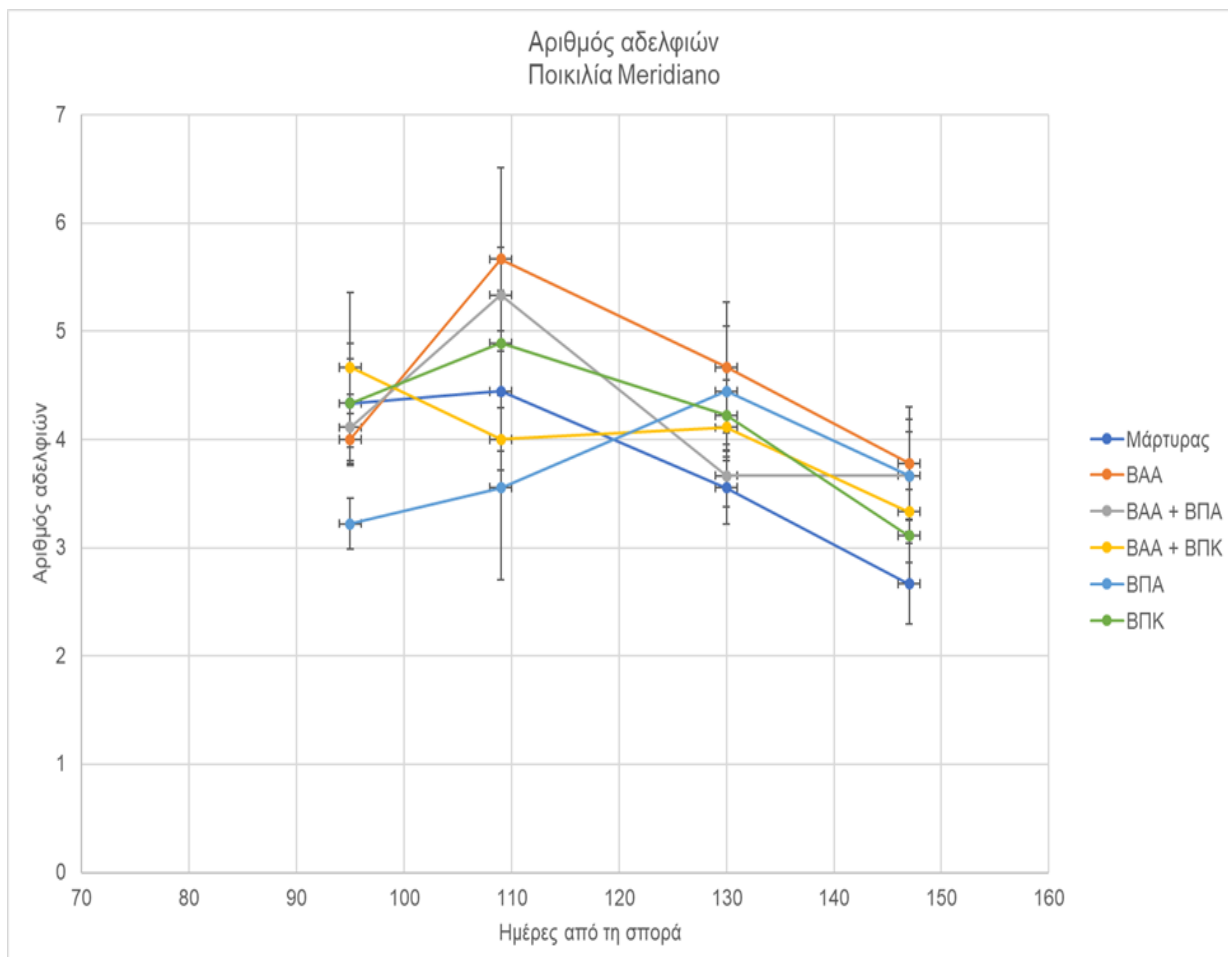
4.1.1. Αριθμός αδελφιών



Διάγραμμα 4.1.1.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των αδελφιών για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Στο **διάγραμμα 4.1.1.1** παρατηρείται σταδιακή αύξηση του αριθμού των αδελφιών από τις 95 μέχρι τις 109 ημέρες, για την ποικιλία *Normanno*. Ωστόσο, από τις 109 και μέχρι τις 147 ημέρες, ο αριθμός των αδελφιών σταδιακά μειώνεται. Εξαιρεση αποτελεί η μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ», στην οποία, ο αριθμός των αδελφιών αυξάνεται και μέχρι τις 139 ημέρες, καταλήγοντας σε έναν υψηλό αριθμό στις 147 ημέρες. Ο αριθμός των αδελφιών στον μάρτυρα, είναι ο χαμηλότερος σχεδόν για όλες τις δειγματοληψίες.

Επίσης, στον μάρτυρα ο ρυθμός μείωσης των αδελφιών είναι ο υψηλότερος. Υψηλότερες τιμές αριθμού αδελφιών, σε όλες τις δειγματοληψίες έχει η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ». Ενδιαφέρον παρουσιάζει, η σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων «BAA» και «BAA + ΒΠΚ», όπου ο αριθμός των αδελφιών της τελευταίας μεταχείρισης, είναι σχεδόν διπλάσιος για κάθε δειγματοληψία.



Διάγραμμα 4.1.1.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των αδελφιών για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά

Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, σχεδόν σε όλες τις μεταχειρίσεις ο αριθμός των αδελφιών, αρχικά αυξάνεται μέχρι τις 109 ημέρες και στη συνέχεια μειώνεται. Εξαιρέση, αποτελεί η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ». Υψηλότερες τιμές αριθμού αδελφιών, έχει η μεταχείριση «BAA», σε όλες τις δειγματοληψίες, με εξαίρεση αυτή των 95 ημερών. Ο αριθμός των αδελφιών στον μάρτυρα, ενώ στην αρχή είναι σχετικά υψηλός, στις δειγματοληψίες των 130 και 147 ημερών από τη σπορά, είναι ο χαμηλότερος. Αξιοσημείωτη είναι η διατήρηση της αύξησης του αριθμού των αδελφιών της μεταχείρισης «ΒΠΑ», μέχρι και τις 130 ημέρες από τη σπορά.

Πίνακας 4.1.1: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός αδελφιών σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

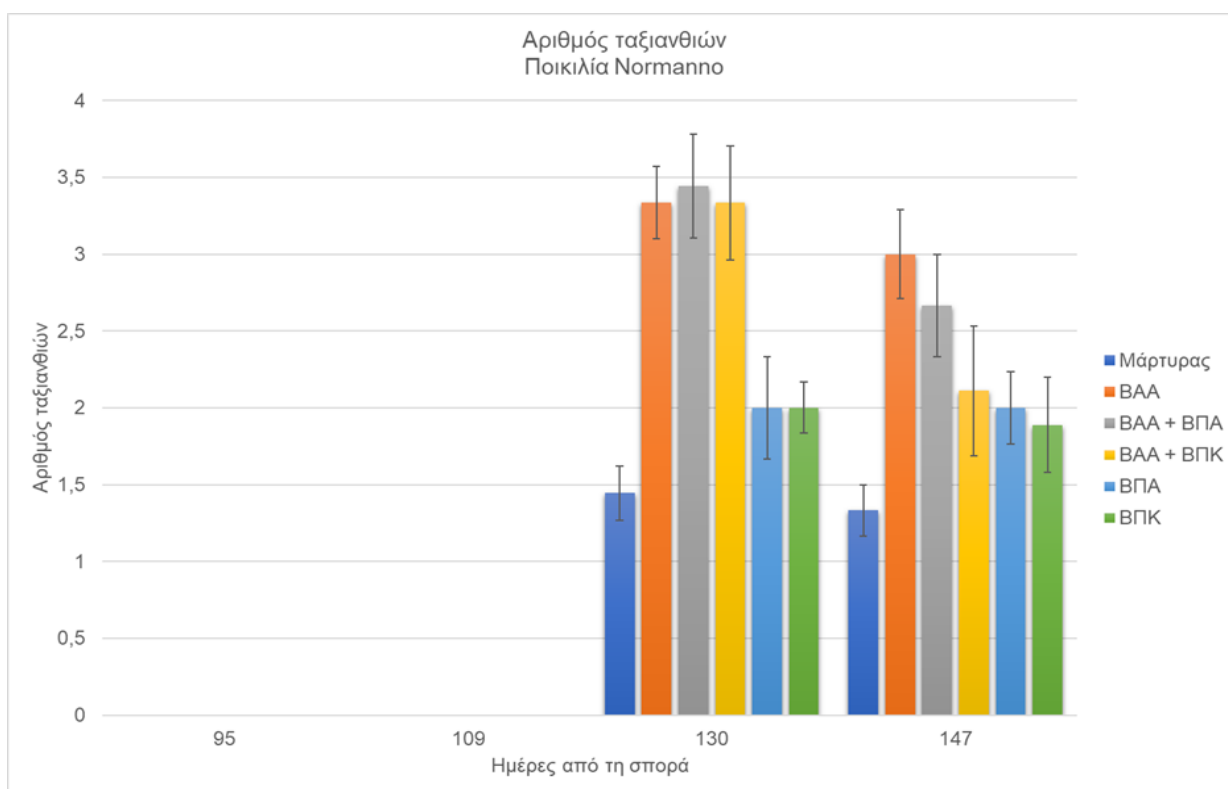
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	*		*		*		ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*		*		*		*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aac</i>	<i>Bab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aabc</i>	<i>Aac</i>	<i>Ba</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>
ΒΑΑ	<i>Aabc</i>	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Abc</i>	<i>Aa</i>	<i>Abc</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>	<i>Ba</i>	<i>Abc</i>	<i>Aab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Bbc</i>	<i>Ab</i>	<i>Ba</i>	<i>Abc</i>	<i>Aab</i>
ΒΠΑ	<i>Aabc</i>	<i>Ab</i>	<i>Aab</i>	<i>Bc</i>	<i>Abc</i>	<i>Aa</i>	<i>Abc</i>	<i>Aab</i>
ΒΠΚ	<i>Ac</i>	<i>Bab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aabc</i>	<i>Ac</i>	<i>Ba</i>	<i>Aac</i>	<i>Aab</i>

Οι μεταχειρίσεις διαφοροποιούνται μεταξύ τους με διαφορετικό τρόπο, σε όλες τις δειγματοληψίες (πίνακας 4.1.1). Για την ποικιλία *Normanno*, αξιοσημείωτη είναι η σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (5 αδέρφια), «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (5 αδέρφια) και μάρτυρα (3 αδέρφια), στη δειγματοληψία 130 ημερών από τη σπορά. Επιπρόσθετα στις 147 ημέρες, ο μάρτυρας διαφέρει στατιστικά σημαντικά με όλες τις επεμβάσεις.

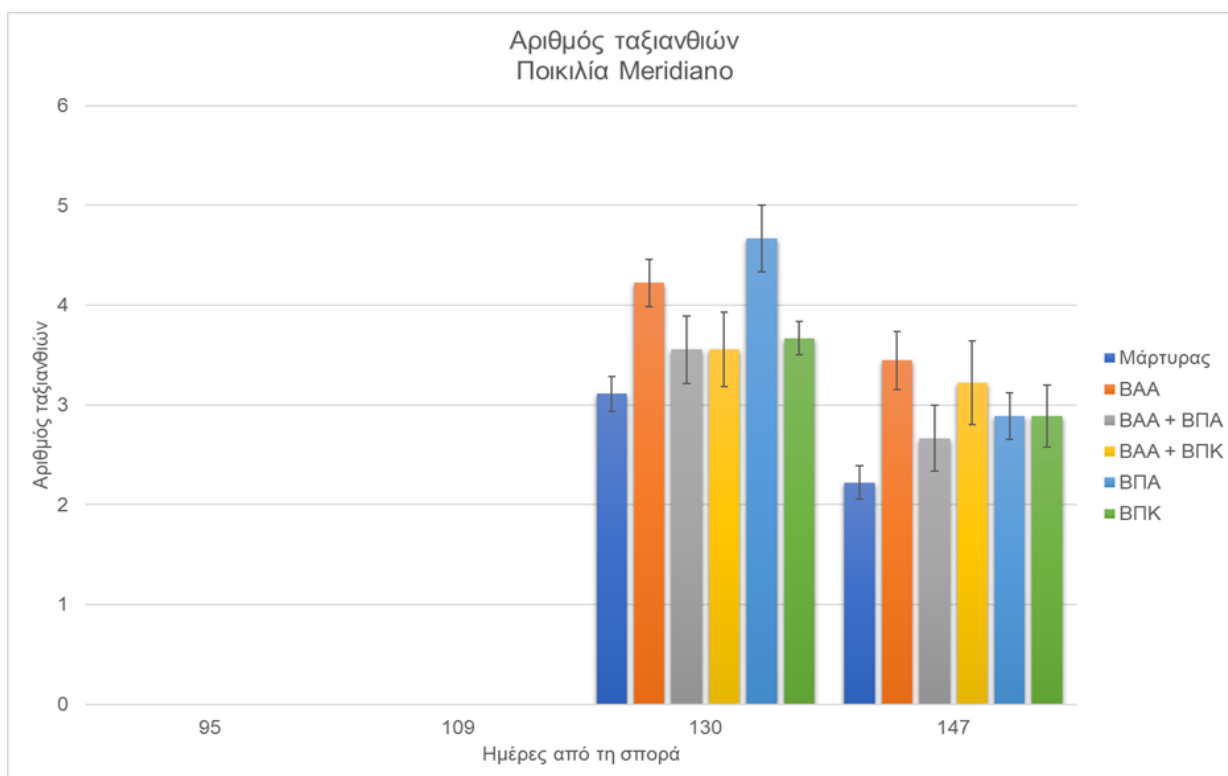
Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, αξίζει να σημειωθεί η διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «ΒΑΑ» (3,7) και του μάρτυρα (2,6), στη δειγματοληψία των 147 ημερών.

Τέλος, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των δύο ποικιλιών. Μάλιστα, στη δειγματοληψία των 130 ημερών για την ποικιλία *Normanno*, οι συνδυασμοί «ΒΑΑ + ΒΠΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΚ», έχουν μέσο όρο αριθμού αδελφιών 5,11 ο κάθε ένας, σε σχέση με την ποικιλία *Meridiano* που οι ίδιοι συνδυασμοί, έχουν μέσο όρο 3,6 και 4 αντίστοιχα. Ωστόσο, στην δειγματοληψία των 147 ημερών δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών.

4.1.2 Αριθμός ταξιανθιών



Διάγραμμα 4.1.2.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών για την ποικιλία *Normanno*, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.2.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών για την ποικιλία *Meridiano*, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Ένα επιπλέον αγρονομικό χαρακτηριστικό που μελετήθηκε, είναι ο αριθμός των ταξιανθιών. Στις δειγματοληψίες των 95 και 109 ημερών δεν είχαν εμφανιστεί ακόμη ταξιανθίες. Για την ποικιλία *Normanno*, εντός διαστήματος 20 ημερών (130 – 147), παρατηρείται ελαφρά μείωση του αριθμού των ταξιανθιών μεταξύ των μεταχειρίσεων. Τα φυτά σκληρού σίτου στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα, είχαν το χαμηλότερο αριθμό ταξιανθιών, ενώ στα πειραματικά τεμάχια των μεταχειρίσεων «BAA», «BAA + ΒΠΑ» και «BAA + ΒΠΚ» τον υψηλότερο (διάγραμμα 4.1.2.1).

Τα αποτελέσματα της ποικιλίας *Meridiano*, συγκλίνουν αρκετά με αυτά της *Normanno*. Η μόνη διαφορά εντοπίζεται στο γεγονός, ότι τα φυτά της μεταχείρισης «ΒΠΑ», εμφανίζουν και αυτά υψηλό αριθμό ταξιανθιών (δειγματοληψία 130 ημερών), μαζί φυσικά με αυτά των μεταχειρίσεων «BAA» και «BAA + ΒΠΚ» (διάγραμμα 4.1.2.2).

Πίνακας 4.1.2: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός ταξιανθιών σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

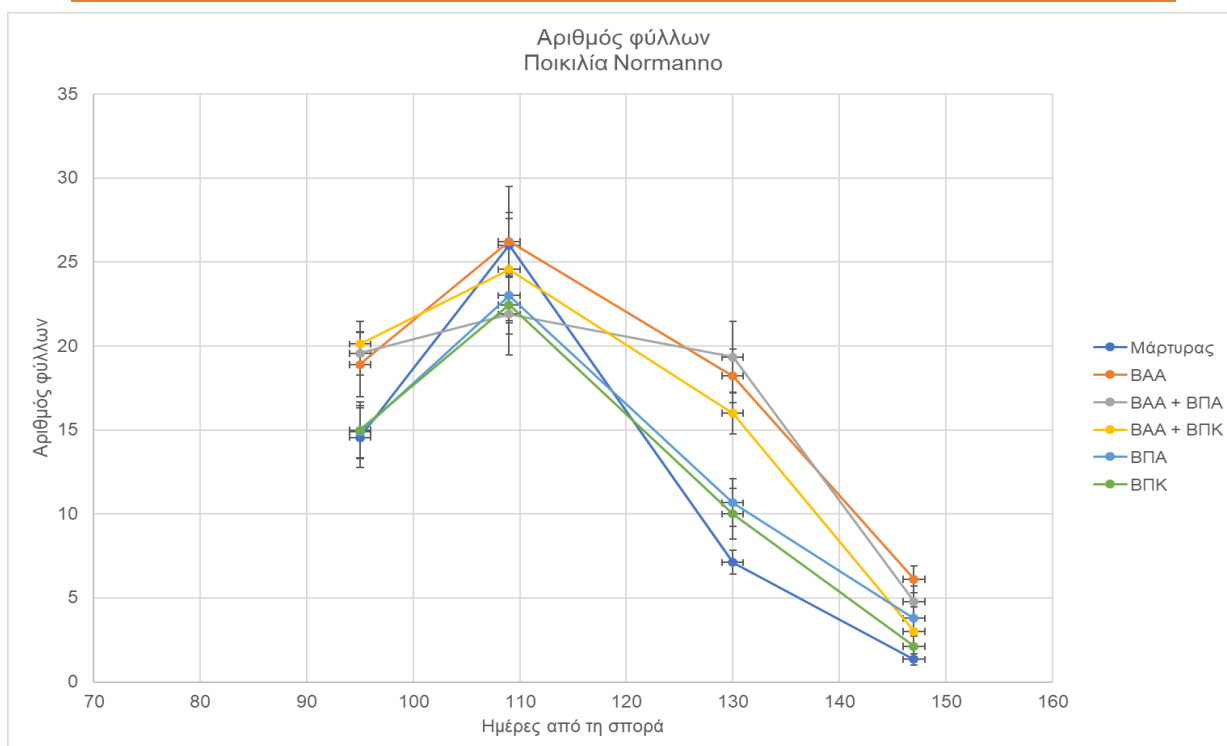
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	-		-		*		ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	-		-		*		*	
Αλληλεπίδραση	-		-		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	-	-	-	-	Aa	Ba	Aa	Ba
BAA	-	-	-	-	Ab	Bab	Ab	Ab
BAA+ ΒΠΑ	-	-	-	-	Ab	Aab	Ab	Aab
BAA + ΒΠΚ	-	-	-	-	Ab	Aab	Aab	Bab
ΒΠΑ	-	-	-	-	Aa	Bb	Aab	Bab
ΒΠΚ	-	-	-	-	Aa	Bab	Aab	Bab

Στατιστικά, σημαντικές διαφορές υπάρχουν και στις δύο δειγματοληψίες, μεταξύ των μεταχειρίσεων. Σχετικά με την ποικιλία *Normanno*, οι μεταχειρίσεις διαφέρουν μεταξύ τους, τόσο στη δειγματοληψία των 130, όσο και των 147 ημερών. Πιο συγκεκριμένα, οι επεμβάσεις «BAA», «BAA + ΒΠΑ» και «BAA + ΒΠΚ», σημειώνουν διπλάσιο αριθμό ταξιανθιών συγκριτικά με τον μάρτυρα (130 ημέρες από τη σπορά), γεγονός, το οποίο επιβεβαιώνεται και στατιστικά σημαντικά. Μεγάλες διαφορές, υπάρχουν μεταξύ μάρτυρα (1,3), «BAA» (3) και «BAA + ΒΠΑ» (2,6) στη δειγματοληψία των 147 ημερών.

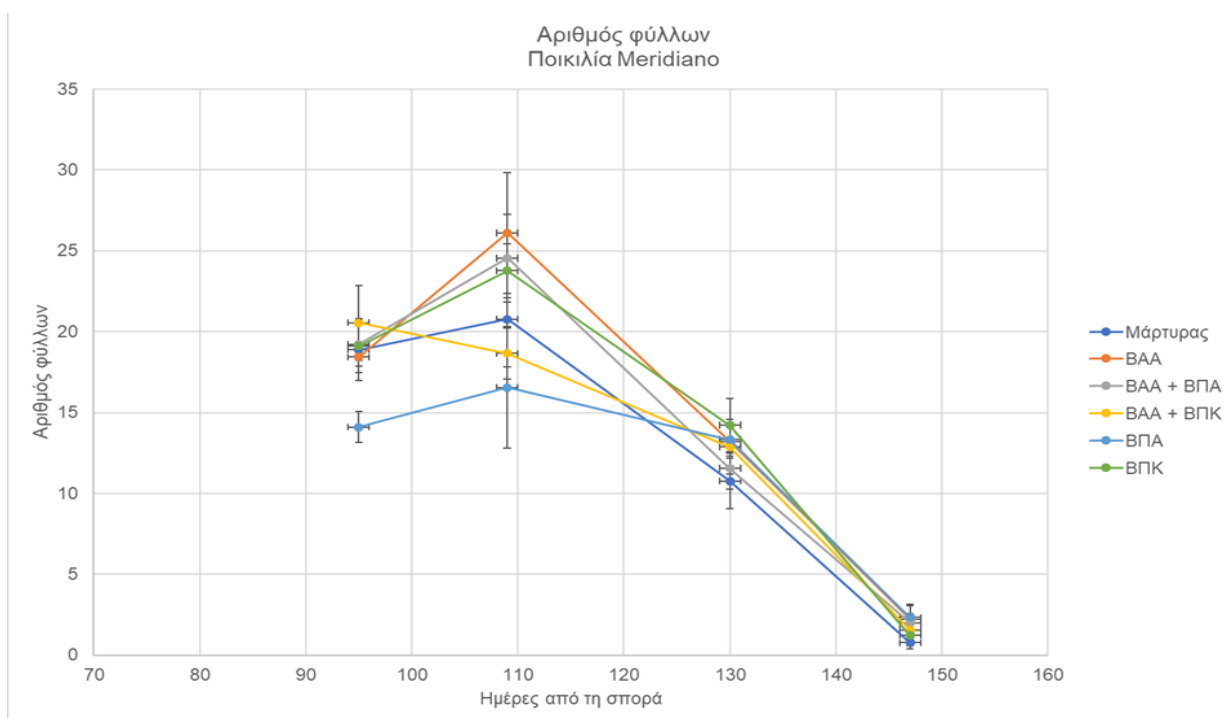
Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ μάρτυρα (3) και μεταχείρισης «ΒΠΑ» (4,6), στη δειγματοληψία 130 ημερών και μεταξύ μάρτυρα (3,1) και μεταχείρισης «BAA» (4,2) στην επόμενη δειγματοληψία.

Επιπλέον, οι δύο ποικιλίες εμφανίζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές (πίνακας 4.1.2). Ενδεικτικά, ο μάρτυρας στην ποικιλία *Meridiano*, έχει μέσο όρο αριθμού ταξιανθιών 1,4 και ο μάρτυρας της άλλης ποικιλίας έχει 3,1 (130 ημέρες από τη σπορά).

4.1.3 Αριθμός φύλλων



Διάγραμμα 4.1.3.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.3.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των φύλλων για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Για το χρονικό διάστημα των 95 – 147 ημερών, μελετήθηκε ένα επιπλέον αγρονομικό χαρακτηριστικό, ο αριθμός των φύλλων. Στην ποικιλία *Normanno*, ο αριθμός των φύλλων αυξάνεται μέχρι τις 109 ημέρες και μετά σταδιακά μειώνεται, έως σχεδόν

εκμηδενίζεται (διάγραμμα 4.1.3.1). Ο μάρτυρας στις δειγματοληψίες των 95, 130 και 147 ημερών, δείχνει να έχει τον χαμηλότερο αριθμό φύλλων, ενώ τον υψηλότερο, φαίνεται να έχουν οι μεταχειρίσεις «BAA», «BAA + ΒΠΑ» και «BAA + ΒΠΚ». Όλοι δηλαδή οι συνδυασμοί με BAA. Αναφορικά με την μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ», ενδιαφέρον παρουσιάζει η διατήρηση του αριθμού των φύλλων του σκληρού σιταριού, σε σταθερά επίπεδα από τις 95 έως τις 130 ημέρες, συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις, όπου η μείωση του αριθμού των φύλλων αρχίζει πιο νωρίς.

Όμοια με την ποικιλία *Normanno*, στην ποικιλία *Meridiano*, ο αριθμός των φύλλων αυξάνεται μέχρι το διάστημα των 109 ημερών και στη συνέχεια σταδιακά μειώνεται, έως σχεδόν εκμηδενίζεται. Εξαίρεση αποτελεί η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ», όπου η μείωση του αριθμού των φύλλων αρχίζει από τις 95 ημέρες. Στις μετρήσεις των δειγματοληψιών 130 και 147 ημερών, οι τιμές του αριθμού των φύλλων μεταξύ των μεταχειρίσεων συγκλίνουν αρκετά, έως ταυτίζονται. Σημειώνεται ότι ο μάρτυρας φαίνεται να έχει τις χαμηλότερες τιμές σε αυτές τις δειγματοληψίες και για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Για τις άλλες δειγματοληψίες αρκετά χαμηλά βρίσκεται η μεταχείριση «ΒΠΑ» και αρκετά υψηλά οι μεταχειρίσεις «BAA + ΒΠΚ» και «BAA», πάντα ως προς το μελετώμενο χαρακτηριστικό.

Πίνακας 4.1.3: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

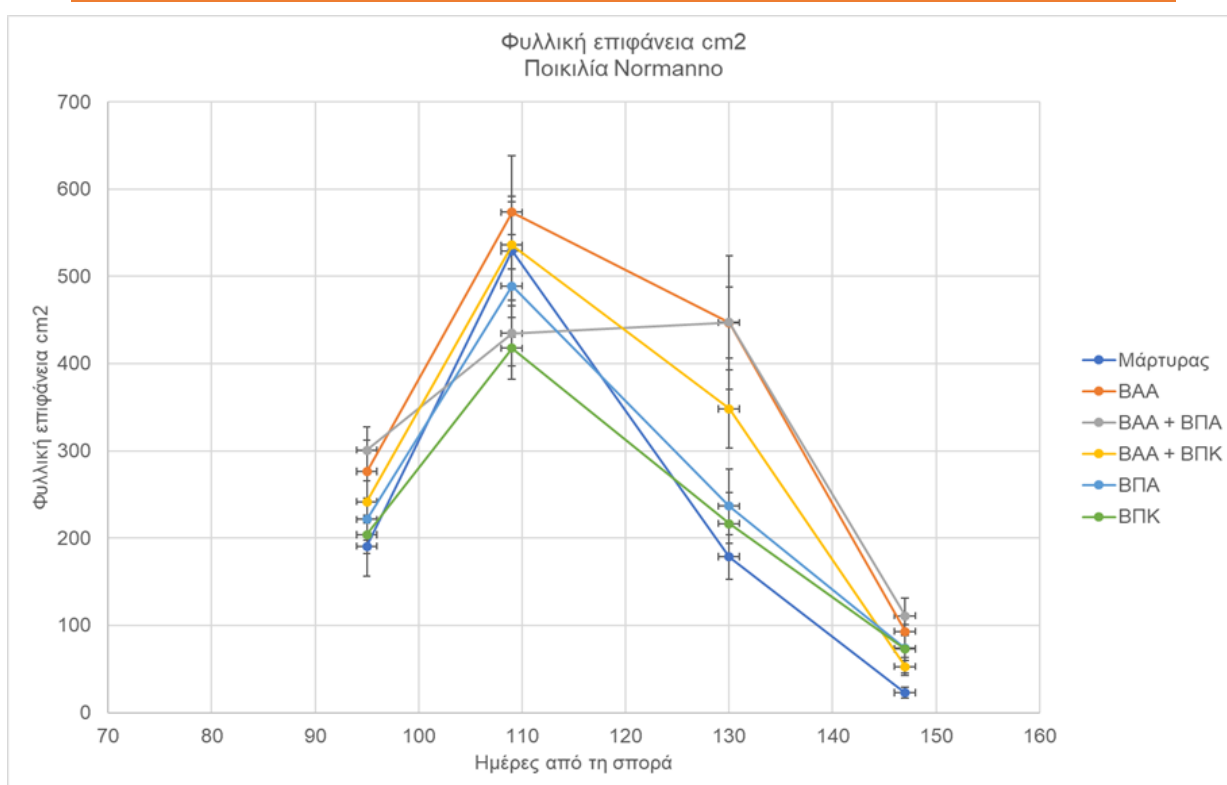
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	*		*		*		*	
Βιοδιεγέρτες	*		*		*		*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	<i>Aa</i>	<i>Babc</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>
BAA	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Ba</i>
BAA+ ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>	<i>Ba</i>	<i>Abc</i>	<i>Ba</i>
BAA + ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Bbc</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aac</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Bc</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ac</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΚ	<i>Aab</i>	<i>Bab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aabc</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>

Μελετώντας τον πίνακα παραλλακτικότητας αρχικά για την ποικιλία *Normanno*, παρατηρείται ότι στη δειγματοληψία των 95 ημερών υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα (14) και της επέμβασης «BAA + ΒΠΚ» (20). Επιπλέον, στη δειγματοληψία των 130 ημερών ο μάρτυρας (8) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «BAA» (18), «BAA + ΒΠΑ» (19) και «BAA + ΒΠΚ» (16). Τέλος στη δειγματοληψία των 147 ημερών υπάρχουν επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα και «BAA», «BAA + ΒΠΑ» και «ΒΠΑ».

Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις «ΒΠΑ» (16) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (24) στις 109 ημέρες αλλά και οι «ΒΠΑ» (14) και «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (20) στις 95. Στις επόμενες δειγματοληψίες δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των δύο ποικιλιών σε πολλές μεταχειρίσεις. Ενδεικτικά στη δειγματοληψία των 130 ημερών, η μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ» σημειώνει μέσο όρο 19 φύλλων στην ποικιλία *Normanno*, ενώ 11 στην ποικιλία *Meridiano*.

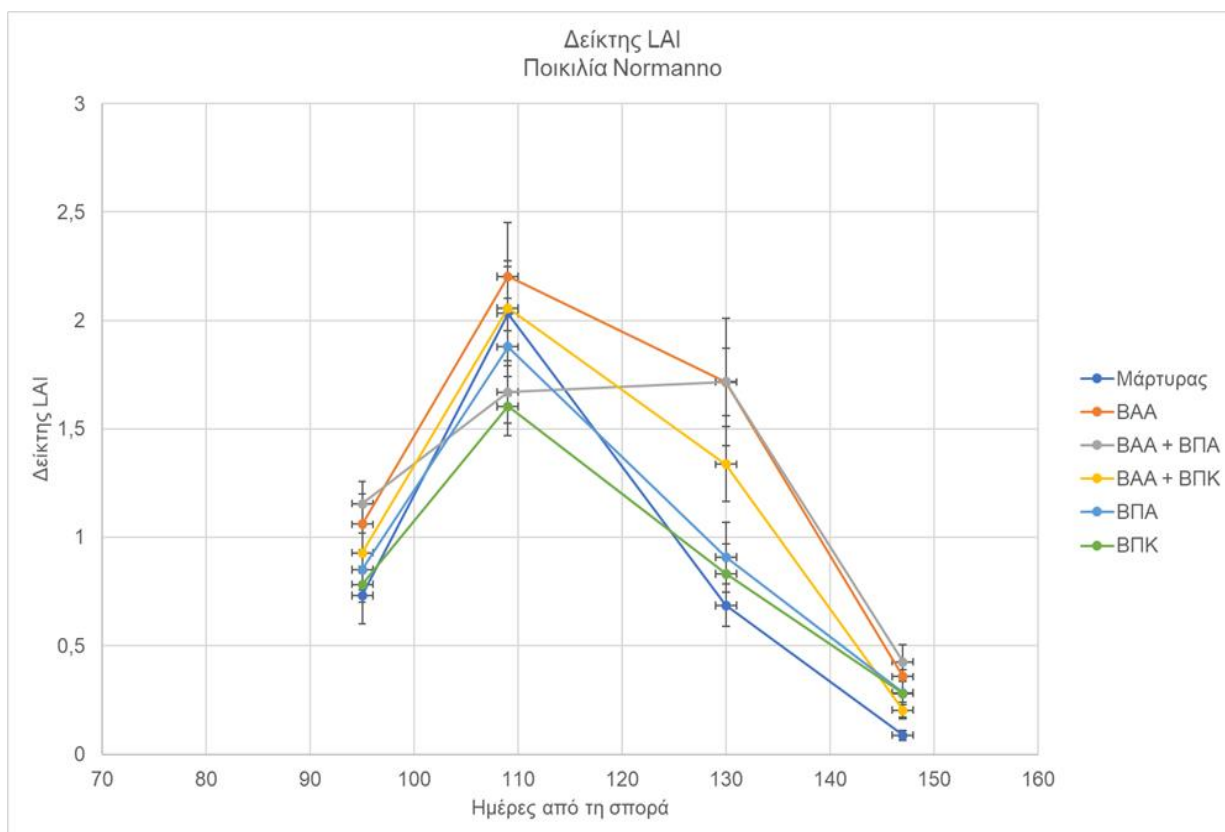
4.1.4 Φυλλική επιφάνεια



Διάγραμμα 4.1.4.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στη φυλλική επιφάνεια για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που μελετήθηκε, ήταν η φυλλική επιφάνεια. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι οι μεταχειρίσεις ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, εξελίσσονται με τρόπο όμοιο, όπως και στον αριθμό των φύλλων (διάγραμμα 4.1.4.1). Στην ποικιλία *Normanno*, η φυλλική επιφάνεια αυξάνεται έως τη δειγματοληψία των 109 ημερών και μετά σταδιακά μειώνεται έως εκμηδενίζεται. Στις δειγματοληψίες των 95, 130 και 147 ημερών, η φυλλική επιφάνεια στον μάρτυρα σημειώνει τις χαμηλότερες τιμές. Μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια, φαίνεται να είχαν τα φυτά της μεταχείρισης «ΒΑΑ». Ακολουθούν με φθίνουσα σειρά τιμής φυλλικής επιφάνειας, οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ + ΒΠΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΚ». Όλοι δηλαδή οι συνδυασμοί με ΒΑΑ, παρουσίασαν υψηλότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας, συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις. Σημειώνεται ότι, και στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, η μεταχείριση

«BAA + ΒΠΑ», φαίνεται να παρατείνει την αύξηση του μεγέθους της φυλλικής επιφάνειας, μέχρι τη δειγματοληψία των 130 ημερών.

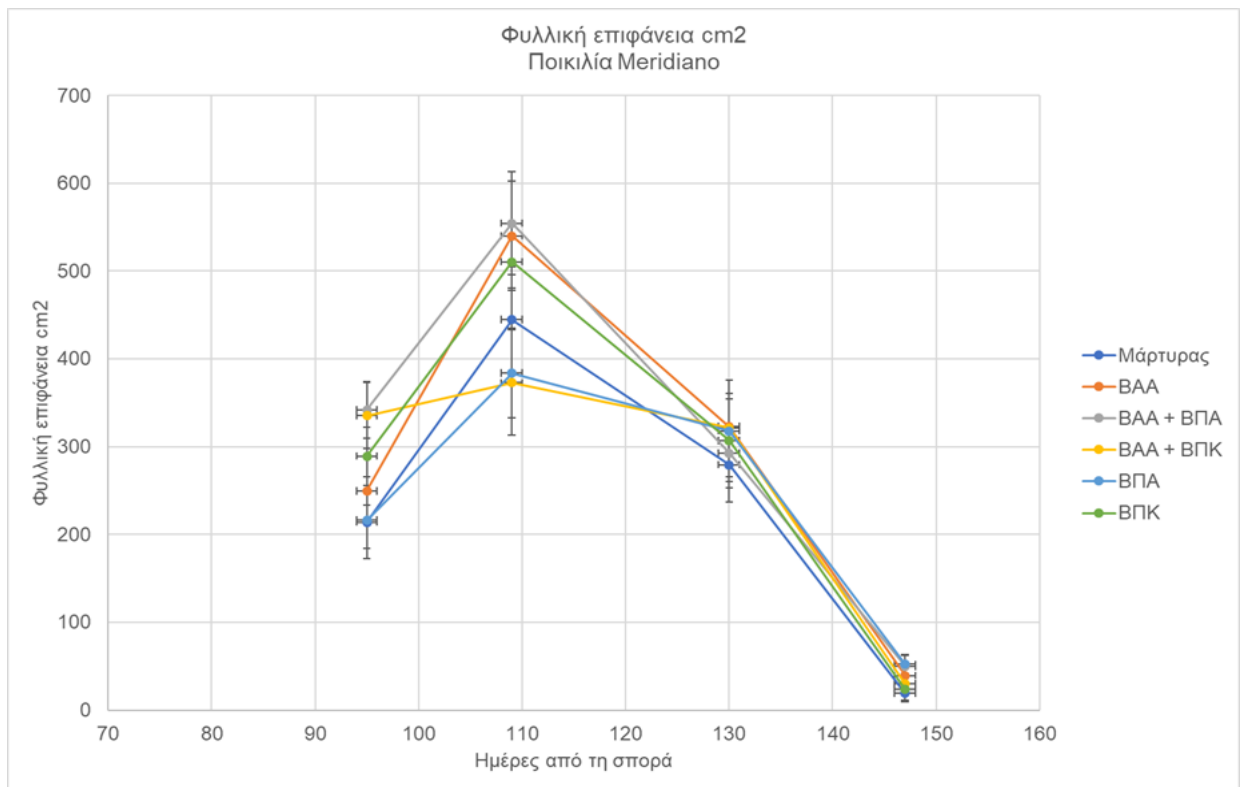


Διάγραμμα 4.1.4.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

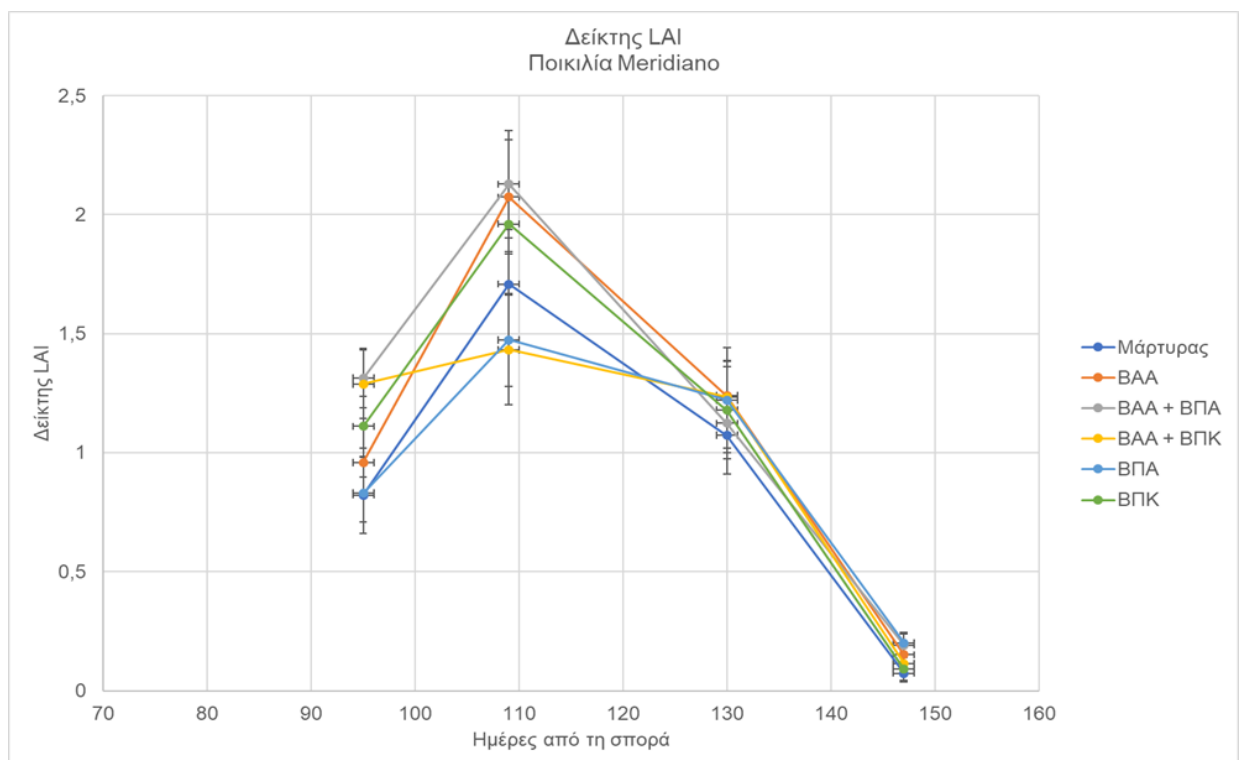
Εφόσον ο δείκτης LAI, προκύπτει μέσω της φυλλικής επιφάνειας, τα αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) θα είναι κοινά, σε διαφορετική κλίμακα (διάγραμμα 4.1.4.2).

Όμοια με το χαρακτηριστικό του αριθμού των φύλλων, στην ποικιλία *Meridiano*, η φυλλική επιφάνεια αυξάνεται μέχρι ενός σημείου (δειγματοληψία 109 ημερών) και στη συνέχεια μειώνεται έως εκμηδενίζεται. Η τιμή της φυλλικής επιφάνειας στον μάρτυρα, για τις δειγματοληψίες των 95, 130 και 147 ημερών, ανέρχεται στα χαμηλότερα επίπεδα, συγκριτικά με τις άλλες μεταχειρίσεις. Οι μεταχειρίσεις συνδυασμών με BAA και στην ποικιλία *Meridiano* σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές, είτε ως «BAA + ΒΠΚ» και «BAA + ΒΠΑ» στη δειγματοληψία των 95 ημερών, είτε ως «BAA» και «BAA + ΒΠΑ» στη δειγματοληψία των 109 ημερών (διάγραμμα 4.1.3.)

Όπως προαναφέρθηκε, εφόσον ο δείκτης LAI προκύπτει μέσω της φυλλικής επιφάνειας, τα αποτελέσματα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) θα είναι κοινά και σε διαφορετική κλίμακα (διαγράμματα 4.1.4.3, 4.1.4.4).



Διάγραμμα 4.1.4.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στη φυλλική επιφάνεια για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.4.4 Επίδραση βιοδιεγερτών στο δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Πίνακας 4.1.4: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό φυλλική επιφάνεια (cm²) σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

, **, *: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.*

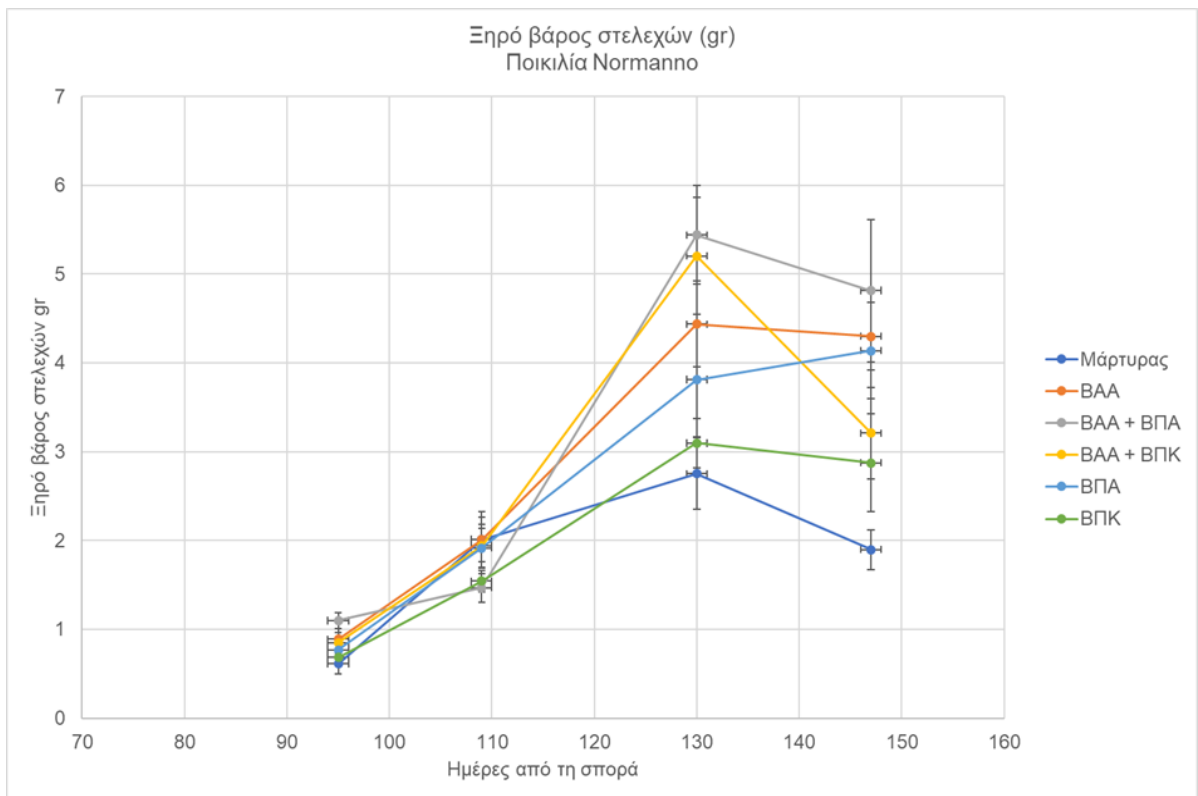
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	*		ΜΣ		ΜΣ		*	
Βιοδιεγέρτες	*		ΜΣ		*		*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	-	-	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>
ΒΑΑ	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	-	-	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Abc</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Bb</i>	-	-	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ac</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Bb</i>	-	-	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	-	-	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aabc</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	-	-	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aabc</i>	<i>Ba</i>

Μελετώντας τον πίνακα ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA) για τη δειγματοληψία των 95 ημερών ποικιλίας *Normanno*, οι επεμβάσεις δεν φαίνεται να διαφοροποιούνται στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Ωστόσο, στατιστικά σημαντικές διαφορές, παρατηρούνται στη δειγματοληψία των 130 ημερών μεταξύ του μάρτυρα (180 cm²) και των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ» (450 cm²) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (450 cm²). Επιπλέον, οι μεταχειρίσεις «ΒΠΑ» και «ΒΠΚ», διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με τις επεμβάσεις «ΒΑΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΑ», σημειώνοντας χαμηλότερες τιμές. Παρόμοιες στατιστικά σημαντικές διαφορές, παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» (93 cm²) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (110 cm²), συγκριτικά με τον μάρτυρα (22 cm²) στη δειγματοληψία των 147 ημερών.

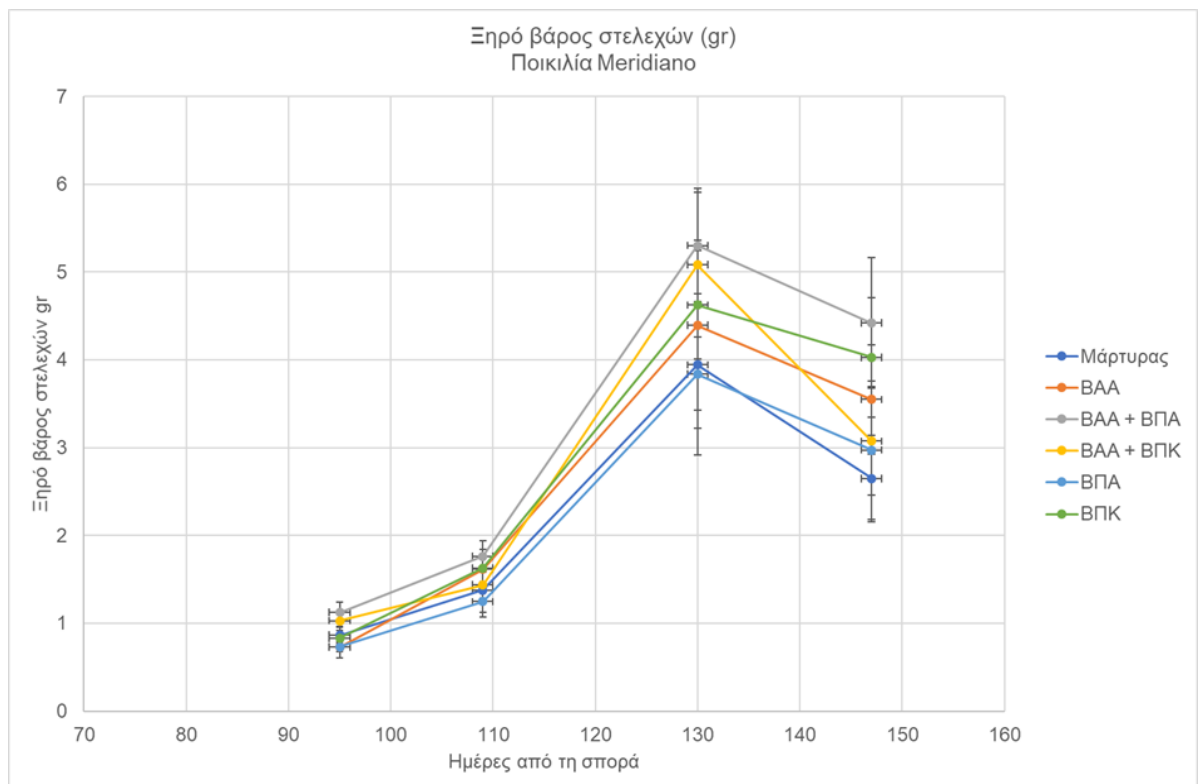
Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στη δειγματοληψία των 95 ημερών, μεταξύ μάρτυρα (214cm²), «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (341 cm²) και «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (335 cm²).

Τέλος, στη φυλλική επιφάνεια, διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των δύο ποικιλιών (παράγοντας ποικιλίας), οι οποίες μάλιστα επιβεβαιώνονται στατιστικά σημαντικά. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στη δειγματοληψία των 95 ημερών η ποικιλία *Meridiano* σημειώνει υψηλότερες τιμές φυλλικής επιφάνειας σε σχέση με τη ποικιλία *Normanno*, ενώ στη δειγματοληψία των 147 ημερών, συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο. Για παράδειγμα, στη δειγματοληψία 95 ημερών και στη μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ», η ποικιλία *Normanno* έχει μέσο όρο 300 cm² φυλλικής επιφάνειας ενώ η *Meridiano* 341. Όμως, στη δειγματοληψία 147 ημερών και στη μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ», η ποικιλία *Normanno* σημειώνει μέσο όρο 110 cm² φυλλικής επιφάνειας ενώ η *Meridiano* 49.

4.1.5 Ξηρό βάρος στελεχών



Διάγραμμα 4.1.5.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των στελεχών για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.5.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των στελεχών για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Στο *διάγραμμα 4.1.5.1*, παρατηρείται σταδιακή αύξηση του ξηρού βάρους των στελεχών μέχρι τη δειγματοληψία των 130 ημερών, για όλες τις μεταχειρίσεις. Στην ποικιλία *Normanno*, μετά από το συγκεκριμένο σημείο, το ξηρό βάρος των στελεχών σε ορισμένες περιπτώσεις σταθεροποιείται, ενώ σε άλλες ελαφρώς μειώνεται. Παράλληλα, υψηλότερες τιμές ξηρού βάρους στελεχών, φαίνεται να έχουν όλοι οι συνδυασμοί με ΒΑΑ, ενώ ο μάρτυρας χαμηλότερες. Παρόμοια εικόνα, παρουσιάζεται και στην άλλη ποικιλία (*διάγραμμα 4.1.5.2*)

Πίνακας 4.1.5: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό ξηρό βάρος στελεχών (g) σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

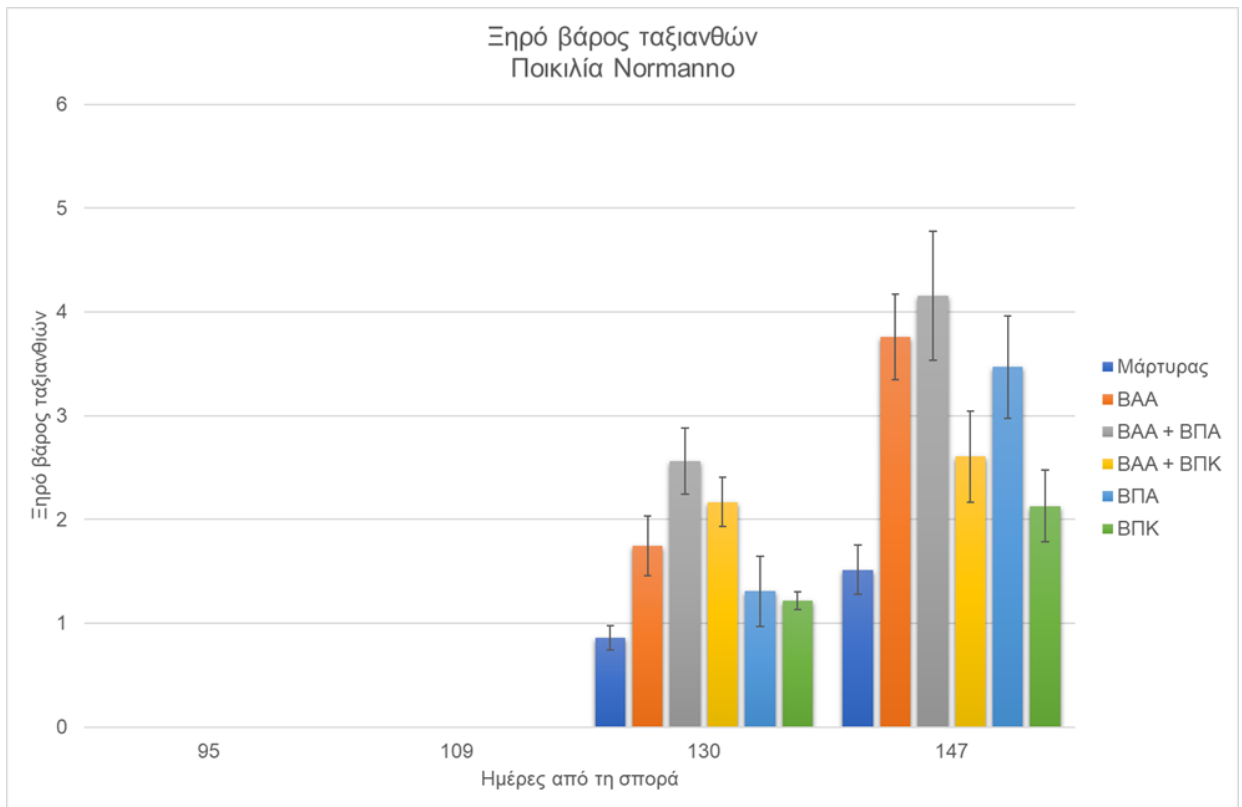
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	*		*		*		ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*		ΜΣ		*		*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>
ΒΑΑ	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>

Από την ανάλυση διασποράς (*πίνακας 4.1.5*), προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις δειγματοληψίες 95, 130 και 147 ημερών. Στην ποικιλία *Normanno*, οι μεταχειρίσεις διαφοροποιούνται με τον εξής τρόπο. Στη δειγματοληψία 95 ημερών ο μάρτυρας (0,61 g) και η μεταχείριση «ΒΠΚ» (0,68 g), διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τον συνδυασμό «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (1,09 g). Ανάλογου μεγέθους διαφορές, υπάρχουν και στη δειγματοληψία των 130 ημερών μεταξύ μάρτυρα (2,75 gr, «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (5,20 g) και «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (5,44 g). Επιπρόσθετα, στη δειγματοληψία 147 ημερών ο μάρτυρας (1,89 gr), διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά με την μεταχείριση «ΒΑΑ» (4,3 g) και την «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (4,81 g).

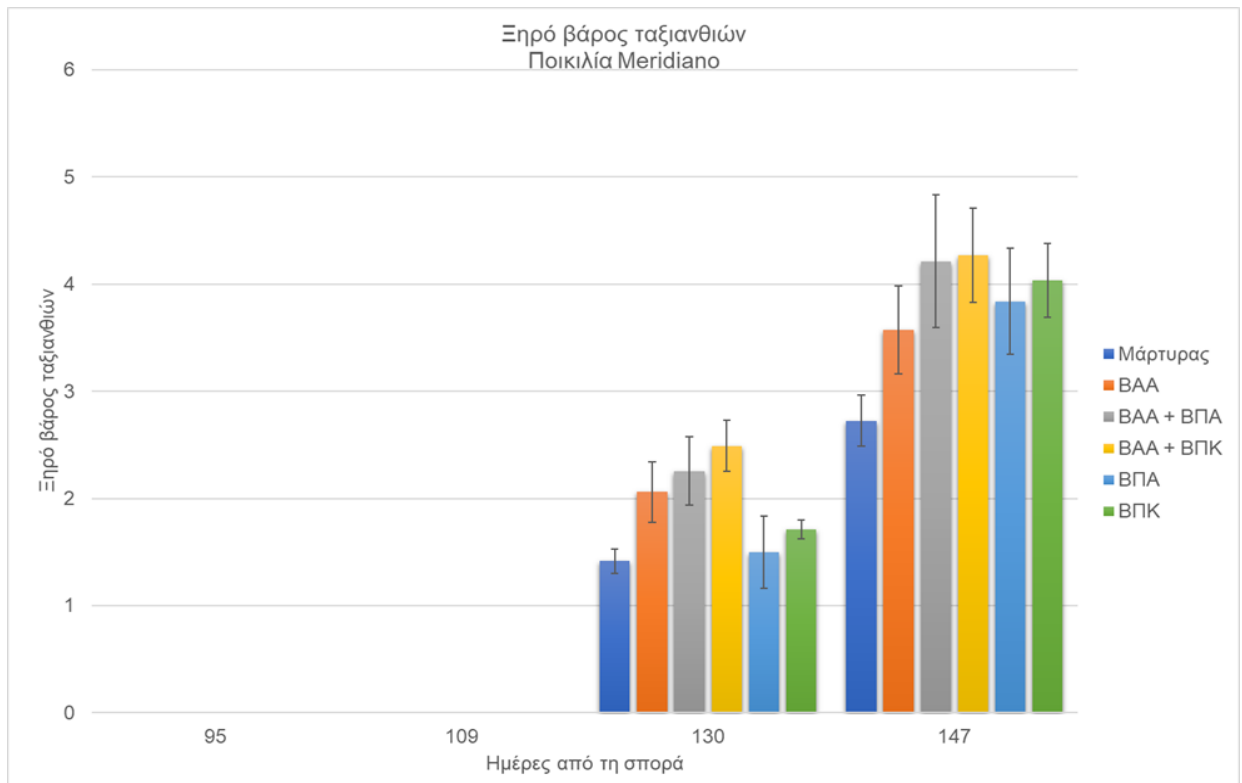
Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, στη δειγματοληψία 95 ημερών ενδιαφέρον παρουσιάζει η στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ» (3,55 g) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (4,42 g).

Τέλος, στις δειγματοληψίες 95, 109 και 130 ημερών, σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των δύο ποικιλιών. Ενδεικτικά, στη δειγματοληψία 95 ημερών και στον μάρτυρα, το ξηρό βάρος των στελεχών της ποικιλίας *Normanno*, ανέρχεται στα 0,61 g, ενώ στη *Meridiano* στα 0,86 g. Ταυτόχρονα, στη δειγματοληψία των 130 ημερών και στον μάρτυρα, το ξηρό βάρος των στελεχών της ποικιλίας *Normanno* ανέρχεται στα 2,75 g ενώ στην ποικιλία *Meridiano* στα 3,9 g.

4.1.6 Ξηρό βάρος ταξιανθιών



Διάγραμμα 4.1.6.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.6.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος των ταξιανθιών για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Για το χρονικό διάστημα των 95 – 147 ημερών, ένα επιπλέον αγρονομικό χαρακτηριστικό, το οποίο συσχετίστηκε με τις μεταχειρίσεις, ήταν το ξηρό βάρος των ταξιανθιών. Στις δειγματοληψίες των 95 και 109 ημερών δεν είχαν εμφανιστεί ακόμη ταξιανθίες. Στην ποικιλία *Normanno*, για το χρονικό διάστημα 130 – 147 ημερών, παρατηρείται αύξηση του ξηρού βάρους των ταξιανθιών, σε όλες τις μεταχειρίσεις (διάγραμμα 4.1.6.1). Σε γενικές γραμμές, ο μάρτυρας παρουσίασε τις χαμηλότερες τιμές ξηρού βάρους ταξιανθιών, ενώ τις υψηλότερες η μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ». Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται και στις δύο δειγματοληψίες.

Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζουν τα φυτά της ποικιλίας *Meridiano*. Εμφάνιση ταξιανθιών έχουμε μετά το διάστημα των 130 ημερών. Μέσα σε διάστημα 20 ημερών (130 – 147) παρατηρείται αύξηση του ξηρού βάρους των ταξιανθιών. Ο μάρτυρας και στις 2 δειγματοληψίες λαμβάνει τις χαμηλότερες τιμές ξηρού βάρους. Υψηλότερο ξηρό βάρος παρουσιάζει η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ».

Πίνακας 4.1.6: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό ξηρό βάρος ταξιανθιών (gr) σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

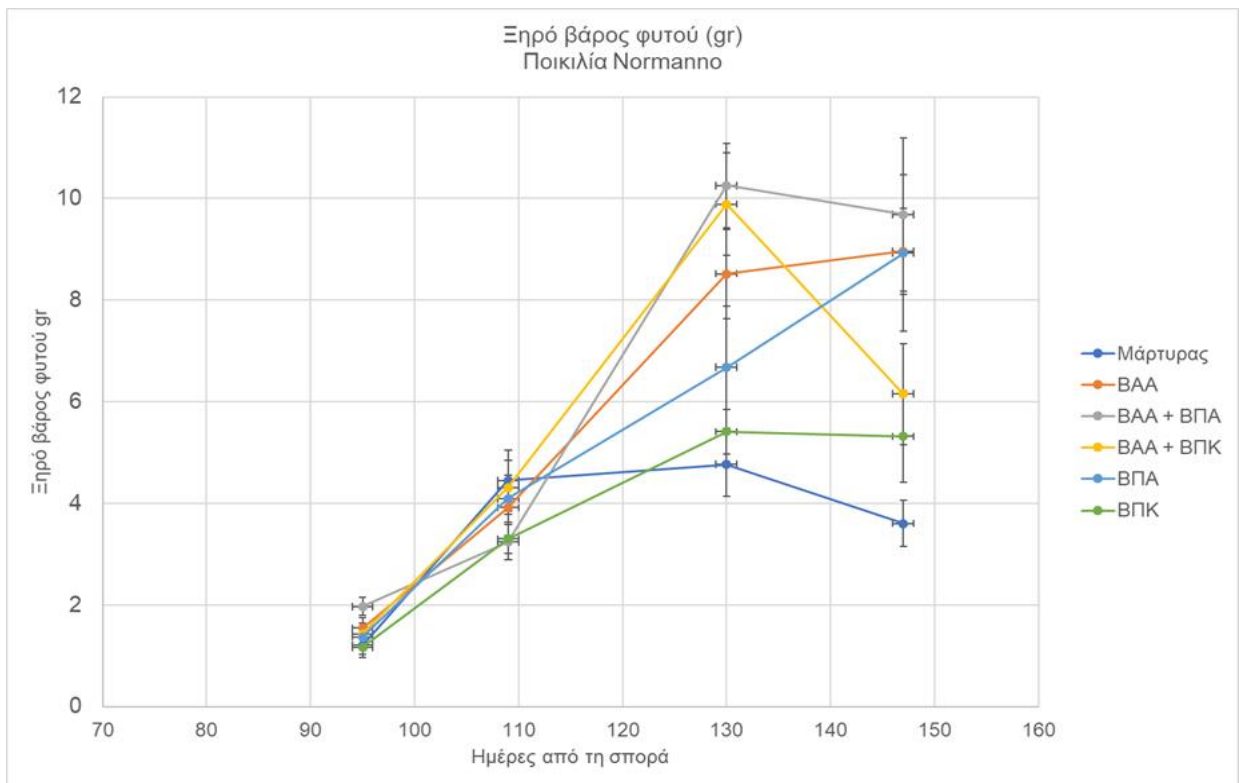
DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	-		-		*		*	
Βιοδιεγέρτες	-		-		*		*	
Αλληλεπίδραση	-		-		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	-	-	-	-	Aa	Ba	Aa	Aa
BAA	-	-	-	-	Aab	Aab	Ab	Aa
BAA+ ΒΠΑ	-	-	-	-	Ab	Aab	Ab	Aa
BAA + ΒΠΚ	-	-	-	-	Ab	Ab	Aab	Aa
ΒΠΑ	-	-	-	-	Aa	Aa	Aab	Aa
ΒΠΚ	-	-	-	-	Aa	Aab	Aa	Ba

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, υπάρχουν και στις δύο δειγματοληψίες, μεταξύ των μεταχειρίσεων. Σχετικά με την ποικιλία *Normanno*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στη δειγματοληψία 130 ημερών μεταξύ μάρτυρα (0,85 g), «ΒΠΑ» (1,31 g), «ΒΠΚ» (1,21 g) και «BAA + ΒΠΑ» (2,52 g) και «BAA + ΒΠΚ» (2,13 g). Ακολούθως, στη δειγματοληψία 147 ημερών ο μάρτυρας (1,51 g) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «BAA» (3,76 g) και «BAA + ΒΠΑ» (4,15 g).

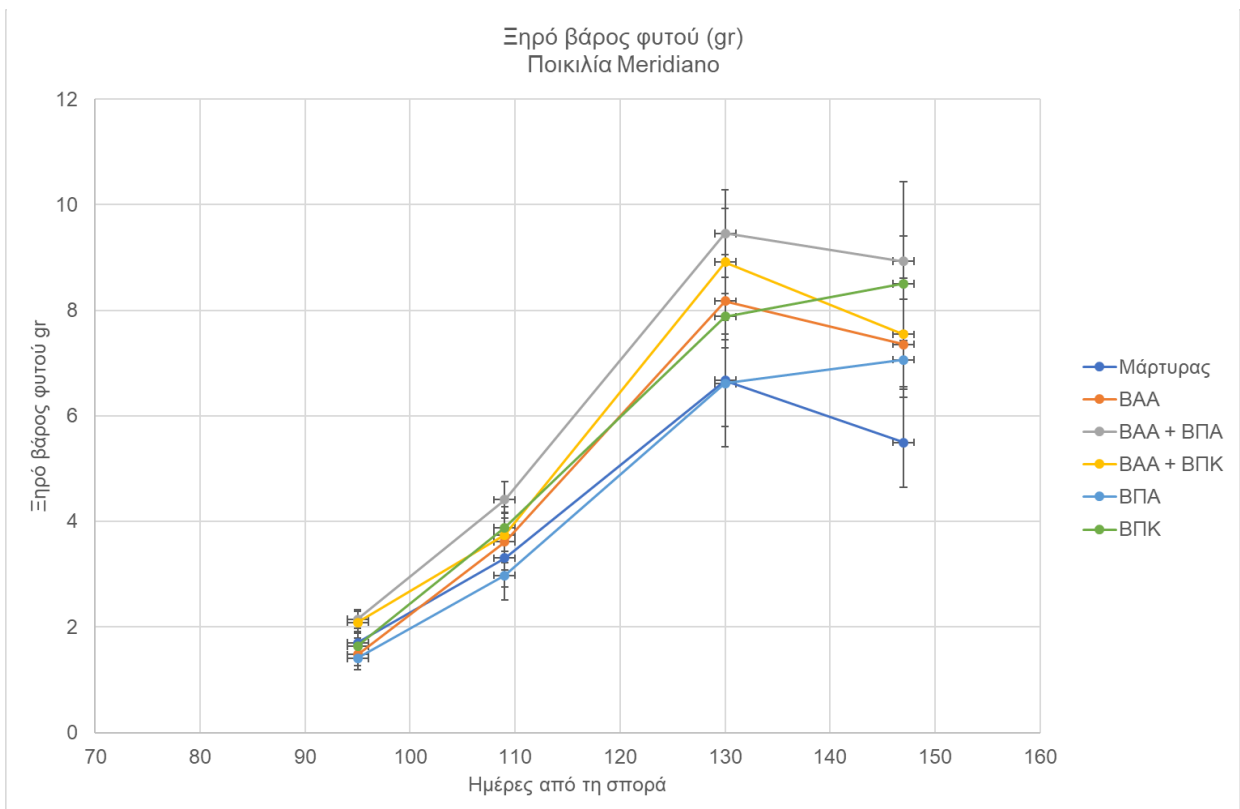
Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, υψηλότερο ξηρό βάρος ταξιανθιών σημείωσε η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ» (2,49 g), διαφέροντας μάλιστα στατιστικά με τον μάρτυρα (1,41 g).

Διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των δύο ποικιλιών, στις δειγματοληψίες 130 και 147 ημερών.

4.1.7 Ξηρό βάρος φυτού



Διάγραμμα 4.1.7.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος φυτού για την ποικιλία *Normanno*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.



Διάγραμμα 4.1.7.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ξηρό βάρος φυτού για την ποικιλία *Meridiano*, 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά.

Με βάση το *διάγραμμα 4.1.7.1*, στην ποικιλία *Normanno* παρατηρείται αύξηση της βιομάζας των φυτών, καθώς η καλλιέργεια εξελίσσεται χρονικά. Στη δειγματοληψία των 147 ημερών για αρκετές μεταχειρίσεις το ξηρό βάρος σταθεροποιείται, για ορισμένες μειώνεται, ενώ για άλλες αυξάνεται. Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι στις δειγματοληψίες των 130 και 147 ημερών, τα φυτά που ανήκουν στα πειραματικά τεμάχια του μάρτυρα, είχαν τη χαμηλότερη βιομάζα. Υψηλότερες τιμές συνολικού ξηρού βάρους, σημείωσε η μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ». Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι η βιομάζα των φυτών της μεταχείρισης «BAA + ΒΠΚ», μειώνεται δραστικά στη δειγματοληψία των 147 ημερών, ενώ στη μεταχείριση «ΒΠΑ» αυξάνεται.

Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, το συνολικό ξηρό βάρος αυξάνεται μέχρι τη δειγματοληψία των 130 ημερών και στη συνέχεια σταθεροποιείται για τη πλειονότητα των μεταχειρίσεων (*διάγραμμα 4.1.7.2*). Εξάριση, αποτελεί το ξηρό βάρος των φυτών του μάρτυρα, το οποίο μετά τη δειγματοληψία των 130 ημερών μειώνεται. Ελάχιστες τιμές φυτικής βιομάζας, δείχνει να έχει ο μάρτυρας, ενώ μέγιστες η μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ». Υψηλές τιμές ξηρού βάρους είχαν επίσης οι μεταχειρίσεις «BAA + ΒΠΚ» και «BAA». Όλοι δηλαδή οι συνδυασμοί βιοδιεγερτών με BAA. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα, συγκλίνουν αρκετά με τα αποτελέσματα της ποικιλίας *Normanno*.

Πίνακας 4.1.7: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό ξηρό βάρος φυτού (gr) σε 95, 109, 130 και 147 ημέρες από τη σπορά. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ, μη σημαντικό, *, **, *** σημαντικό σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

DAS	95		109		130		147	
Ποικιλίες	*		*		*		ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*		ΜΣ		*		*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ		ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Aac</i>	<i>Ba</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>
BAA	<i>Aab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>
BAA+ ΒΠΑ	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>
BAA + ΒΠΚ	<i>Aab</i>	<i>Bab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>	<i>Ac</i>	<i>Ac</i>	<i>Ab</i>	<i>Aa</i>
ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Aa</i>	<i>Bab</i>	<i>Aab</i>	<i>Aa</i>

Οι μεταχειρίσεις, διαφοροποιούνται μεταξύ τους, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα ανάλυσης διασποράς (*πίνακας 4.1.7*). Αναλυτικότερα, για την ποικιλία *Normanno*, στη δειγματοληψία των 95 ημερών ο μάρτυρας (1,2 g) και η μεταχείριση «ΒΠΚ» (1,16 g), διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με τη μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ» (1,96 g). Στη δειγματοληψία των 130 ημερών στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ μάρτυρα (4,76 g) και μεταχειρίσεων «BAA» (8,51 g), «BAA + ΒΠΑ» (10,25 g) και «BAA + ΒΠΚ» (9,88 g). Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων «ΒΠΑ» (6,67 g) και «BAA + ΒΠΑ» (10,25 g). Οι συγκεκριμένες

μεταχειρίσεις διαφέρουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά. Ακολούθως, στη δειγματοληψία των 147 ημερών ο μάρτυρας (3,60 g) διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «BAA» (8,90 g), «BAA + ΒΠΑ» (9,68 g) και «ΒΠΑ» (8,92 g).

Σχετικά με τα αποτελέσματα της ποικιλίας *Meridiano*, στη δειγματοληψία των 95 ημερών στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις «ΒΠΑ» (1,40 g) και «BAA + ΒΠΑ» (2,14 g). Συμπληρωματικά, στη δειγματοληψία των 130 ημερών, σημειώνονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μάρτυρα (6,67 g) και των μεταχειρίσεων «BAA + ΒΠΑ» (9,45 g), «BAA + ΒΠΚ» (8,91 g). Αξιοσημείωτη είναι η διαφοροποίηση των μεταχειρίσεων «ΒΠΑ» (6,67 g) και «BAA + ΒΠΑ» (9,45 g).

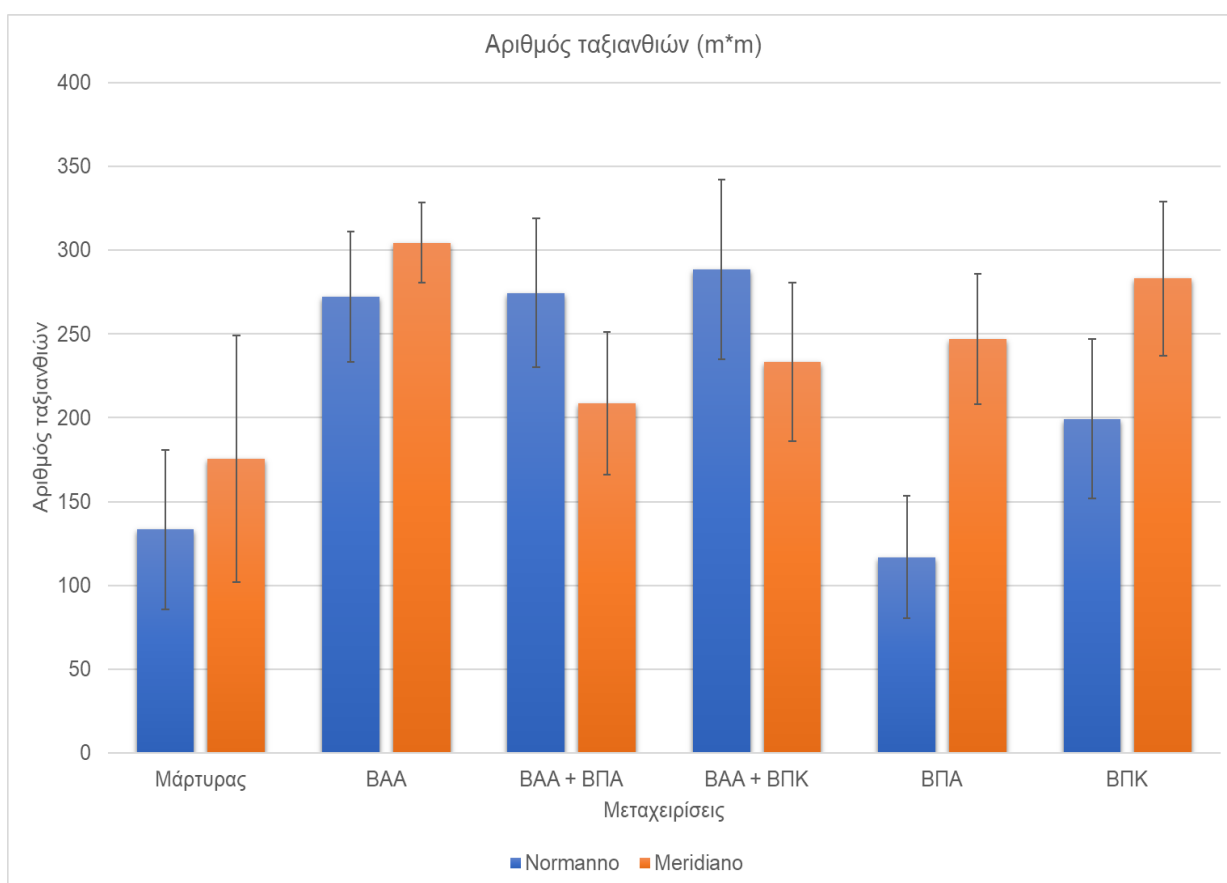
Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των δύο ποικιλιών. Τα φυτά της ποικιλίας *Meridiano*, έχουν μεγαλύτερη βιομάζα από τα φυτά της *Normanno*. Ενδεικτικά, στη μεταχείριση «BAA + ΒΠΑ», δειγματοληψία 109 ημερών το συνολικό ξηρό βάρος της *Normanno* ανέρχεται στα 3,20 g, ενώ στη *Meridiano* στα 4,41 g. Στη μεταχείριση «ΒΠΚ», δειγματοληψίας 130 ημερών η ποικιλία *Normanno* σημειώνει 5,41 g συνολικού ξηρού βάρους φυτών, ενώ η ποικιλία *Meridiano* 7,88 g.

4.2 Πρώτο στάδιο συγκομιδής

Το 1^ο στάδιο συγκομιδής πραγματοποιήθηκε στις 8/6/2018 και αφορούσε την λήψη ολόκληρης της βιομάζας των φυτών εντός των πασσάλων που είχαν τοποθετηθεί κατά την εγκατάσταση του πειράματος, συμπεριλαμβανομένου 0,5m από μία τυχαία και όχι ακριανή γραμμή.

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν στατιστικά, μέσω ανάλυσης διασποράς (ANOVA) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (* $P_{value} = 0,05$). Στους πίνακες ανάλυσης παραλλακτικότητας, με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα της ποικιλίας και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα βιοδιεγερτών.

4.2.1 Αριθμός ταξιανθιών



Διάγραμμα 4.2.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό των ταξιανθιών.

Στο **διάγραμμα 4.2.1**, απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο διαφοροποιούνται οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους, ως προς τον αριθμό των ταξιανθιών. Και στις δύο ποικιλίες τα φυτά των πειραματικών τεμαχίων του μάρτυρα, σημειώνουν τον χαμηλότερο αριθμό των ταξιανθιών. Υψηλό αριθμό στάχων, για την ποικιλία *Normanno*, εμφανίζουν οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ», «ΒΑΑ + ΒΠΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΚ», ενώ για την ποικιλία *Meridiano*, οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» και «ΒΠΚ».

Πίνακας 4.2.1: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός ταξιανθών. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

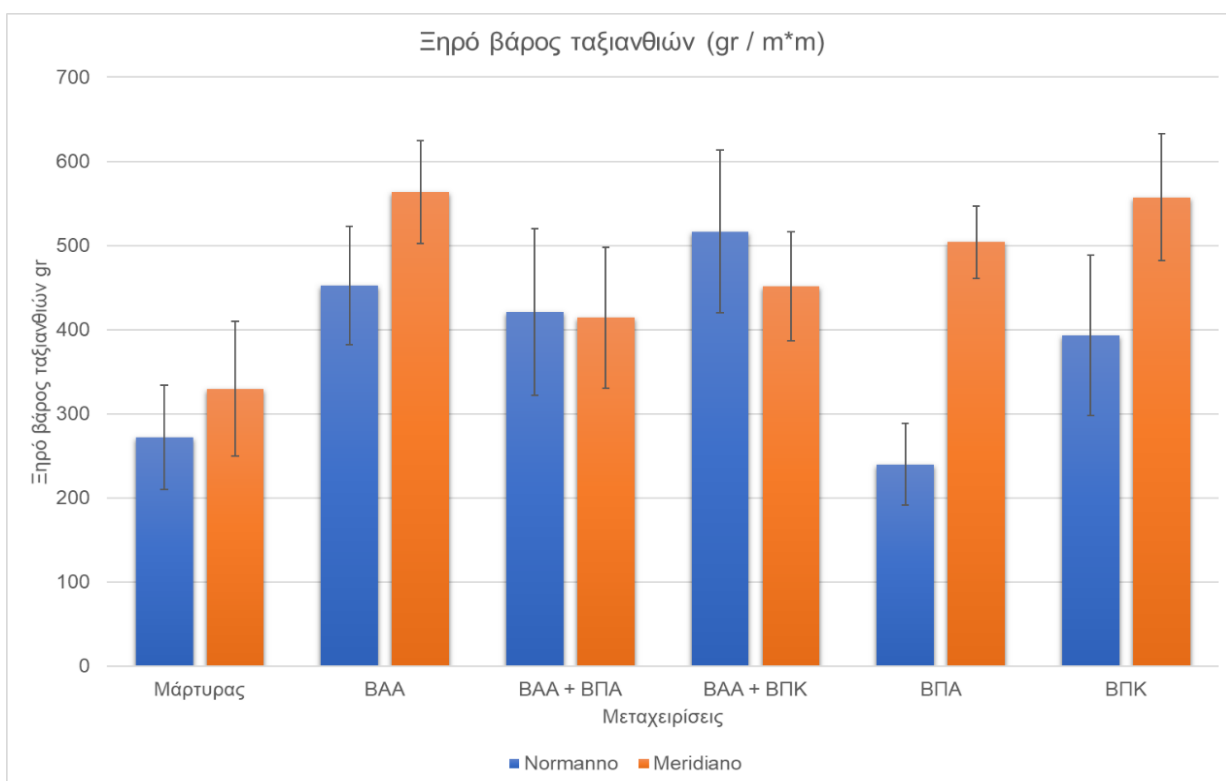
Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>a</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ	<i>ab</i>	<i>ab</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>bc</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>ab</i>	<i>ab</i>
ΒΠΑ	<i>c</i>	<i>ab</i>
ΒΠΚ	<i>abc</i>	<i>b</i>

Πιο συγκεκριμένα, στην ποικιλία *Normanno* ο αριθμός των ταξιανθιών στον μάρτυρα ανέρχεται στις 248 (m*m) και στη μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ» στις 303 (m*m). Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική.

Στην ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (334) και μεταχείρισης «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (307) με τη μεταχείριση «ΒΠΚ» (442) (πίνακας 4.2.1).

Όσον αφορά το συγκεκριμένο αγρονομικό χαρακτηριστικό, τα επίπεδα του παράγοντα των ποικιλιών δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

4.2.2 Ξηρό βάρος ταξιανθιών



Διάγραμμα 4.2.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον ξηρό βάρος των ταξιανθιών.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που εξετάστηκε ήταν το ξηρό βάρος των ταξιανθιών. Με βάση το **διάγραμμα 4.2.2**, γίνεται εύκολα αντιληπτό το γεγονός, ότι ο μάρτυρας και στις δύο ποικιλίες λαμβάνει τις χαμηλότερες τιμές ξηρού βάρους των στάχων. Παράλληλα, οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΚ», εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές ξηρού βάρους στις ποικιλίες *Meridiano* και *Normanno* αντιστοίχως.

Πίνακας 4.2.2: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσω για το χαρακτηριστικό ξηρό βάρος ταξιανθιών (g). Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

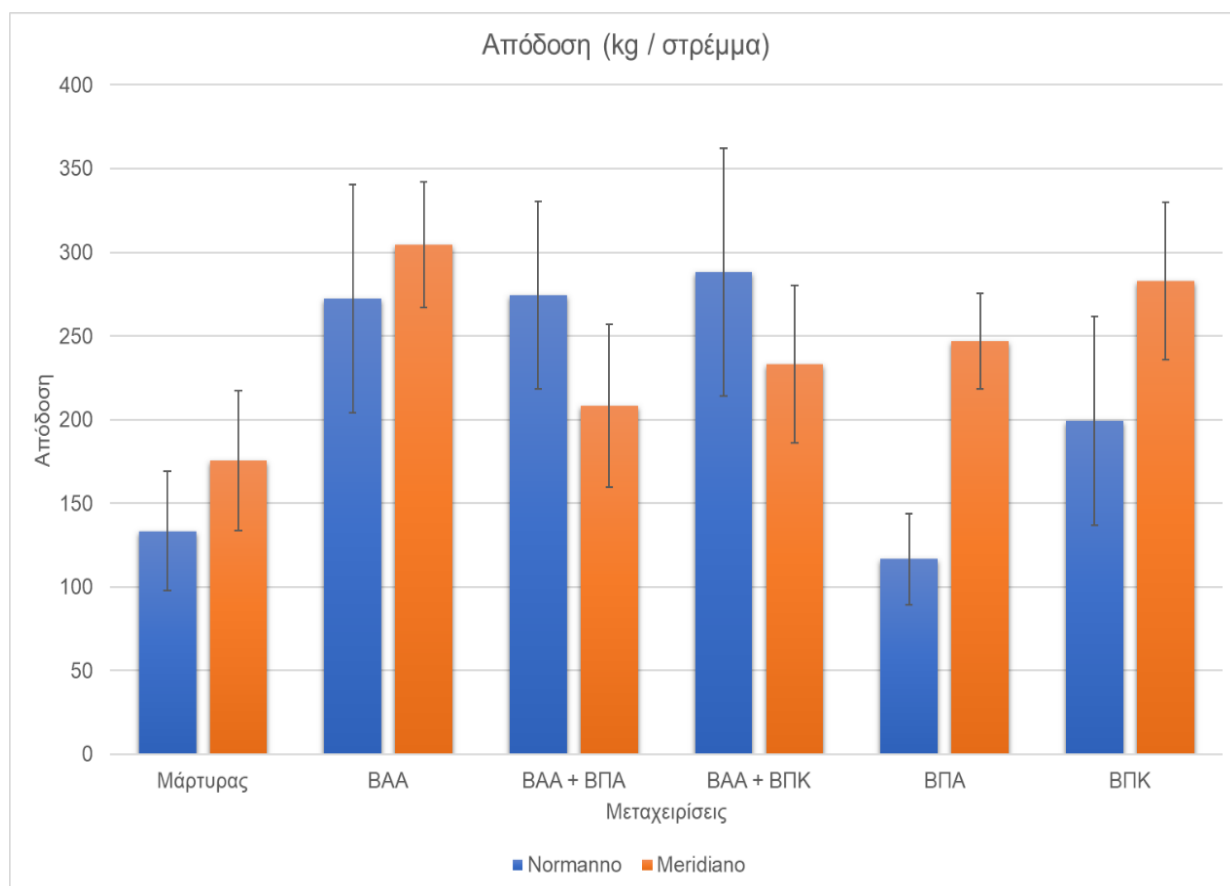
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>A</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ	<i>Ab</i>	<i>b</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Ab</i>	<i>ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>B</i>	<i>ab</i>
ΒΠΑ	<i>A</i>	<i>ab</i>
ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>b</i>

Μελετώντας τον πίνακα 4.2 ανάλυσης παραλλακτικότητας, στην ποικιλία *Normanno* οι μεταχειρίσεις του μάρτυρα (272 g) και «ΒΠΑ» (240 g), διαφέρουν στατιστικά σημαντικά με τη μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ» (516 g). Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, οι μεταχειρίσεις «BAA» (563 g) και «ΒΠΚ» (557 g), διαφοροποιούνται στατιστικά με τον μάρτυρα (329 g).

Οι ποικιλίες δεν παρουσιάζουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντικές διαφορές.

4.2.3 Απόδοση



Διάγραμμα 4.2.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος των καρπών.

Η απόδοση, η οποία υπολογίστηκε σε kg ανά στρέμμα, κυμαίνεται σχετικά όμοια, τόσο με τον αριθμό όσο και με το ξηρό βάρος των ταξιανθιών. Αναλυτικότερα, στην ποικιλία *Normanno*, τα φυτά των πειραματικών τεμαχίων του μάρτυρα και της μεταχείρισης «ΒΠΑ», σημείωσαν τις χαμηλότερες αποδόσεις. Ωστόσο, οι μεταχειρίσεις «BAA», «BAA + ΒΠΑ» και «BAA + ΒΠΚ» (όλοι δηλαδή οι συνδυασμοί με BAA), σημείωσαν τις υψηλότερες. Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, ο μάρτυρας παρουσίασε τις χαμηλότερες αποδόσεις, σε αντίθεση με τις μεταχειρίσεις «BAA» και «ΒΠΚ», οι οποίες παρουσίασαν τις υψηλότερες.

Πίνακας 4.2.3: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό απόδοση. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Ac</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ	<i>A</i>	<i>b</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Ab</i>	<i>ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>B</i>	<i>ab</i>
ΒΠΑ	<i>C</i>	<i>ab</i>
ΒΠΚ	<i>Abc</i>	<i>ab</i>

Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν και στις δύο ποικιλίες μεταξύ των μεταχειρίσεων (πίνακας 4.2.3). Πιο συγκεκριμένα, στην ποικιλία *Normanno*, ο μάρτυρας (133 kg / στρέμμα) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τη μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (288 kg / στρέμμα). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, παρουσιάζει η στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ «ΒΑΑ» (272 kg / στρέμμα) και «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (288 kg / στρέμμα). Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (175 kg / στρέμμα) και της μεταχείρισης «ΒΑΑ» (304 kg / στρέμμα).

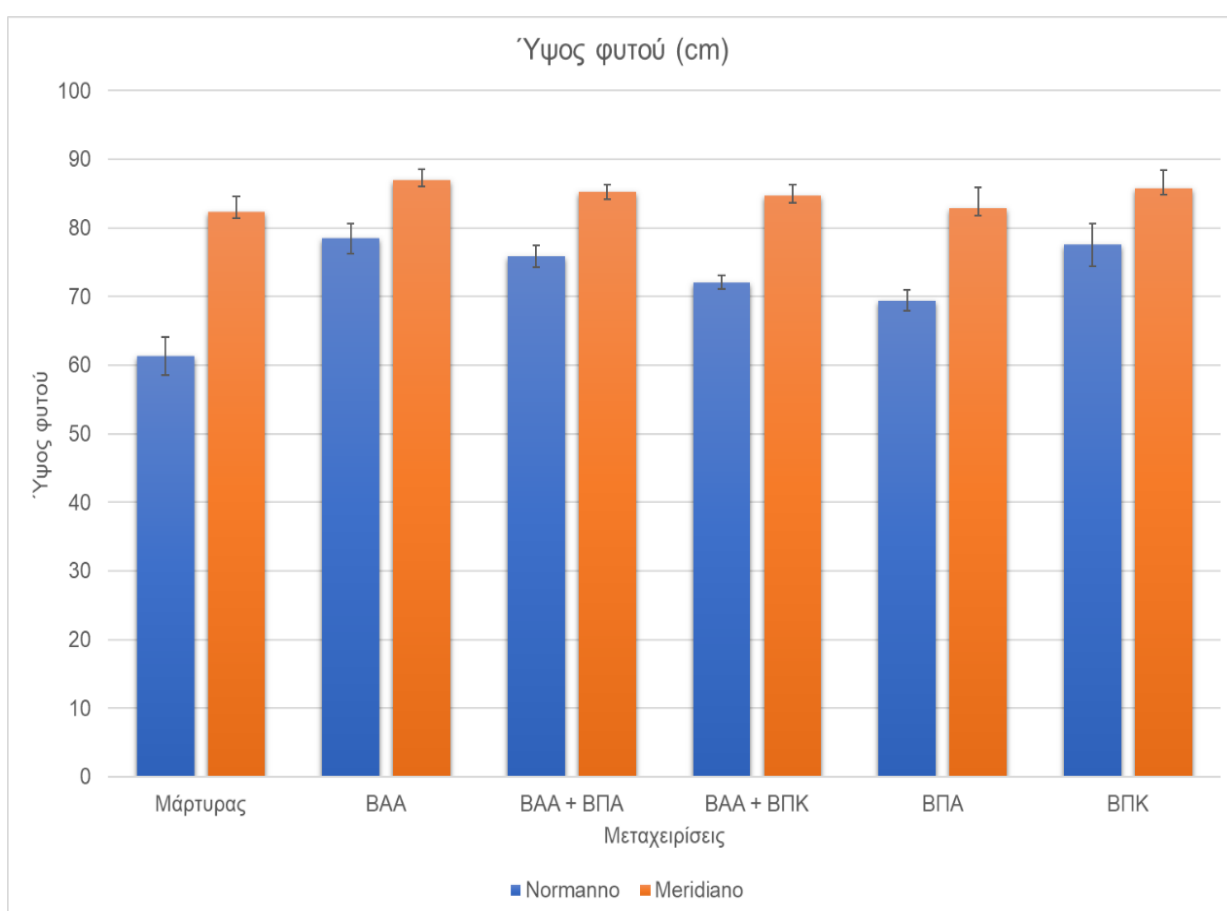
Περιγραφικά, μπορεί να σημειωθεί, ότι η ποικιλία *Meridiano*, είχε υψηλότερες αποδόσεις από τη *Normanno*, χωρίς όμως αυτό να επιβεβαιώνεται στατιστικά σημαντικά.

4.3 Δεύτερο στάδιο συγκομιδής

Το 2^ο στάδιο συγκομιδής ολοκληρώθηκε στις 25/6/2018 και αφορούσε τη συλλογή 5 αντιπροσωπευτικών φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο, προκειμένου να εκτιμηθούν ορισμένα αγρονομικά χαρακτηριστικά.

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν στατιστικά, μέσω ανάλυσης διασποράς (ANOVA) σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας 5% (* $P_{value} = 0,05$). Στους πίνακες ανάλυσης παραλλακτικότητας, με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα της ποικιλίας και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επιπέδων του παράγοντα βιοδιεγερτών.

4.3.1 Ύψος φυτού



Διάγραμμα 4.3.1 Επίδραση βιοδιεγερτών στο ύψος φυτού.

Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό του ύψους φυτού στο **διάγραμμα 4.3.1**, παρατηρείται, ότι τα φυτά των πειραματικών τεμαχίων του μάρτυρα, έχουν το χαμηλότερο ύψος και για τις δύο ποικιλίες. Μέγιστο ύψος, φαίνεται να έχουν τα φυτά που ανήκουν στα πειραματικά τεμάχια της μεταχείρισης «ΒΑΑ».

Πίνακας 4.3.1: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό ύψος φυτού. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

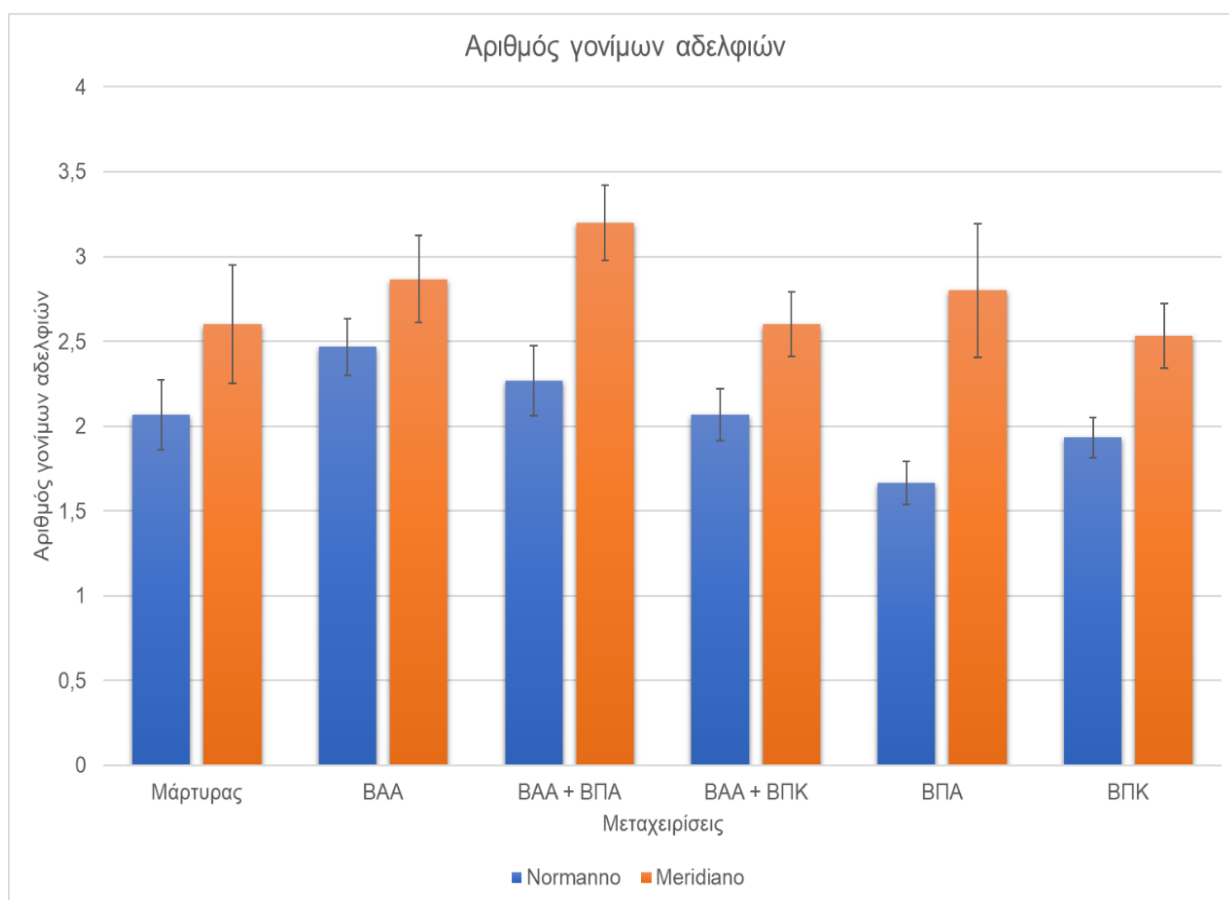
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>a</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ	<i>b</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>b</i>	<i>a</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>ab</i>	<i>a</i>
ΒΠΑ	<i>ab</i>	<i>a</i>
ΒΠΚ	<i>b</i>	<i>a</i>

Μελετώντας τον πίνακα παραλλακτικότητας αρχικά για την ποικιλία *Normanno*, παρατηρείται ότι ο μάρτυρας (61 cm), διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» (78 cm), «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (75 cm) και «ΒΠΚ» (77 cm). Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Επιπλέον, στατιστικά σημαντικές διαφορές δεν υπάρχουν και μεταξύ των δύο ποικιλιών, ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό.

4.3.2 Αριθμός γονίμων αδελφιών



Διάγραμμα 4.3.2 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό γονίμων αδελφιών.

Ο αριθμός των γονίμων αδελφιών είναι ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που μελετήθηκε από την ανάλυση διασποράς, κατά το 2^ο στάδιο συγκομιδής. Περιγραφικά, στην ποικιλία *Normanno*, χαμηλότερο αριθμό γονίμων αδελφιών φαίνεται να σημειώνει η μεταχείριση «ΒΠΑ», ενώ υψηλότερο η μεταχείριση «ΒΑΑ». Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, ο αριθμός γονίμων αδελφιών δείχνει να είναι χαμηλότερος στη μεταχείριση «ΒΠΚ», ενώ υψηλότερος στη μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ». Ωστόσο, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων του παράγοντα των βιοδιεγερτών, δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μόνο μεταξύ των δύο ποικιλιών.

Πίνακας 4.3.2: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός γονίμων αδελφιών. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

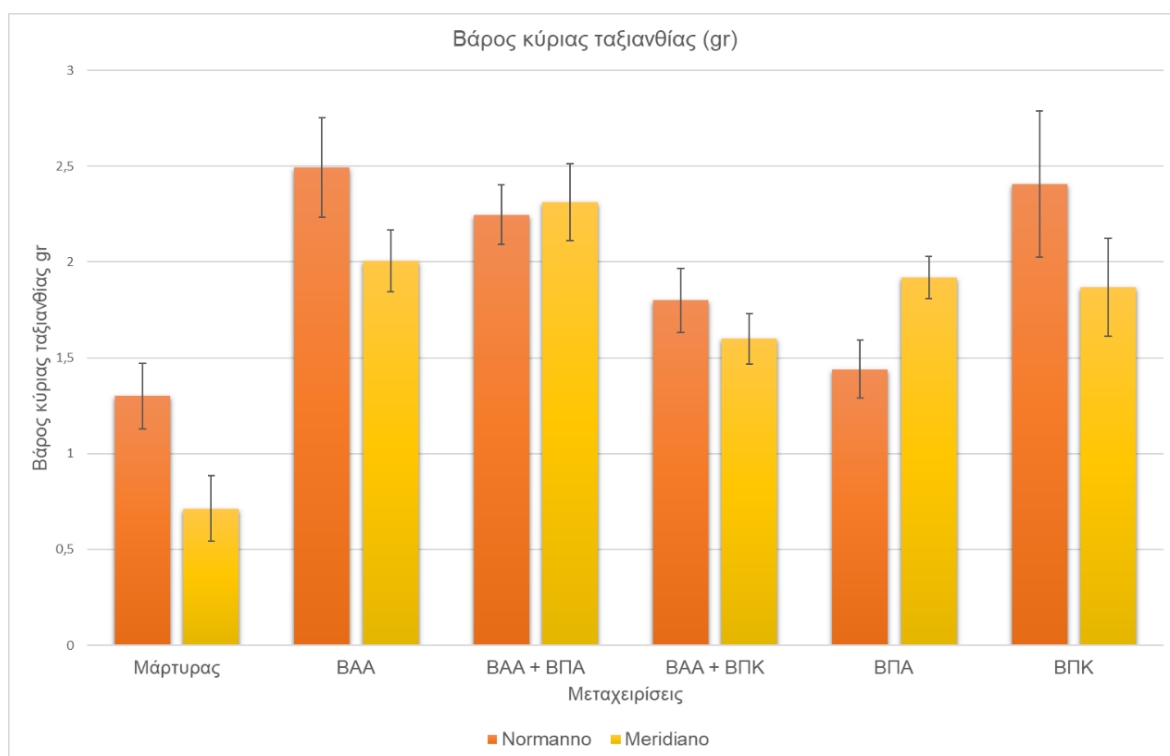
ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	ΜΣ	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	A	A
ΒΑΑ	A	A
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	A	B
ΒΑΑ + ΒΠΚ	A	A
ΒΠΑ	A	B
ΒΠΚ	A	A

Όπως προαναφέρθηκε, για τον αριθμό των γονίμων αδελφιών, διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων βιοδιεγερτών δεν υπάρχουν. Όμως, παρατηρώντας τον πίνακα, οι δύο ποικιλίες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους στις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ + ΒΠΑ» και «ΒΠΑ». Αναλυτικότερα, στην μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ», η ποικιλία *Normanno* έχει μέσο όρο 2,3 γόνιμα αδέρφια, ενώ η *Meridiano*, μέσο όρο 3,2 γόνιμα αδέρφια. Σχετικά με την μεταχείριση «ΒΠΑ», υπάρχει εξίσου διπλασιασμός των γονίμων αδελφιών μεταξύ *Normanno* και *Meridiano*.

4.3.3 Βάρος κύριας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.3 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος της κύριας ταξιανθίας

Μελετώντας την επίδραση των βιοδιεγερτών στο βάρος της κύριας ταξιανθίας του σκληρού σίτου, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο μάρτυρας και στις δύο ποικιλίες έχει χαμηλότερο βάρος, σε σχέση με το σύνολο των μεταχειρίσεων (πίνακας 4.3.3). Στην ποικιλία *Normanno*, υψηλότερο βάρος κύριας ταξιανθίας παρουσιάζει η μεταχείριση «ΒΑΑ», ενώ στην ποικιλία *Meridiano* η μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ».

Πίνακας 4.3.3: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσω των για το χαρακτηριστικό βάρος κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

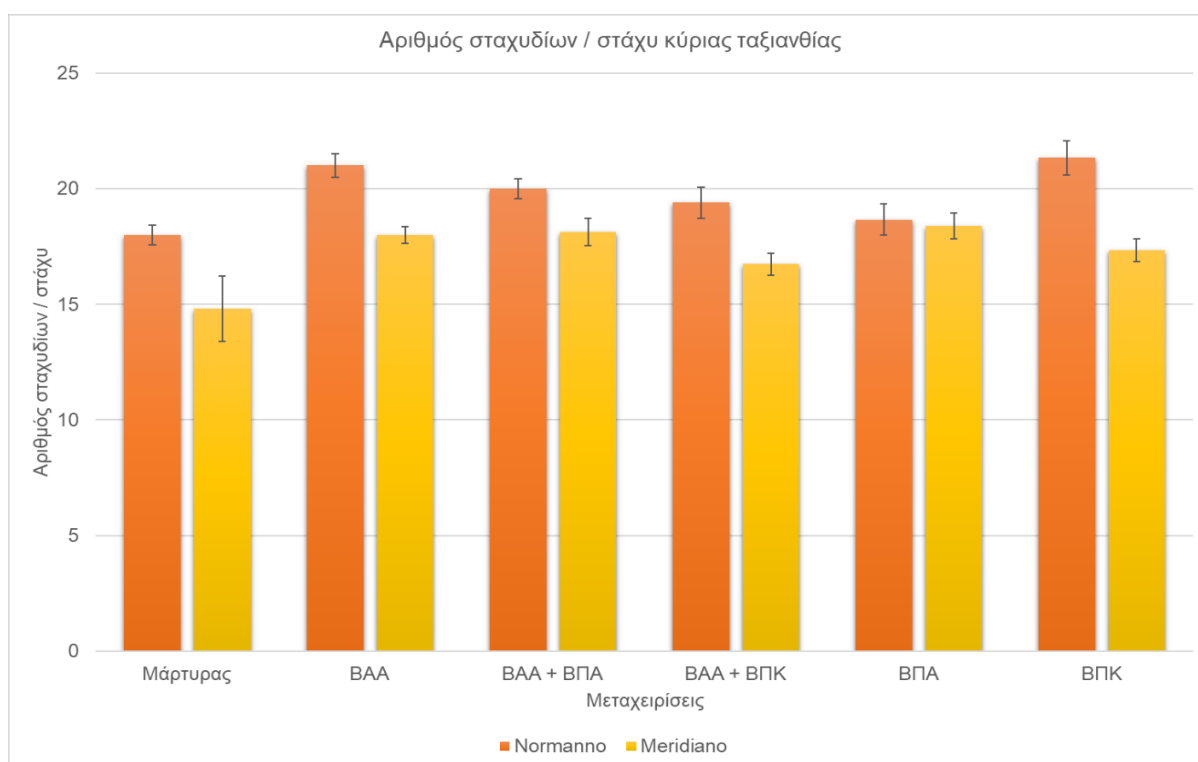
Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ	<i>Ab</i>	<i>Bbc</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Abc</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aac</i>	<i>Ac</i>
ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Bbc</i>
ΒΠΚ	<i>Abc</i>	<i>Bbc</i>

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.3), για την ποικιλία *Normanno*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ μάρτυρα (1,3 g) και ΒΑΑ (2,5 g), ΒΑΑ + ΒΠΑ (2,24 g) και ΒΠΚ (2,40 g). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ «ΒΠΑ» (1,44 g) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (2,24 g).

Ακολούθως, σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, ο μάρτυρας (0,71 g), σημειώνει το χαμηλότερο βάρος κύριας ταξιανθίας, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά με όλες τις μεταχειρίσεις. Μάλιστα σε ορισμένες μεταχειρίσεις παρατηρείται μέχρι και διπλασιασμός έως και τριπλασιασμός του βάρους κύριας ταξιανθίας (μεταχείριση «ΒΑΑ + ΒΠΑ»).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται και μεταξύ των δύο ποικιλιών. Οι δύο ποικιλίες διαφοροποιούνται στον μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ», «ΒΠΑ» και «ΒΠΚ». Η ποικιλία *Normanno*, σημειώνει μεγαλύτερο βάρος κύριας ταξιανθίας στον μάρτυρα, στην μεταχείριση «ΒΑΑ» και στην μεταχείριση «ΒΠΚ». Μεγαλύτερο βάρος κύριας ταξιανθίας, στην μεταχείριση «ΒΠΑ», παρουσιάζει η ποικιλία *Meridiano*.

4.3.4 Αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.4 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας

Στη συνέχεια, ένα επιπρόσθετο χαρακτηριστικό το οποίο εξετάστηκε ήταν ο αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας. Για την ποικιλία *Normanno*, ο μάρτυρας σημείωσε τον χαμηλότερο αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας, ενώ η μεταχείριση «ΒΠΚ» τον υψηλότερο. Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, υψηλό αριθμό σημείωσαν οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ», «ΒΑΑ + ΒΠΑ» και «ΒΠΑ», ενώ χαμηλό ο μάρτυρας.

Πίνακας 4.3.4: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

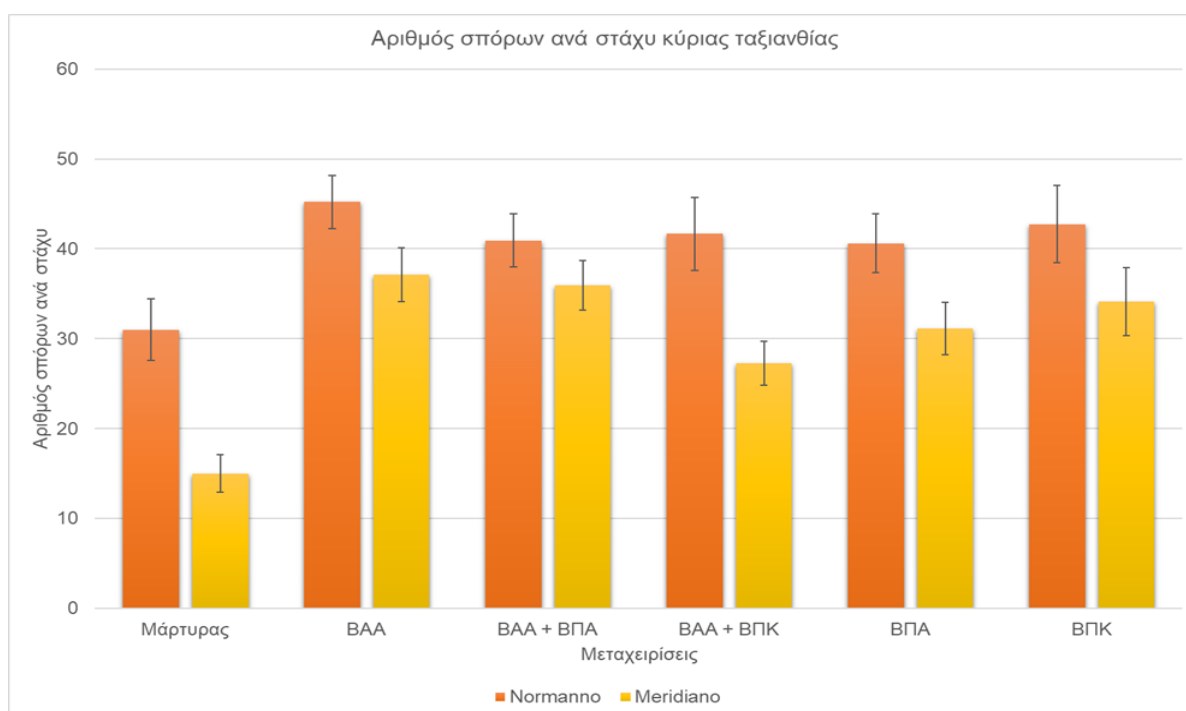
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ	<i>Aab</i>	<i>Bb</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aab</i>	<i>Bab</i>
ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>
ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>Bab</i>

Σύμφωνα με τον πίνακα παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.4), για την ποικιλία *Normanno*, ο μάρτυρας (18 σταχύδια), διαφοροποιείται μόνο με την μεταχείριση «ΒΠΚ» (21 σταχύδια). Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν μεταξύ του μάρτυρα (14 σταχύδια) και τις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» (18 σταχύδια), «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (18 σταχύδια) και «ΒΠΑ» (18 σταχύδια).

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δύο ποικιλιών, παρατηρείται πως η ποικιλία *Normanno* έχει μεγαλύτερο αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας, από την *Meridiano* για όλες τις μεταχειρίσεις. Στατιστικά σημαντικά αυτό επιβεβαιώνεται στον μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ», στον «ΒΑΑ + ΒΠΚ» και στον «ΒΠΚ».

4.3.5 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.5 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας

Στο **διάγραμμα 4.3.5**, απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο διαφοροποιούνται οι μεταχειρίσεις μεταξύ τους, ως προς τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας. Αρχικά, και για τις δύο ποικιλίες ο μάρτυρας έχει τον χαμηλότερο αριθμό σπόρων. Συμπληρωματικά, τον μεγαλύτερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας, σημειώνει η μεταχείριση «ΒΑΑ» τόσο για την ποικιλία *Normanno*, όσο και για την ποικιλία *Meridiano*.

Πίνακας 4.3.5: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

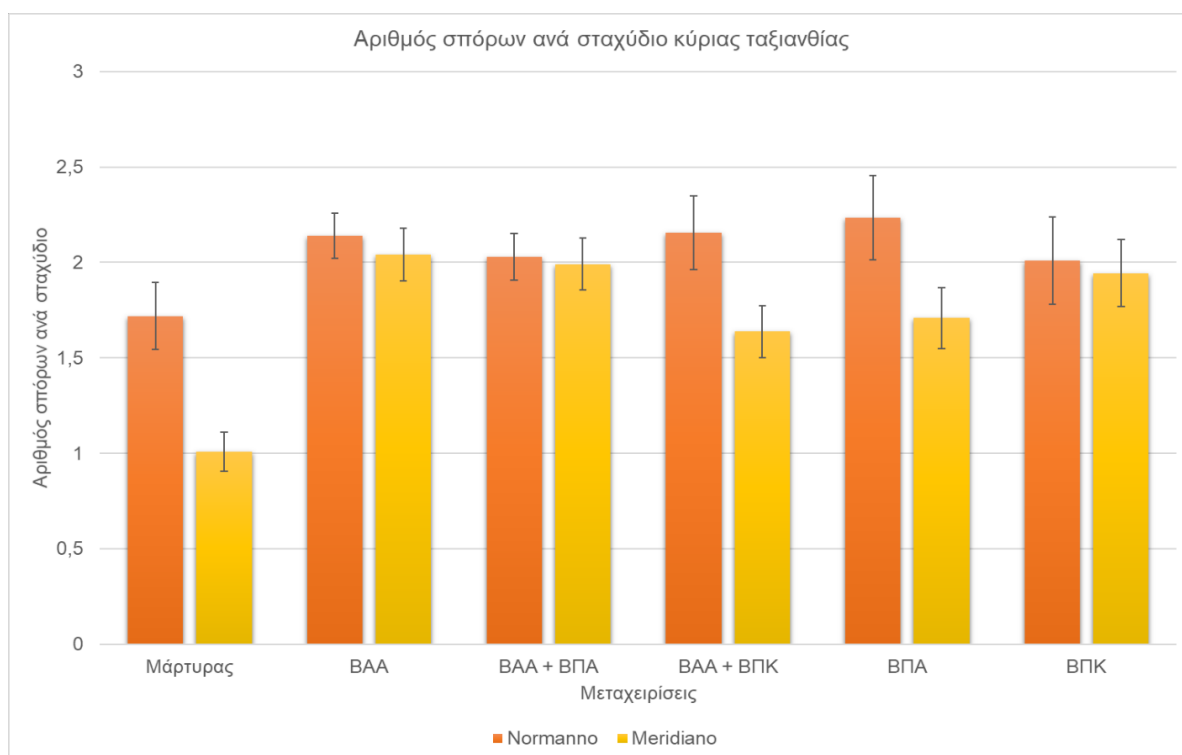
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aab</i>	<i>Bb</i>
ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Bb</i>
ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>

Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν και στις δύο ποικιλίες. Στην ποικιλία *Normanno*, ο μάρτυρας (31 σπόροι ανά στάχυ) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «BAA» (45 σπόροι ανά στάχυ) και «BPK» (42 σπόροι ανά στάχυ). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της παραλλακτικότητας των μεταχειρίσεων της ποικιλία *Meridiano*, σύμφωνα με τα οποία ο μάρτυρας (15 σπόροι ανά στάχυ) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με όλες τις μεταχειρίσεις. Υψηλότερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ για τη συγκεκριμένη ποικιλία, είχαν τα φυτά των πειραματικών τεμαχίων μεταχείρισης «BAA», ο οποίος ανήλθε στους 37 κατά μέσο όρο σπόρους (πίνακας 4.3.5).

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των δύο ποικιλιών, ως προς το συγκεκριμένο αγρονομικό χαρακτηριστικό. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται πως η ποικιλία *Normanno* σε όλες τις μεταχειρίσεις σημείωσε υψηλότερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας, σε σχέση με την ποικιλία *Meridiano*. Οι διαφορές επιβεβαιώνονται στατιστικά σημαντικά στον μάρτυρα και στις μεταχειρίσεις «BPA» και «BAA + BPK». Μάλιστα στον μάρτυρα η ποικιλία *Normanno* παρουσιάζει κατά μέσο όρο διπλάσιο αριθμό σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας (31), συγκριτικά με την ποικιλία *Meridiano* (15).

4.3.6 Αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.6 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας

Στο **διάγραμμα 4.3.6** παρατηρείται, ότι ο μάρτυρας σημειώνει τον χαμηλότερο αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας και για τις δύο ποικιλίες. Τον υψηλότερο αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας, σημειώνουν οι μεταχειρίσεις «ΒΠΑ» για την ποικιλία *Normanno* και «ΒΑΑ» για την ποικιλία *Meridiano*.

Πίνακας 4.3.6: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

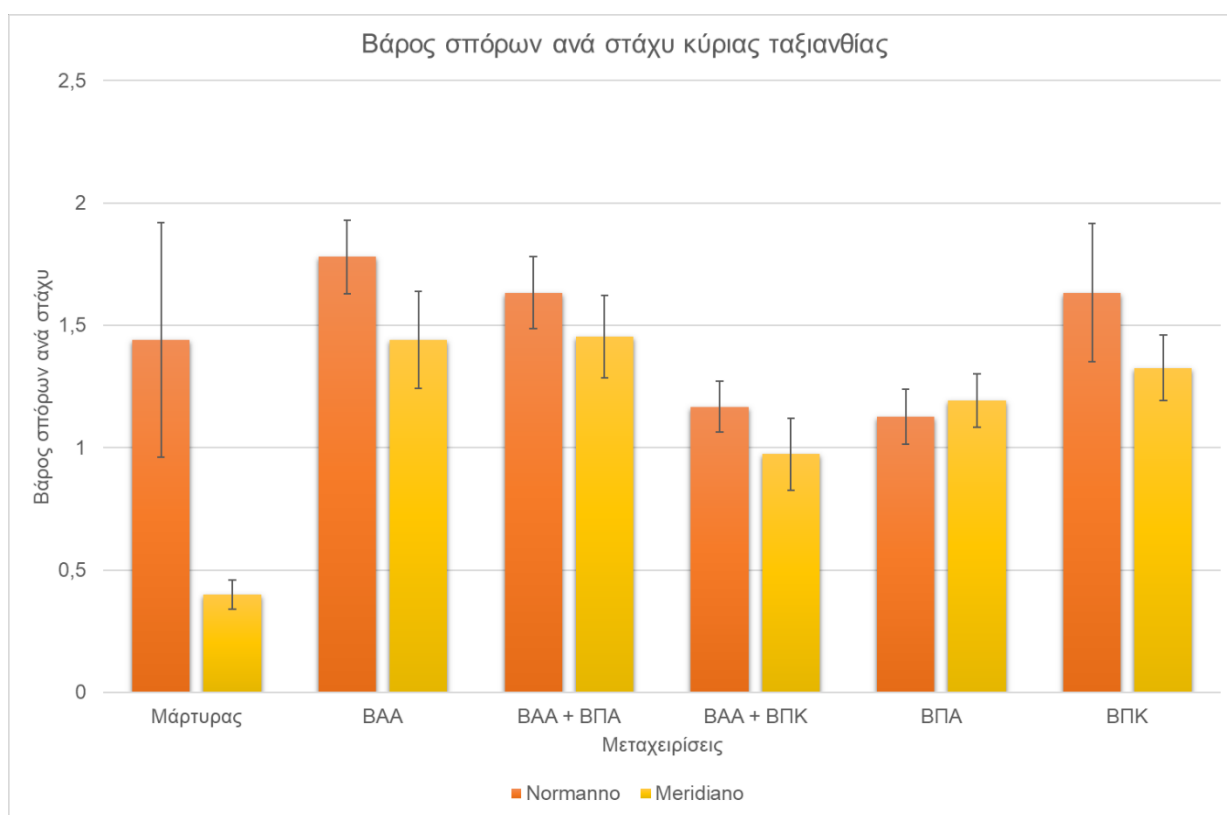
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aa</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Bb</i>
ΒΠΑ	<i>Aa</i>	<i>Bb</i>
ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>

Μελετώντας τον πίνακα παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.6), διαπιστώνεται ότι στην ποικιλία *Normanno* δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων. Σε αντίθεση με την προηγούμενη ποικιλία στην ποικιλία *Meridiano*, ο μάρτυρας διαφοροποιείται στατιστικά σημαντικά συγκριτικά με όλες τις μεταχειρίσεις. Πολλές μάλιστα μεταχειρίσεις σημειώνουν διπλάσιο αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο κύριας ταξιανθίας, σε σχέση με τον μάρτυρα.

Στατιστικά σημαντικές διαφορές υπάρχουν και μεταξύ των δύο ποικιλιών, με την ποικιλία *Normanno* να σημειώνει υψηλότερο αριθμό σπόρων, σε σχέση με την *Meridiano*. Αυτό επιβεβαιώνεται στατιστικά σημαντικά στον μάρτυρα καθώς και στις μεταχειρίσεις «BAA + ΒΠΚ» και «ΒΠΑ».

4.3.7 Βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.7 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας.

Επιπρόσθετα, οι μεταχειρίσεις διαφοροποιούνται μεταξύ τους σε σχέση με ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, το βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας. Πιο αναλυτικά, για την ποικιλία *Normanno*, οι σπόροι των φυτών της μεταχείρισης «ΒΠΑ» είχαν κατά μέσο όρο το χαμηλότερο βάρος ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας, ενώ τα φυτά της μεταχείρισης «BAA» το υψηλότερο. Για τη συγκεκριμένη ποικιλία, σε αρκετά υψηλή τιμή βάρους σπόρων βρίσκεται και ο μάρτυρας, με υψηλή όμως τυπική απόκλιση (διάγραμμα 4.3.7). Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, τις χαμηλότερες τιμές βάρους σπόρων ανά στάχυ κύριας ταξιανθίας σημείωσε ο μάρτυρας, ενώ οι μεταχειρίσεις «BAA» και «BAA + ΒΠΑ» τις υψηλότερες.

Πίνακας 4.3.7: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

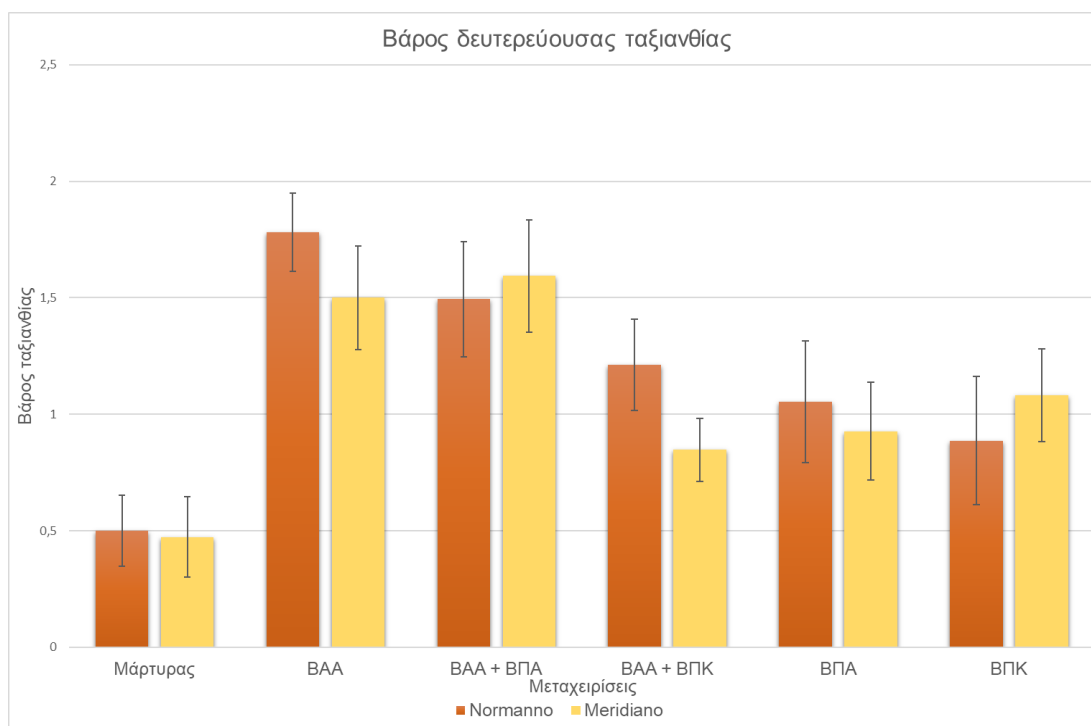
, **, *: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.*

Ποικιλίες	*	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	<i>Aab</i>	<i>Ba</i>
ΒΑΑ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	<i>Aab</i>	<i>Ab</i>
ΒΑΑ + ΒΠΚ	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>
ΒΠΑ	<i>Ab</i>	<i>Ab</i>
ΒΠΚ	<i>Aa</i>	<i>Ab</i>

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.7), για την ποικιλία *Normanno*, στατιστικά σημαντικές διαφορές προκύπτουν μεταξύ της μεταχείρισης «ΒΑΑ» (1,78 g) και των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (1,16 g) και «ΒΠΑ» (1,12 g). Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, ο μάρτυρας (0,5 gr) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με όλες τις μεταχειρίσεις ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Οι μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» (1,44 g) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (1,45 g), σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές βάρους σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας.

Σε γενικές γραμμές, παρατηρείται πως η ποικιλία *Normanno*, έχει υψηλότερο βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας από την ποικιλία *Meridiano*. Αυτό βέβαια επιβεβαιώνεται στατιστικά σημαντικά, μόνο στον μάρτυρα (πίνακας 4.3.7).

4.3.8 Βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.8 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας

Με βάση το **διάγραμμα 4.3.8**, παρατηρείται πως και για τις δύο ποικιλίες όλες οι μεταχειρίσεις, σημειώνουν υψηλότερες τιμές βάρους δευτερεύουσας ταξιανθίας από τον μάρτυρα. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταχειρίσεις οι οποίες σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές είναι οι «ΒΑΑ» και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» για τις ποικιλίες *Normanno* και *Meridiano* αντίστοιχα.

Πίνακας 4.3.8: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

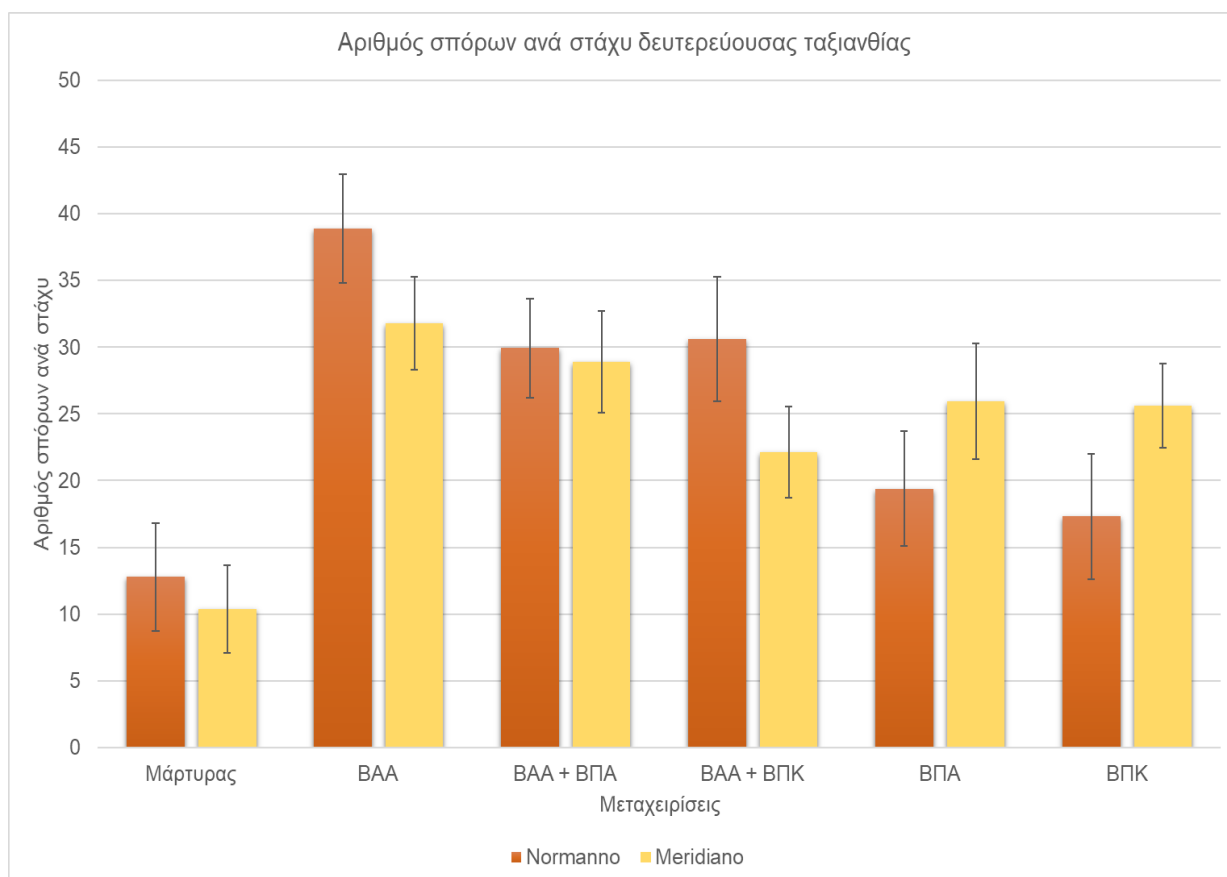
*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	a	a
ΒΑΑ	b	b
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	b	b
ΒΑΑ + ΒΠΚ	ab	ab
ΒΠΑ	ab	ab
ΒΠΚ	ab	ab

Μελετώντας τον πίνακα παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.8), για την ποικιλία *Normanno*, στατιστικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (0,5 g) και των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ» (1,78 g) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (1,49 g). Τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μεταχειρίσεων της ποικιλίας *Normanno*, συγκλίνουν αρκετά με αυτά της *Meridiano*.

Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ποικιλιών, δεν παρατηρείται, ως προς το συγκεκριμένο αγρονομικό χαρακτηριστικό.

4.3.9 Αριθμός σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.9 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας

Από την ανάλυση διασποράς (διάγραμμα 4.3.9), γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ο μάρτυρας όπως και στο προηγούμενο χαρακτηριστικό, σημειώνει τον χαμηλότερο αριθμό σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας, συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Επιπλέον, η μεταχείριση «ΒΑΑ» σημειώνει τον υψηλότερο αριθμό σπόρων. Τα αποτελέσματα αυτά ισχύουν τόσο για την ποικιλία *Normanno*, όσο και για την ποικιλία *Meridiano*.

Πίνακας 4.3.9: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά στάχυ της δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

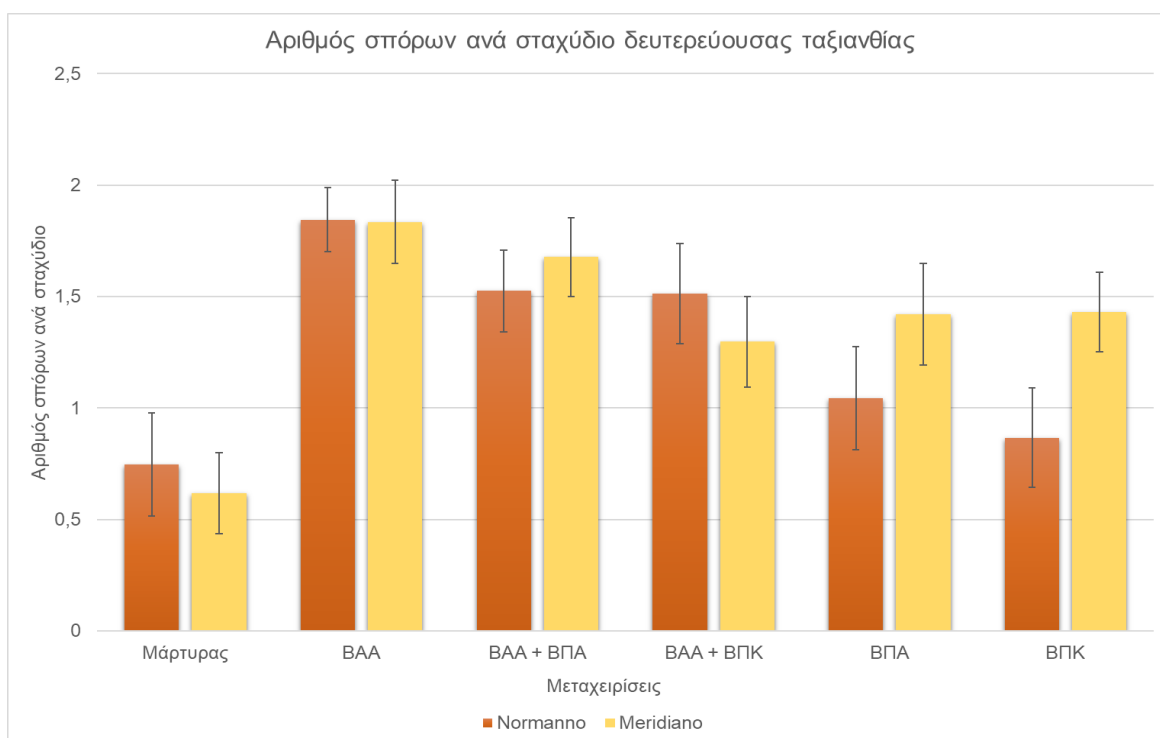
Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	a	a
ΒΑΑ	b	b
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	bc	b
ΒΑΑ + ΒΠΚ	bc	ab
ΒΠΑ	ac	ab
ΒΠΚ	ac	ab

Οι μεταχειρίσεις διαφοροποιούνται μεταξύ τους, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα παραλλακτικότητας (πίνακας 4.3.9). Για την ποικιλία *Normanno*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (12,8) και των μεταχειρίσεων «ΒΑΑ» (38), «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (29) και «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (30). Αξιοσημείωτη είναι η στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «ΒΑΑ» (20) και των μεταχειρίσεων «ΒΠΑ» (10) και «ΒΠΚ» (8).

Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, ο μάρτυρας (11) διαφέρει στατιστικά σημαντικά με τις μεταχειρίσεις «ΒΑΑ» (31) και «ΒΑΑ + ΒΠΑ» (28).

Για το χαρακτηριστικό του αριθμού σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ποικιλιών.

4.3.10 Αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.10 Επίδραση βιοδιεγερτών στον αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας.

Μελετώντας την επίδραση των εφαρμοζόμενων βιοδιεγερτών στην μεταβλητή του αριθμού σπόρων ανά σταχύδιο δευτερεύουσας ταξιανθίας, από το **διάγραμμα 4.3.10**, παρατηρείται, πως ο μάρτυρας σημειώνει τον χαμηλότερο αριθμό σπόρων, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Σε αντίθεση, υψηλότερο αριθμό σπόρων παρουσιάζει η μεταχείριση «ΒΑΑ»

Πίνακας 4.3.10: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο της δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

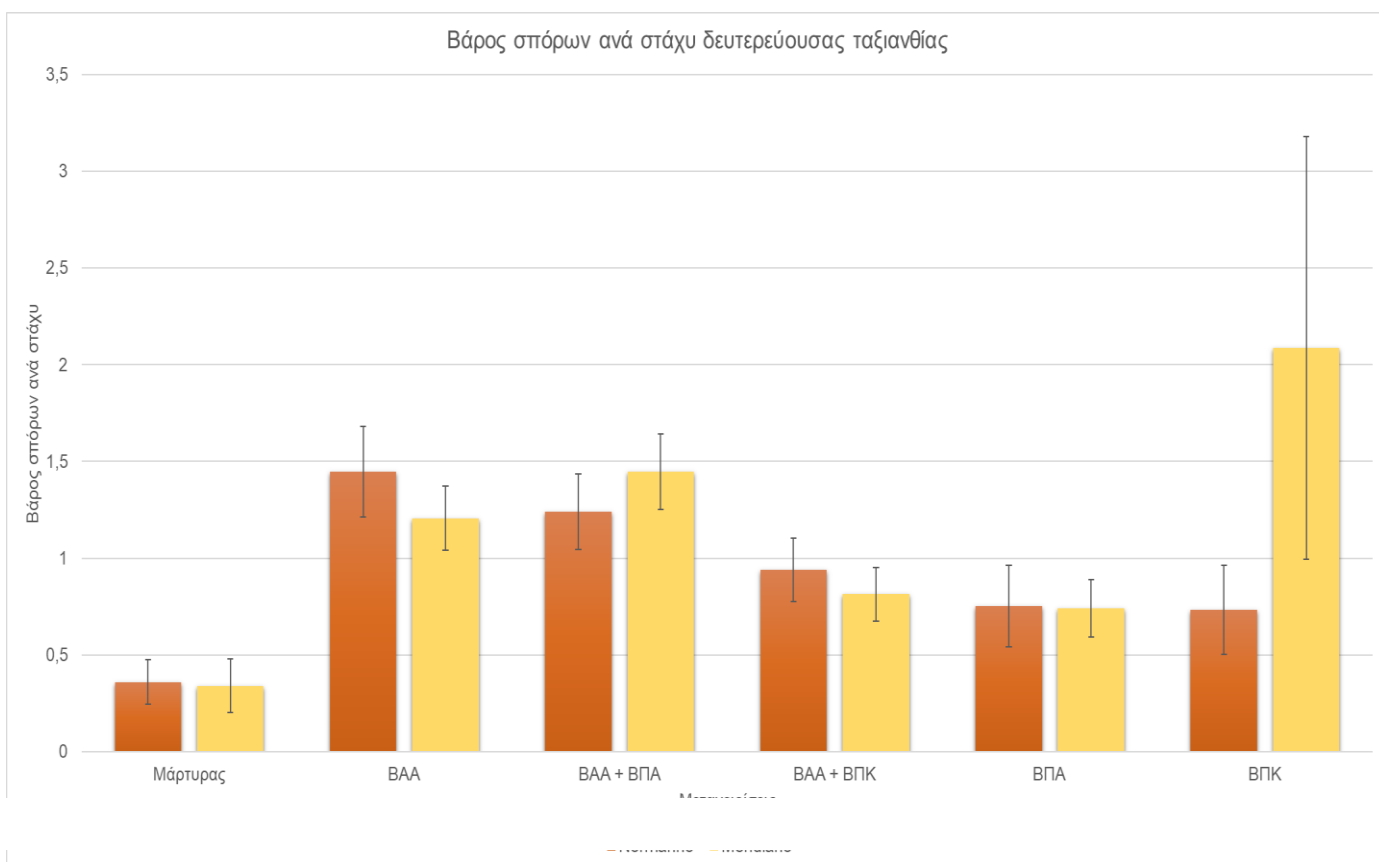
Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	a	a
ΒΑΑ	b	b
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	bc	b
ΒΑΑ + ΒΠΚ	bc	ab
ΒΠΑ	ac	b
ΒΠΚ	ac	b

Για την ποικιλία *Normanno*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (0,7) και των μεταχειρίσεων «BAA» (1,8), «BAA + ΒΠΑ» (1,52) και «BAA + ΒΠΚ» (1,51). Ενδιαφέρον παρουσιάζει, η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης «BAA» (1,8) και των μεταχειρίσεων «ΒΠΑ» (1) και «ΒΠΚ» (0,8).

Σχετικά με την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα και των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, με εξαίρεση την μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ».

Ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό, οι ποικιλίες δεν διαφοροποιούνται μεταξύ τους στατιστικά σημαντικά.

4.3.11 Βάρος καρπών ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας



Διάγραμμα 4.3.11 Επίδραση βιοδιεγερτών στο βάρος σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας.

Από την ανάλυση της διασποράς για το χαρακτηριστικό του βάρους σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας (διάγραμμα 4.3.11), παρατηρείται ότι τα φυτά των πειραματικών τεμαχίων του μάρτυρα, έχουν το χαμηλότερο βάρος καρπών και για τις δύο ποικιλίες. Μέγιστο ύψος φαίνεται να έχουν τα φυτά που ανήκουν στα πειραματικά τεμάχια της μεταχείρισης «BAA» για την ποικιλία *Normanno* και «ΒΠΚ» για την ποικιλία *Meridiano*.

Πίνακας 4.3.11: Ανάλυση διασποράς και διαφορές μέσων για το χαρακτηριστικό βάρος σπόρων ανά στάχυ της δευτερεύουσας ταξιανθίας. Με κεφαλαία γράμματα σημειώνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των ποικιλιών και με μικρά γράμματα οι συγκρίσεις μεταξύ των επεμβάσεων των βιοδιεγερτών.

ΜΣ: μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

*, **, ***: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05, 0,01, 0,001 αντίστοιχα.

Ποικιλίες	ΜΣ	
Βιοδιεγέρτες	*	
Αλληλεπίδραση	ΜΣ	
Var.	<i>Normanno</i>	<i>Meridiano</i>
Μάρτυρας	ab	a
ΒΑΑ	a	ab
ΒΑΑ+ ΒΠΑ	ab	ab
ΒΑΑ + ΒΠΚ	ab	a
ΒΠΑ	b	a
ΒΠΚ	b	b

Πιο συγκεκριμένα, στην ποικιλία *Normanno* το βάρος σπόρων ανά στάχυ δευτερεύουσας ταξιανθίας στην μεταχείριση «ΒΑΑ» ανέρχεται στα 1,44 g, ενώ στις μεταχειρίσεις «ΒΠΑ» και «ΒΠΚ» στα 0,75 g και 0,73 g αντίστοιχα. Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική (πίνακας 4.3.11).

Όσον αφορά την ποικιλία *Meridiano*, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ του μάρτυρα (0,34 g), «ΒΑΑ + ΒΠΚ» (0,81 g) και «ΒΠΑ» (0,74 g) με την μεταχείριση «ΒΠΚ» (2 g). Να σημειωθεί ότι παρατηρείται υψηλή τυπική απόκλιση για τη μεταχείριση «ΒΠΚ».

Ως προς τη συγκεκριμένη μεταβλητή, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ποικιλιών.

4.4 Συστατικά της απόδοσης

Όπως προαναφέρθηκε, η απόδοση μπορεί να αναλυθεί σε επιμέρους συστατικά που ονομάζονται συνιστώσες της απόδοσης. Ακολούθως, η απόδοση ανά φυτό (Y), μπορεί να αναλυθεί σύμφωνα με τον τύπο:

$$Y = \text{Αριθμός αδελφιών/φυτό} \times \text{Αριθμός στάξεων/αριθμό αδελφιών} \times \text{Αριθμός σταχυδίων/στάχυ} \times \text{Αριθμός καρπών/σταχύδιο} \times \text{Μέσο Βάρος Καρπού}$$

Οι συντελεστές των συστατικών της απόδοσης (για κάθε μεταχείριση και ποικιλία), υπολογίζονται μέσω πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression). Η εξίσωση παλινδρόμησης μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 \quad (1)$$

Όπου,

- Y : Εξαρτημένη μεταβλητή – Απόδοση (Yield)
- a₀: Σταθερός όρος
- a_{1...5}: Συντελεστές Ανεξάρτητων μεταβλητών
- X_{1...5}: Ανεξάρτητες μεταβλητές

Επιπλέον υποθέτουμε πως η συναρτησιακή σχέση μεταξύ των μεταβλητών είναι γραμμική. Στον πίνακα 4.4, παρατίθενται τα αποτελέσματα του παραπάνω μοντέλου. Ο συντελεστής R² χρησιμοποιείται ως κριτήριο καλής προσαρμογής των δεδομένων στο γραμμικό μοντέλο. Οι αστερίσκοι δείχνουν τη στατιστική σημαντικότητα, σε επίπεδο *5%, **1% και ***0,1% με t(9).

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα εκτιμήσεων πολλαπλής παλινδρόμησης

Normanno	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	R ²
Μάρτυρας	3.6 **	1.45 ^{MΣ}	2,66 ^{MΣ}	-0,212 *	1,24 ^{MΣ}	58,0 **	89,99
BAA	-18,9 **	1,11 *	4,54 ^{MΣ}	0,18 ^{MΣ}	2,86 *	205,0 **	87,06
BAA + ΒΠΑ	9,78 ***	1,62 ***	1,02 ^{MΣ}	0,063 ^{MΣ}	2,45 **	154,5 ***	89,94
BAA + ΒΠΚ	-2,86 ^{MΣ}	0,343 ^{MΣ}	3,23 *	0,019 ^{MΣ}	0,35 ^{MΣ}	65,06 *	82,40
ΒΠΑ	-1,96 **	0,47 *	1,59 *	-0,57 ^{MΣ}	0,74 **	71,54 ***	96,63
ΒΠΚ	-1,06 ^{MΣ}	0,103 ^{MΣ}	-1,45 ^{MΣ}	0,003 ^{MΣ}	0,934 *	150,2 ***	92,80

Meridiano							
Μάρτυρας	-2,02 ^{**}	0,638 ^{**}	-2,05 ^{ΜΣ}	0,035 ^{ΜΣ}	2,28 ^{**}	37,3 ^{ΜΣ}	85,97
BAA	-5,51 ^{**}	1,35 ^{***}	-3,22 ^{ΜΣ}	0,140 ^{ΜΣ}	2,55 [*]	196,6 ^{**}	91,86
BAA + ΒΠΑ	-3,08 ^{**}	0,10 ^{ΜΣ}	-1,95 ^{**}	0,08 ^{ΜΣ}	4,73 ^{***}	14,2 [*]	98,49
BAA + ΒΠΚ	-6,36 ^{**}	1,40 ^{**}	-2,51 ^{**}	0,231 ^{ΜΣ}	1,53 ^{ΜΣ}	51,4 ^{ΜΣ}	78,35
ΒΠΑ	-16,3 ^{**}	0,039 ^{ΜΣ}	2,95 [*]	0,483 [*]	2,75 [*]	91,5 ^{ΜΣ}	58,56
ΒΠΚ	-6,22 [*]	0,617 ^{ΜΣ}	-1,23 ^{ΜΣ}	0,109 ^{ΜΣ}	0,301 ^{ΜΣ}	184,6 ^{***}	98,60

Η συμβολή της κάθε συνιστώσας στη διαμόρφωση της τελικής απόδοσης, καθορίζεται ανάλογα με το πλήθος των στατιστικά σημαντικών συντελεστών μεταξύ των μεταχειρίσεων.

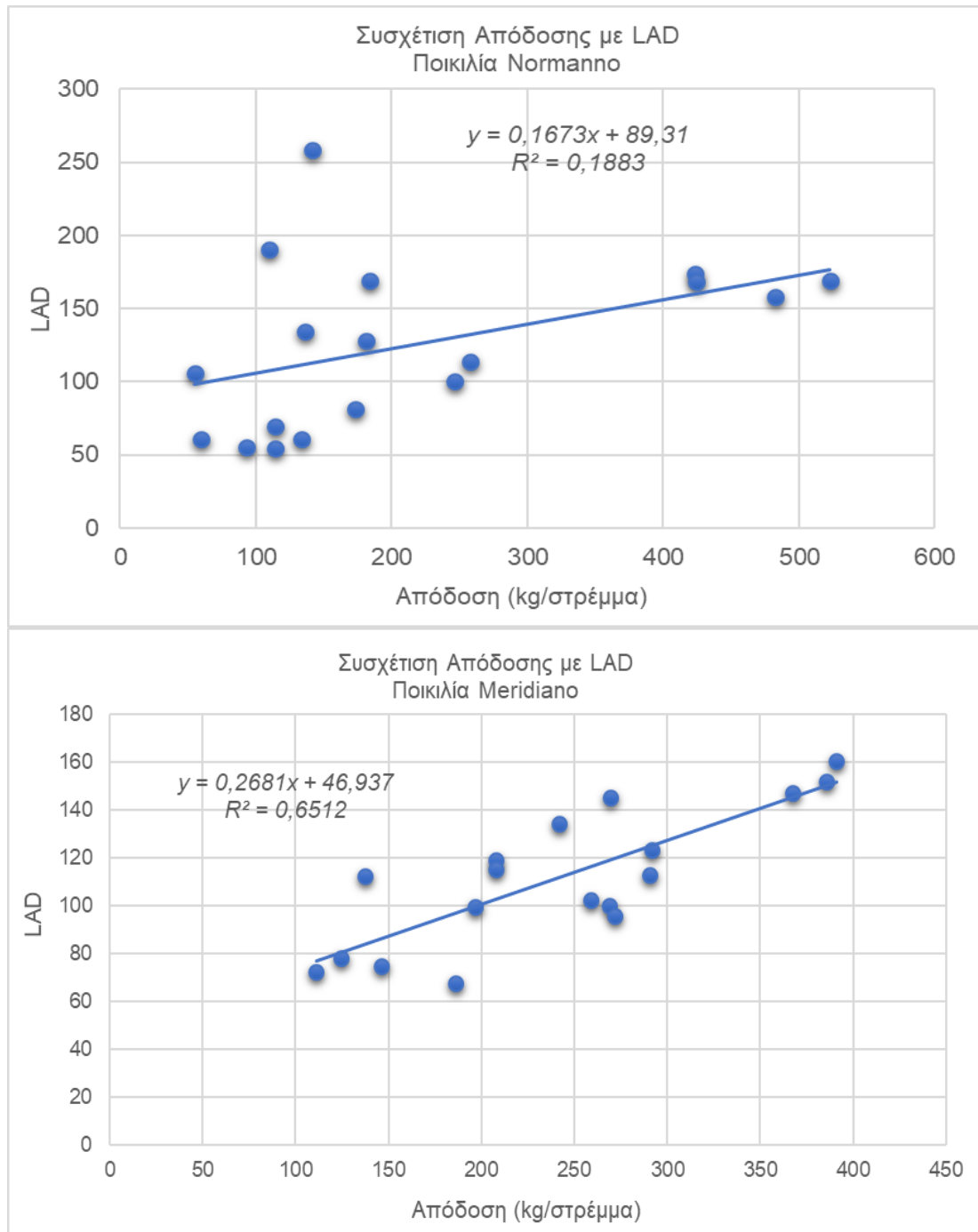
Από τον πίνακα πολλαπλής παλινδρόμησης, παρατηρείται πως οι ανεξάρτητες μεταβλητές «Αριθμός καρπών / σταχύδιο» και «Μέσο βάρος καρπού», έχουν τους περισσότερους στατιστικά σημαντικούς συντελεστές μεταξύ των μεταχειρίσεων και για τις δύο ποικιλίες (8 στατιστικά σημαντικοί συντελεστές), άρα και τη μεγαλύτερη συμβολή στη διαμόρφωση της τελικής απόδοσης.

Με βάση το ίδιο κριτήριο, οι συντελεστές «Αριθμός των αδελφιών / φυτό» και ο «Αριθμός των στάχων / αριθμό αδελφιών», συμμετέχουν σε μικρότερο βαθμό στη διαμόρφωση της τελικής απόδοσης (6 στατιστικά σημαντικοί συντελεστές).

Τέλος, ελάχιστη συμβολή στη διαμόρφωση της τελικής απόδοσης έχει η συνιστώσα «Αριθμός σταχυδίων / στάχυ», με μόλις δύο στατιστικά σημαντικούς συντελεστές μεταξύ των μεταχειρίσεων και για τις δύο ποικιλίες.

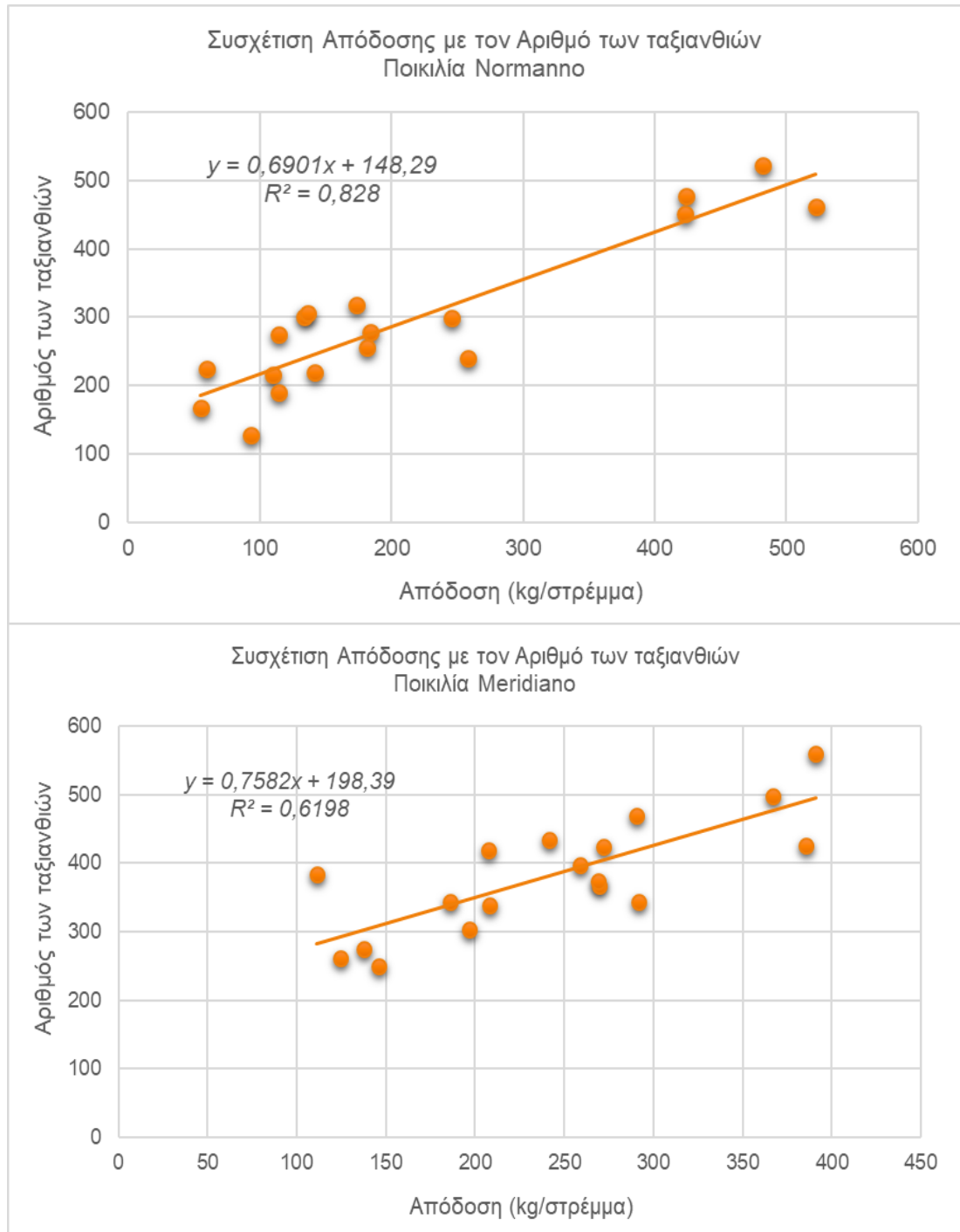
4.5 Συσχετίσεις

Οι συσχετίσεις της απόδοσης με ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως η διάρκεια φυλλικής επιφάνειας μετά το ξεστάχασμα (LAD), ο αριθμός των ταξιανθιών / m² και το βάρος των ταξιανθιών / m², επιτεύχθηκαν μέσω ενός υποδείγματος απλής γραμμικής παλινδρόμησης (Simple Linear Regression). Στα παρακάτω γραφήματα απεικονίζονται επιπλέον οι εξισώσεις και οι συντελεστές παλινδρόμησης.



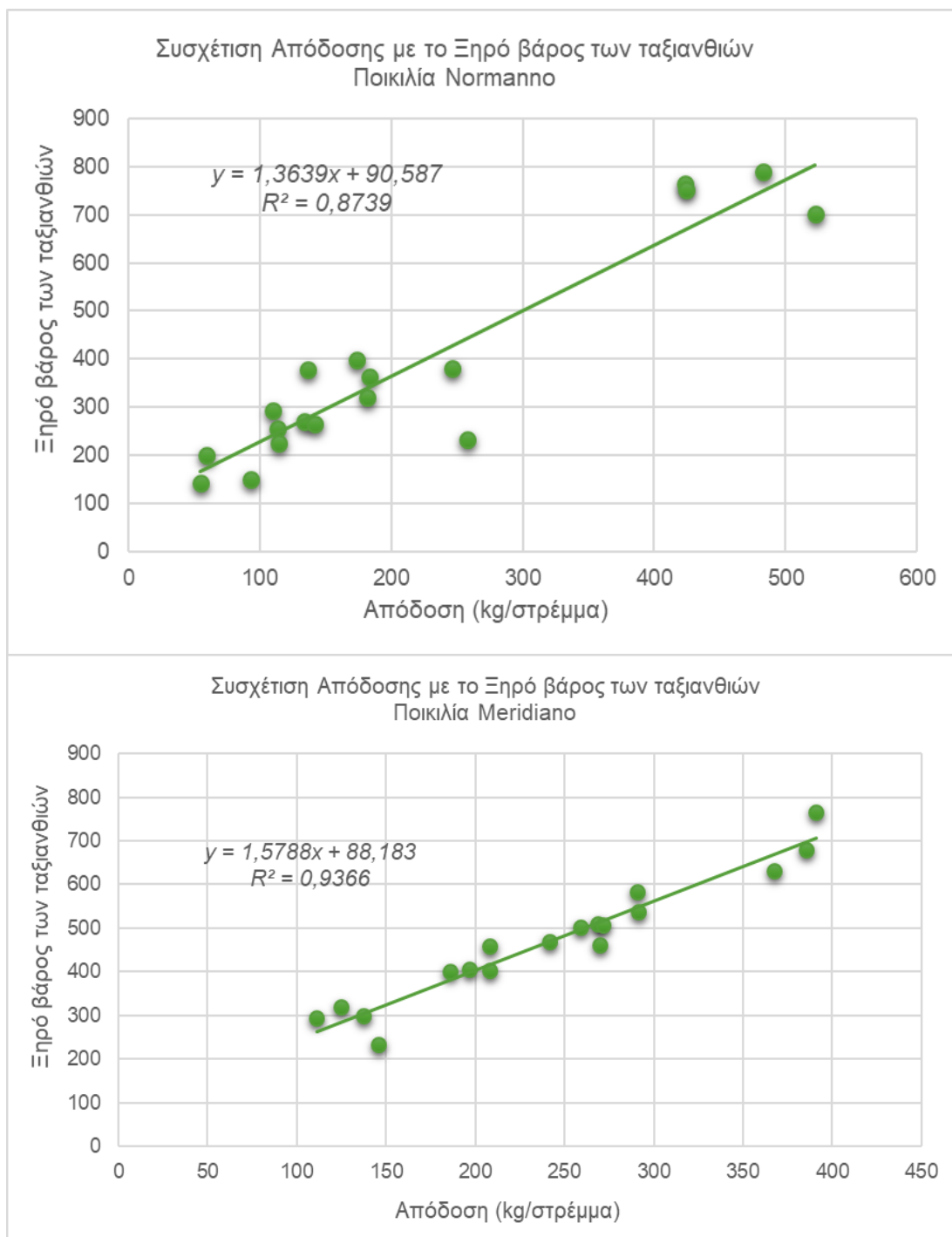
Διάγραμμα 4.5.1 Συσχέτιση της Απόδοσης με το δείκτη LAD, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού

Σύμφωνα με το *διάγραμμα 4.5.1*, η διάρκεια φυλλικής επιφάνειας για την ποικιλία *Normanno*, παρουσιάζει θετική συσχέτιση με την απόδοση. Γιατί, όσο αυξάνονται οι τιμές της LAD, τόσο αυξάνονται και οι τιμές της απόδοσης. Ωστόσο, ο συντελεστής R^2 , είναι αρκετά χαμηλός (0,18) και ο συντελεστής συσχέτισης r , μη στατιστικά σημαντικός (0,43). Τα αποτελέσματα απλής παλινδρόμησης είναι παρόμοια και για την ποικιλία *Meridiano*, με τη διαφορά ότι ο συντελεστής R^2 , είναι υψηλότερος (0,65).



Διάγραμμα 4.5.2 Συσχέτιση Απόδοσης με τον Αριθμό των ταξιανθιών, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού

Ακολούθως, θετική συσχέτιση παρουσιάζεται μεταξύ της απόδοσης και του αριθμού των ταξιανθιών και για τις δύο ποικιλίες. Από το **διάγραμμα 4.5.2**, παρατηρείται πως όσο αυξάνεται ο αριθμός των ταξιανθιών, τόσο αυξάνεται και η απόδοση. Ο συντελεστής R^2 , είναι 0,82 για την ποικιλία *Normanno* και 0,61 για την ποικιλία *Meridiano*. Επιπλέον, ο συντελεστής συσχέτισης r , είναι στατιστικά σημαντικός (0,91) και για τις δύο ποικιλίες.



Διάγραμμα 4.5.3 Συσχέτιση Απόδοσης με το Ξηρό βάρος των ταξιανθιών, υπό την επίδραση των βιοδιεγερτών, για τις δύο ποικιλίες σκληρού σιταριού

Τέλος, το χαρακτηριστικό του ξηρού βάρους των ταξιανθιών συσχετίζεται θετικά με την απόδοση (διάγραμμα 4.5.3). Όσο αυξάνεται δηλαδή το ξηρό βάρος των ταξιανθιών, τόσο αυξάνεται και η απόδοση. Οι συντελεστές R^2 για τις ποικιλίες *Normanno* και *Meridiano* είναι 0,87 και 0,93 αντίστοιχα. Επιπλέον, ο συντελεστής συσχέτισης r , είναι στατιστικά σημαντικός (0,93) και για τις δύο ποικιλίες.

Κεφάλαιο 5

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA), διαπιστώθηκαν αρκετές στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων για τα περισσότερα αγρονομικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες). Κατά συνέπεια, η συζήτηση σχετικά με την ερμηνεία των αποτελεσμάτων του πειράματος γίνεται ξεχωριστά για κάθε μία μεταχείριση του πρώτου (Βιοδιεγέρτες) και του δεύτερου παράγοντα (Ποικιλίες).

5.1 Ο βιοδιεγέρτης αναστολής αιθυλενίου (BAA)

Ο τρόπος με τον οποίο ο BAA επιδρά πάνω σε συγκεκριμένα αγρονομικά χαρακτηριστικά, μελετήθηκε βάσει αναλύσεων παραλλακτικότητας (ANOVA). Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, η εφαρμογή BAA σε φυτά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum L.*), αύξησε τον αριθμό των αδελφιών (κατά 42% στην ποικιλία *Meridiano*), τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 50% και στις δύο ποικιλίες) και τον αριθμό των φύλλων (κατά 125% στην ποικιλία *Normanno*). Στις 147 ημέρες από τη σπορά, τα φυτά στα οποία εφαρμόστηκε ο βιοδιεγέρτης BAA, παρουσίασαν αυξημένη φυλλική επιφάνεια (κατά 150% στην ποικιλία *Normanno*), αυξημένο ξηρό βάρος των ταξιανθιών (κατά 59% στην ποικιλία *Normanno*), αυξημένο ξηρό βάρος στελεχών (κατά 56% στην ποικιλία *Normanno*) και αυξημένη ολική βιομάζα φυτού (κατά 140% στην ποικιλία *Normanno*). Ακολούθως, ο BAA ενίσχυσε το ξηρό βάρος των ταξιανθιών της ποικιλίας *Meridiano* κατά 71% και την απόδοσή της κατά 73% κατά τη συγκομιδή. Επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως το ύψος του φυτού, το βάρος της κύριας και δευτερεύουσας ταξιανθίας, ο αριθμός σταχυδίων / στάχυ κύριας ταξιανθίας, ο αριθμός σπόρων / στάχυ κύριας και δευτερεύουσας ταξιανθίας και το βάρος καρπών κύριας και δευτερεύουσας ταξιανθίας, ενισχύθηκαν και αυτά από την εφαρμογή BAA.

Σε ανάλογες παρατηρήσεις έχουν καταλήξει στο παρελθόν, αρκετές ακόμα πειραματικές μελέτες. Για παράδειγμα, οι Locke et. al., (2000) εφαρμόζοντας ιόντα κοβαλτίου (Co^{2+}) στο στάδιο της βλάστησης των σπόρων κριθαριού (*Hordeum Vulgare L.*), διαπίστωσαν ενίσχυση ορισμένων αγρονομικών χαρακτηριστικών (αύξηση ριζικής και βλαστικής ανάπτυξης κατά 113% και κατά 160% αντιστοίχως). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Kerczynski et. al., (1985) στο βλήτο (*Amaranthus caudatus*), οι Jaleel et. al., στο καλαμπόκι (*Zea Mays*) και οι De Greef et. al., (1980) και Hoffman, (1982) σε σπόρους φιστικιάς (*Pistacia Vera*) και φασολιού (*Phaseolus vulgaris*) αντίστοιχα. Επιπλέον, οι Campo et. al., (2000) ύστερα από εφαρμογή ιόντων κοβαλτίου (Co^{2+}) σε σπόρους σόγιας, παρατήρησαν αύξηση της τελικής απόδοσης κατά 44,2 %. Παρόμοιες έρευνες, έγιναν και από τους Atta – Aly et. al., (1997), στο κολοκύθι (*Curcubita L.*), διαπιστώνοντας ενίσχυση της φυλλικής επιφάνειας καθώς και του νωπού και του ξηρού βάρους. Η ερμηνεία των παραπάνω ενδείξεων, βασίζεται στο γεγονός ότι τα ιόντα Co^{2+} , ως αναστολείς βιοσύνθεσης του αιθυλενίου, ενισχύουν την περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά ένζυμα, μειώνουν τις συγκεντρώσεις ενεργών μορφών οξυγόνου RO_s και αυξάνουν τα επίπεδα των πολυαμινών. Pandey et. al., (2000) και Wang et.al., (2002).

Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται, ότι τα παραπάνω αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, προέκυψαν με μέτρο σύγκρισης την μεταχείριση «BAA» με τον μάρτυρα. Οι επιπλέον στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, θα αναλυθούν στη συνέχεια.

5.2 Ο βιοδιεγέρτης προώθησης κυτοκινίνης (BPK)

Η συγκεκριμένη μεταχείριση βιοδιεγέρτη «BPK» άσκησε σημαντική επίδραση σε διάφορα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, σύμφωνα με την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή BPK σε φυτά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum L.*), αύξησε τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 32% στην ποικιλία *Meridiano*), το ξηρό βάρος των ταξιανθιών (κατά 69% στην ποικιλία *Meridiano*) και το ύψος του φυτού (κατά 26% στην ποικιλία *Normanno*). Επιπλέον, ενίσχυσε το βάρος της κύριας ταξιανθίας (κατά 150% στην ποικιλία *Meridiano*), τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 16% στην ποικιλία *Normanno*) και τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 35% στην ποικιλία *Normanno* και κατά 113% στην ποικιλία *Meridiano*). Τέλος, σημαντική ήταν η επίδρασή της στον αριθμό των σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας (αύξηση κατά 100% στην ποικιλία *Meridiano*), στο βάρος των σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (αύξηση κατά 75% στην ποικιλία *Meridiano*) και στον αριθμό των σπόρων ανά σταχύδιο της δευτερεύουσας ταξιανθίας (αύξηση κατά 138% στην ποικιλία *Meridiano*).

Αντίστοιχα αποτελέσματα καταγράφηκαν από τους Szczerpanek et. al., (2018) κατά την εφαρμογή βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος φυκών βάσης *Ecklonia maxima*, στο μαλακό σιτάρι (*Triticum Aestivum L.*). Ως αποτέλεσμα της εφαρμογής, ο αριθμός των γόνιμων αδελφιών, ο αριθμός των καρπών ανά ταξιανθία, η απόδοση και ο βαθμός πρόσληψης αζώτου (N), καλίου (K) και φωσφόρου (P), αυξήθηκαν σημαντικά. Σε ανάλογες παρατηρήσεις, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης του ριζικού συστήματος, κατέληξαν οι ίδιοι δύο χρόνια αργότερα (2018), ύστερα από την εφαρμογή του συγκεκριμένου βιοδιεγέρτη στην ίδια καλλιέργεια. Επιπλέον, οι Beckett et. al., (1989), παρατήρησαν πως η εφαρμογή βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος φυκών βάσης *Ecklonia maxima*, αύξησε την απόδοση, το βάρος των φύλλων και το ποσοστό αζώτου (N) στα φύλλα, στο μαλακό σιτάρι σε συνθήκες τροφοπενίας (*Triticum Aestivum L.*).

Τέλος, εφαρμογή σκευάσματος βάσης *Ecklonia maxima*, μείωσε το ποσοστό πλαγιάσματος και αύξησε την απόδοση στο σιτάρι (*Triticum Aestivum L.*), σύμφωνα με τον Nelson, (1984). Σε μία άλλη καλλιέργεια (*Phaseolus acutifolius L.*), βιοδιεγέρτης με βάση το ίδιο εκχύλισμα φυκών (*Ecklonia maxima*), αύξησε την απόδοση δύο ποικιλιών καθώς και το ποσοστό ανθοκυακών στους καρπούς.

Η ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων, βασίζεται στην εμπλοκή των κυτοκινινών (CK_s), στη δημιουργία μίας νέας σχέσης πηγής – αποδέκτη (source – sink) και στην κατανομή των θρεπτικών συστατικών. (Taiz και Zeiger, 2012). Τα θρεπτικά συστατικά μεταφέρονται από μία πηγή αποθήκευσης (source), σε μία πηγή χρήσης (αναπαραγωγικά όργανα - καρποί – αποδέκτης, sink). Προωθώντας επίσης την κυτταρική διαίρεση στο ακραίο μερίστωμα του βλαστού, οι κυτοκινίνες συμβάλλουν

στη βλαστική ανάπτυξη, με άλλα λόγια στην αύξηση του ύψους του φυτού (Taiz και Zeiger, 2012).

Πράγματι, η εφαρμογή εξωγενών κυτοκινινών ως ρυθμιστές ανάπτυξης (plant growth regulators) έχει μελετηθεί διεξοδικά σε διεθνές επίπεδο, ως προς την επίδρασή της σε διάφορα αγρονομικά χαρακτηριστικά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum* L.). Οι Yang et. al. (2016), διαπίστωσαν πως εξωγενής εφαρμογή κυτοκινινών αύξησε την απόδοση της συγκεκριμένης καλλιέργειας, σε συνθήκες θερμικής καταπόνησης (συνθήκες ξηρασίας). Σύμφωνα με τους ίδιους, η μείωση της επίδρασης της θερμικής καταπόνησης στην απόδοση, σχετίζεται με τη συμβολή των κυτοκινινών στην αύξηση του αριθμού των κυττάρων του ενδοσπέρματος και στην επιτάχυνση της συσσώρευσης υδατανθράκων στους καρπούς.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Dwivedi et. al., (2014), στο φυτό του μαλακού σιταριού (*Triticum Aestivum* L.). Η εφαρμογή εξωγενών κυτοκινινών αύξησε την φωτοσυνθετική ικανότητα, τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και άλλα φυσιολογικά χαρακτηριστικά, σε συνθήκες ξηρασίας.

Τα παραπάνω αποτελέσματα, προέκυψαν με μέτρο σύγκρισης της μεταχείρισης «ΒΠΚ» με τον μάρτυρα. Οι επιπλέον στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, θα αναλυθούν στη συνέχεια.

5.3 Ο βιοδιεγέρτης προώθησης αυξίνης και γιββερελλίνης (ΒΠΑ)

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης παραλλακτικότητας (ANOVA), παρατηρείται ότι η μεταχείριση «ΒΠΑ» επιδρά σημαντικά πάνω σε αρκετά αγρονομικά χαρακτηριστικά. Αναλυτικότερα, η εφαρμογή ΒΠΑ σε φυτά του σκληρού σιταριού (*Triticum durum* L.), αύξησε τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 53% στην ποικιλία *Meridiano*), τον αριθμό των φύλλων (κατά 182% στην ποικιλία *Normanno*) και την φυλλική επιφάνεια (κατά 32% στην ποικιλία *Normanno*). Επιπλέον, ενίσχυσε το ξηρό βάρος του φυτού (κατά 147% στην ποικιλία *Normanno*), τον αριθμό σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 28% στην ποικιλία *Meridiano*) και τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 100% στην ποικιλία *Meridiano*).

Σύμφωνα με αναφορές, στο παρελθόν έχουν προκύψει παρόμοια αποτελέσματα από σχετικά πειράματα. Οι Stamatiadis et. al., (2014) απέδειξαν πως η εφαρμογή βιοδιεγέρτη εκχυλίσματος φυκιών (με βάση το *Ascophyllum nodosum* L.) στο σκληρό σιτάρι (*Triticum durum* L.), αύξησε την απόδοση κατά 40% και τη συγκέντρωση K⁺ κατά 30% στους καρπούς. Σε ανάλογες παρατηρήσεις έχουν καταλήξει και οι Michalak et. al., (2016), όπου η εφαρμογή τριών ειδών εκχυλίσματος φυκών (*Spirulina platensis*, *Ascophyllum nodosum* και *Baltic macroalgae*) σε σκληρό σιτάρι (*Triticum durum* L.), αύξησε τον αριθμό των ταξιανθιών ανά m², συνιστώσα, η οποία συνδέεται άμεσα με την αύξηση της τελικής απόδοσης.

Οι παραπάνω ενδείξεις αποδίδονται στη δράση της αυξινών (IAA) και των γιββερελλινών (GA_s). Οι αυξίνες επιδρούν θετικά στην εξισορρόπηση φορτίου – βλάστησης, στη διαφοροποίηση και στη προώθηση της ανάπτυξης των καρπών (αποτελέσματα αποδοτικών χαρακτηριστικών). Επιπλέον, είναι υπεύθυνες για την διαμόρφωση της διάταξης του φυλλώματος και τη βλαστική ανάπτυξη (αποτελέσματα αριθμού φύλλων και φυλλικής επιφάνειας). Οι γιββερελλίνες, είναι υπεύθυνες για την

επιμήκυνση του βλαστού, την διέγερση της κυτταρικής αύξησης και διαίρεσης και την επαγωγή – ανάπτυξη των καρπών (Taiz και Zeiger, 2012).

Οι Abdoli et. al, (2013), έδειξαν ότι η εφαρμογή αυξινών (IAA), ενίσχυσε την απόδοση του μαλακού σιταριού (*Triticum Aestivum L.*) κατά 19.6% όπως και το βάρος των 1000 κόκκων κατά 20,8%. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Honarmand et. al., (2013), διαπιστώνοντας ότι η εδαφική εφαρμογή ρυθμιστή ανάπτυξης IAA στο στάδιο του ξεσταχυάσματος, αύξησε τον αριθμό των σπόρων ανά στάχυ.

Τα αποτελέσματα που παρατίθενται παραπάνω, προέκυψαν με μέτρο σύγκρισης της μεταχείρισης «BΠA» με τον μάρτυρα. Οι επιπλέον στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των υπόλοιπων μεταχειρίσεων, θα αναλυθούν στη συνέχεια.

5.4 Ο συνδυασμός BAA και BΠA

Ο συνδυασμός βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου και βιοδιεγέρτη προώθησης αυξίνης (BAA + BΠA), παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα ως προς την επίδραση του σε διάφορες ανεξάρτητες μεταβλητές. Από παρατηρήσεις των 130 και 147 ημερών από τη σπορά, στην ποικιλία *Normanno* η εφαρμογή BAA + BΠA αύξησε τον αριθμό των αδελφιών (κατά 66% και 42% αντιστοίχως), τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 100%), τον αριθμό των φύλλων (κατά 137% και 140% αντίστοιχα) και το ξηρό βάρος των ταξιανθιών (κατά 100%). Επιπλέον, από παρατηρήσεις των 95, 130 και 147 ημερών από τη σπορά, η εφαρμογή BAA + BΠA ενίσχυσε τη φυλλική επιφάνεια της ποικιλίας *Meridiano* (κατά 59%, 150% και 150% αντιστοίχως), το ξηρό βάρος στελεχών της ποικιλίας *Normanno* (κατά 78%, 89% και 150% αντίστοιχα) και το ξηρό βάρος φυτού της ποικιλίας *Normanno* (κατά 63%, 100% και 150% αντίστοιχα). Ακολούθως, ο BAA + BΠA αύξησε στη συγκομιδή τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 22% στην ποικιλία *Normanno*), το ύψος του φυτού (κατά 22% στην ποικιλία *Normanno*), το βάρος της κύριας ταξιανθίας (κατά 72% στην ποικιλία *Normanno* και κατά 100% στην ποικιλία *Meridiano*) και τον αριθμό των σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 28% στην ποικιλία *Meridiano*). Ο BAA + BΠA αύξησε επιπρόσθετα τον αριθμό σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 32% στην ποικιλία *Meridiano*), τον αριθμό σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας (κατά 100% στην ποικιλία *Meridiano*), το βάρος των σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (κατά 140% στην ποικιλία *Meridiano*). Τέλος, το βάρος της δευτερεύουσας ταξιανθίας (κατά 150% και στις δύο ποικιλίες), ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ της δευτερεύουσας ταξιανθίας και ο αριθμός των σπόρων ανά σταχύδιο της δευτερεύουσας ταξιανθίας (110% στην ποικιλία *Normanno* και κατά 150% στην ποικιλία *Meridiano*), ήταν χαρακτηριστικά, τα οποία επηρεάστηκαν και αυτά από την εφαρμογή BAA + BΠA. Τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτουν από τη σύγκριση της μεταχείρισης «BAA + BΠA» με τον μάρτυρα.

Στη σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων «BΠA» και «BAA + BΠA», παρατηρείται πως η μεταχείριση «BAA + BΠA» παρουσίασε αυξημένο ξηρό βάρος στελεχών (κατά 53% στην ποικιλία *Normanno*), ενισχυμένο ξηρό βάρος ταξιανθιών (κατά 92% στην ποικιλία *Normanno*), αυξημένο ξηρό βάρος φυτού (κατά 53% στην ποικιλία *Normanno* και 50% στην ποικιλία *Meridiano*) και ενισχυμένο βάρος της κύριας ταξιανθίας (κατά 80% στην ποικιλία *Normanno*).

Συγκριτικά με τις μεταχειρίσεις «BAA» και «BAA + ΒΠΑ», ο συνδυασμός βιοδιεγερτών φαίνεται να έχει αυξημένη μόνο μία μεταβλητή, αυτή του ξηρού βάρους των στελεχών (κατά 19% στην ποικιλία *Meridiano*).

Συνεπώς, είναι εμφανής ο ρόλος του βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου (BAA), στη διαμόρφωση των παραπάνω αποτελεσμάτων.

5.5 Ο συνδυασμός BAA και ΒΠΚ

Ο συνδυασμός βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου και βιοδιεγέρτη προώθησης κυτοκινίνης (BAA + ΒΠΚ), άσκησε σημαντική επίδραση σε διάφορα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, σύμφωνα με την ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Από παρατηρήσεις των 130 ημερών από τη σπορά, η εφαρμογή BAA + ΒΠΚ αύξησε τον αριθμό των αδελφιών (κατά 66% στην ποικιλία *Normanno*), τον αριθμό των ταξιανθιών (κατά 100% στην ποικιλία *Normanno*), το ξηρό βάρος των ταξιανθιών (κατά 150% στην ποικιλία *Normanno* και κατά 76% στην ποικιλία *Meridiano*) και το ξηρό βάρος του φυτού (κατά 56% στην ποικιλία *Normanno* και κατά 33% στην ποικιλία *Meridiano*). Επιπλέον, ενίσχυσε τη φυλλική επιφάνεια (κατά 55% στην ποικιλία *Meridiano*), το ξηρό βάρος των ταξιανθιών στη συγκομιδή (κατά 90% στην ποικιλία *Normanno*) και την απόδοση κατά 116% στην ποικιλία *Normanno*. Χαρακτηριστικά όπως το βάρος της κύριας ταξιανθίας (85% στην ποικιλία *Meridiano*), ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (100% στην ποικιλία *Meridiano*), ο αριθμός των σπόρων ανά σταχύδιο (50% στην ποικιλία *Meridiano*), το βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας (100% στην ποικιλία *Meridiano*) και ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ της δευτερεύουσας ταξιανθίας (134% στην ποικιλία *Normanno*) ενισχύθηκαν και αυτά από την εφαρμογή BAA + ΒΠΚ. Τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτουν από τη σύγκριση της μεταχείρισης «BAA + ΒΠΚ» με τον μάρτυρα.

Συγκρίνοντας τις μεταχειρίσεις «ΒΠΚ» και «BAA + ΒΠΚ», παρατηρείται ότι η μεταχείριση «BAA + ΒΠΚ» παρουσίασε αυξημένο αριθμό αδελφιών (κατά 57% στην ποικιλία *Normanno*), ενισχυμένο αριθμό ταξιανθιών (κατά 66% στην ποικιλία *Normanno*) και αυξημένο αριθμό φύλλων (μέχρι και 60% στην ποικιλία *Normanno*).

Συγκριτικά, με τις μεταχειρίσεις «BAA» και «BAA + ΒΠΑ», ο συνδυασμός βιοδιεγερτών φαίνεται να έχει αυξημένη μόνο ένα χαρακτηριστικό, αυτό της απόδοσης (κατά 5% στην ποικιλία *Normanno*).

Επομένως, είναι εμφανής ο ρόλος του βιοδιεγέρτη αναστολής αιθυλενίου (BAA), στη διαμόρφωση των παραπάνω αποτελεσμάτων.

5.6 Οι ποικιλίες *Normanno* και *Meridiano*

Πολλά από τα αγρονομικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ποικιλιών. Στη συνέχεια θα αναλυθούν εκείνα τα χαρακτηριστικά, τα οποία παρουσίασαν την υψηλότερη παραλλακτικότητα. Το ξηρό βάρος των ταξιανθιών, το ξηρό βάρος του φυτού, το ξηρό βάρος των στελεχών και ο αριθμός των γονίμων αδελφιών, είναι χαρακτηριστικά, στα οποία η ποικιλία *Meridiano* σημείωσε υψηλότερες τιμές από τη *Normanno*. Εν

αντιθέσει, χαρακτηριστικά όπως ο αριθμός των αδελφιών, ο αριθμός των ταξιανθιών, ο αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας, ο αριθμός σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας, ο αριθμός σπόρων ανά σταχύδιο της κύριας ταξιανθίας και το βάρος σπόρων ανά στάχυ της κύριας ταξιανθίας, εμφάνισαν υψηλότερες τιμές στην ποικιλία *Normanno* απ' ό τι στη *Meridiano*.

Στη διεθνή βιβλιογραφία η σύγκριση μεταξύ των ποικιλιών *Normanno* και *Meridiano*, περιορίζεται στα χαρακτηριστικά της ποιότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι Venora et. al., (2009) παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συγκεκριμένων ποικιλιών στο ποσοστό υαλωδών κόκκων, χαρακτηριστικό το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με την ποιότητα. Η ποικιλία *Normanno*, δείχνει να έχει περισσότερους στατιστικά σημαντικούς δείκτες από την ποικιλία *Meridiano*, όσον αφορά το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Επιπλέον οι Spada και Rouso et. al., (2004) επισημαίνουν, πως η ποικιλία *Normanno* έχει υψηλότερο διεθνή δείκτη ποιότητας (QGI) σε σχέση με την *Meridiano*.

5.7 Συσχετίσεις

Από τα αποτελέσματα ενός μοντέλου απλής γραμμικής παλινδρόμησης (Simple Linear Regression), διαπιστώθηκε πως η διάρκεια φυλλικής επιφάνειας μετά το ξεστάχασμα (LAD), ο αριθμός των ανθέων / m² και το βάρος των ταξιανθιών / m², συσχετίζονται θετικά με την απόδοση.

Σύμφωνα με αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές των Evans et. al., (1975, Crop Physiology: Case Histories), επιβεβαιώνεται ότι η διάρκεια φυλλικής επιφάνειας (LAD) συσχετίζεται θετικά με την απόδοση. Επιπλέον οι Sokoto et. al., (2011), απέδειξαν πως ο αριθμός των ταξιανθιών / m² συσχετίζεται επίσης θετικά με την απόδοση. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Kumar et. al., (1998) και οι Narwal et. al., (1999). Τέλος, όσον αφορά το ξηρό βάρος των ταξιανθιών οι Adhikary et. al., (2009) και οι Bhuiya et. al., (1994), επισημαίνουν πως η συγκεκριμένη μεταβλητή συσχετίζεται θετικά με την απόδοση.

5.8 Συστατικά της απόδοσης

Μελετώντας το μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης (multiple regression), παρατηρείται ότι όλες οι ανεξάρτητες μεταβλητές – συστατικά της απόδοσης, συσχετίζονται θετικά με αυτήν. Σε παρόμοιες παρατηρήσεις έχουν καταλήξει στο παρελθόν αρκετές ακόμα πειραματικές εργασίες (Aycicek et. al., 2006, Sarwar et. al., 2010, Sen et. al., 2007). Ισχυρότερη επίδραση στη διαμόρφωση της απόδοσης είχε το «μέσο βάρος των καρπών» και ο «αριθμός καρπών / σταχύδιο». Οι Leilah et. al. (2005), Sarwar et. al., (2010) και Bergale et. al., (2002) κατέληξαν στα ίδια αποτελέσματα. Επιπλέον οι Singh και Dwivedi (2004) επισημαίνουν, ότι αυτές οι δύο μεταβλητές πρέπει να αποτελούν βασικά κριτήρια γενετικής βελτίωσης. Υψηλή, αλλά όχι ισχυρότερη επίδραση στη διαμόρφωση της απόδοσης, είχαν οι μεταβλητές «αριθμός αδελφιών ανά φυτό» και «αριθμός στάχων ανά αριθμό αδελφιών». Οι παρατηρήσεις αυτές συνάδουν με αποτελέσματα των Sen et. al., (2007) και Aycicek (2005). Χαμηλή αλλά θετική επίδραση στη διαμόρφωση της απόδοσης είχε η μεταβλητή «αριθμός σταχυδίων ανά στάχυ». Το αποτέλεσμα αυτό, έρχεται σε

αντίθεση με παρατηρήσεις των Singh et. al., (2010), στην έρευνα των οποίων η συγκεκριμένη μεταβλητή άσκησε την υψηλότερη επίδραση.

Καταλήγοντας, σκοπός της μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης ορισμένων βιοδιεγερτών, στα αγρονομικά χαρακτηριστικά δύο ποικιλιών σκληρού σιταριού (*Triticum durum L.*). Επιπλέον αντικείμενο αυτής, είναι η εξέταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο παραγόντων του πειράματος (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) καθώς και η διερεύνηση των συσχετίσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η εφαρμογή διαφορετικών συνδυασμών βιοδιεγερτών ενίσχυσε τα αγρονομικά χαρακτηριστικά της της συγκεκριμένης καλλιέργειας. Μεγαλύτερη συμβολή στην αύξηση των αγρονομικών χαρακτηριστικών, φαίνεται να έχει ο βιοδιεγέρτης αναστολής αιθλενίου (BAA). Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των δύο ποικιλιών, με την ποικιλία *Normanno* να σημειώνει υψηλότερες τιμές στα αποδοτικά χαρακτηριστικά, σε σχέση με την ποικιλία *Meridiano*. Αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων (Βιοδιεγέρτες x Ποικιλίες) του πειράματος, δεν παρατηρείται. Όλες οι συνιστώσες της απόδοσης, εμφανίζουν θετική συσχέτιση με αυτή, με το μέσο βάρος καρπού και τον αριθμό καρπών ανά σταχύδιο να εμφανίζουν την ισχυρότερη συσχέτιση.

Η παρούσα έρευνα αφορά ένα πείραμα, το οποίο σχεδιάστηκε σε συνθήκες πεδίου. Ωστόσο, οι περισσότερες επιστημονικές μελέτες βιοδιεγερτών, χρησιμοποιούν έναν περιορισμένο εύρος μοντέλων σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ εργαστηριακών δεδομένων και δεδομένων πεδίου είναι ένα δύσκολο αλλά ταυτόχρονα σημαντικό εγχείρημα. Γιατί, μόνο έτσι μπορούν να αξιοποιηθούν τα απαραίτητα αυτά δεδομένα για την εφαρμογή των βιοδιεγερτών σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών. Υποστηρίζεται, ότι τα οφέλη από την εφαρμογή των βιοδιεγερτών στη γεωργική πράξη μπορούν να μεγιστοποιηθούν, μόνο εάν η τριμερής αλληλεπίδραση μεταξύ βιοδιεγέρτη – φυτού – περιβάλλοντος μπορεί ληφθεί υπόψη.

Οι νέες προκλήσεις αφορούν στον ακριβή προσδιορισμό της σύνθεσης των βιοδιεγερτών, στη διερεύνηση των επιπλέον αλληλεπιδράσεων (π.χ μικροοργανισμοί εδάφους), στην ποσοτικοποίηση μελετώμενων παραγόντων με μεγαλύτερη ακρίβεια και στη χρήση της μοριακής βιολογίας, για την καλύτερη εξακρίβωση του τρόπου με τον οποίο οι βιοδιεγέρτες γίνονται αποτελεσματικοί.

Βιβλιογραφία

- Abdoli M., Saeidi M., Honarmand J. S., Mandana A., (2013), The effect of foliar application of Indole-3-Acetic Acid (IAA) and roles of ear photosynthesis on grain yield production of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) under post anthesis water deficit, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(6): 1406 – 1413.
- Abeles F. B., Morgan P. W., Saltveit M. E., (1992), *Ethylene in Plant Biology*, 2nd edition Academic Press.
- Adhikary S., Alam M., Paul N., (2009), Variation of Grain Growth of Wheat Cultivars Bangladesh, *J. Agril. Res.*, 34(3): 351 – 359.
- Alizadeh O., Haghghi B. J., Ordoorkhani K., (2010), The effects of exogenous cytokinin application on sink size in bread wheat (*Triticum aestivum* L.), *African Journal of Agriculture Research*, 5(21): 2893- 2898.
- Atta-Aly M., (1997), Soaking Summer Squash Seeds in Low Concentrations of Cobalt Solution Before Sowing Increased Plant Growth, Femaleness, and Fruit Yield via Increasing Plant Ethylene Level, *Journal of Plant Growth Regulators*, 17: 25 – 32.
- Aycicek M., Yildirim T., (2006), Path coefficient analysis of yield and yield components in bred wheat (*Triticum Aestivum* L.) genotypes, *Pak. J. Bot.*, 38(2): 417 – 424.
- Bancal P., (2009), Early development and enlargement of wheat floret primordia suggest a role of partitioning within spike to grain set, *Field Crops Research*, 110(1): 44 – 53.
- Battacharyya D., Zamani B., Rathor P., Prithiviraj B., (2015), Seaweed extracts as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196: 39 – 48.
- Beckett R.R, Staden J.van., (1989), The Effect of Seaweed Concentrate on the Yield of Nutrient Stressed Wheat, *Botanica Marina* 33(2): 147 – 152.
- Bergale, S., Mridula B., Holkar A.S., Ruwali K.N., Prasad, S.V.S., (2002), Pattern of variability, character association and path analysis in wheat. *Agri. Sci. Digest*, 22 (4): 258 – 260.
- Blakeslee J.J, Peer W.A, Murphy A.S, (2005), Auxin transport, *Curr. Opin. Plant Biol.* 8: 121 – 125.
- Brenner M. L., Cheikh N., (1987), The Role of Hormones in Photosynthate Partitioning and Seed Filling, *Plant Hormones*, 649-670.
- Calvo P., Louise N., Kloepper J. W., (2014), Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant Soil*, 383: 3 – 41.
- Campo R., Albino U., Hungria M., (2000), Importance of molybdenum and cobalt to the biological nitrogen fixation, *Nitrogen Fixation: From Molecules to Crop Productivity*, 597–598.
- Chae H.S, Kieber J.J, (2005), Role of ACS turnover in regulating ethylene biosynthesis. *Trends Plant Sci.* 10: 291 – 296.
- Craigie J. S., (2010), Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture, *Journal Appl Phycol*, 23: 371 – 393.
- Curtis, 2002, *Wheat in the World*, *Plant Production and Protection* 30: 1 – 18.

- Davies P. J., (1995), The plant hormones: Their nature, occurrence and functions. *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, Molecular Biology*. 1 – 12.
- Du Jardin P., (2015), Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and
- Dvorak J., Luo M. C., Akhunov E. D., (2010), N.I. Vavilov's Theory of Centres of Diversity in the Light of Current Understanding of Wheat Diversity, Domestication and Evolution, *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 47: 20 – 27.
- Dwivedi K. S., Kumar S., Malviya S. N., Dubey R., (2014), Physiological Basis of Cytokinin induced Drought Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Journal of AgriSearch*, 1(3): 139 – 144.
- EBIC, (2013), Economic overview of the biostimulants sector in Europe.
- Evans, (1975), *Crop Physiology: Case Histories*.
- Fatima S., Arshad M., Khalil S., Ali A., Amjad M. S., Kausar R., (2014), Utilization of synthetics for drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.), *International Journal of Biosciences*, 5(1): 104 – 112.
- Finney P., Gaines C., Rubenthaler G., (1996), Milling and Baking Qualities of Some Wheats Developed for Eastern or Northwestern Regions of the United States and Grown at Both Locations, *Cereal Chem.*, 73(5): 521 – 525.
- Godlewska K., Michalak I., Tuhy L., Chojnacka K., (2016), Plant Growth Biostimulants Based on Different Methods of Seaweed Extraction with Water, *BioMed Research International 2016: Article ID: 5973760*.
- Halpern M., Bar-Taly A., Ofek M., Minzy D., Mullerx T., Yermiyahu U., (2014), The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake, *Advances in Agronomy*, 130: 1 – 34.
- Honarmand J., Rasaei A., Saeidi M., Ghobadi M., Khanizadeh S., (2013), The Effects of Foliar Application of Plant Hormones at Booting Stage on Wheat Yield Components *Pak. J. Agri. Sci.*, 54(1): 123 – 127.
- Kaluzewicz A., Krzesinski W., Spizewski T., Zaworska A., (2017), Effect of Biostimulants on Several Physiological Characteristics and Chlorophyll Content in Broccoli under Drought Stress and Re-watering, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 45(1): 197 – 202.
- Kepczynski J., Karssen C., (1985), Requirement for the action of endogenous ethylene during germination of non-dormant seeds of *Amaranthus caudatus*, *Plant physiology*, 49-52.
- Khan A. S., Ashfaq M., Asad M., Azeem A. A., (2003), Correlation and Path Coefficient Analysis for Some Yield Components in Bread Wheat, *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(8): 582 – 584.
- Khan W., Usha M., Subramanian S., (2009), Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development, *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4): 386 – 399.
- Kpuchaki L., (1994), *Physiology of crops yield*.
- Kumar J., Nagarajan S., (1998), Foliar blights of wheat in India: germplasm improvement and future challenges for sustainable high yielding wheat production, *CIMMYT* 52 – 58.
- Leilah A. A., Khateeb S. A., (2005), Statistical analysis of wheat yield under drought conditions, *Journal of Arid Environments*, 61: 483–496.
- Li C., Wang D., Wang G. X., (2004), The protective effects of cobalt on potato seedling leaves during osmotic stress, *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 46: 119 – 125.

- Ljung K., Bhalerao R. P., and Sandberg G., (2001), Sites and homeostatic control of auxin biosynthesis in Arabidopsis during vegetative growth, *Plant Journal*, 28: 465 – 474.
- Locke J., Bryce J., Morris P., (2000), Contrasting effects of ethylene perception and biosynthesis inhibitors on germination and seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.), *Journal of Experimental Botany*, 51(352): 1843 – 9.
- McKeon T. A., Fernández-Maculet, J. C., and Yang, S. F., (1995), Biosynthesis and metabolism of ethylene, *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, Molecular Biology* 2: 118 – 139.
- Michalak I., Chojnacka K., Dmytryk A., Wilk R., (2016), Evaluation of Supercritical Extracts of Algae as Biostimulants of Plant Growth in Field Trials, *Frontiers in Plant Science*, 7: Article 1591.
- Nelson W., (1986), Effect of seaweed concentrate on the growth of wheat, *South African Journal of Science*, Vol. 82.
- Pandey S., Ranade S., Nagar P., Kumar N., (2000), Role of polyamines and ethylene as modulators of plant senescence, *Journal of Biosciences*, 25(3): 291 – 299.
- Percival J., (1921), *The wheat plant*.
- Petruzzelli L., Harren F., Perrone C., Reuss J., (1995), On the role of ethylene in seed germination and early root growth of *Pisum sativum*, *Journal of Plant Physiology*, 145 (1–2): 83 – 86.
- Porter J., Gawith M., (1999), Temperatures and the growth and development of wheat: a review, *European Journal of Agronomy*, 10(1): 23 – 26.
- regulation, *Scientia Horticulturae* 196: 3 – 14.
- Reid M. S., (1995), Ethylene in plant growth, development and senescence, *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry, Molecular Biology* 2nd edition, 486 – 508.
- Rossi W.A, Grappelli A., Pietrosanti W., (1984), Phytohormones in soil after atrazine application, *Folia Microbiol.* 29: 325 – 329.
- Sarwar N., Maqsood M., Mubeen K., Shehzad M., Bhullar M. S., Qamar R., Akbar N., (2010), Effect of different levels of irrigation on yield and yield components of wheat cultivars, *Pak. J. Agri. Sci.*, 47(3): 371 – 374.
- Sen C., Toms B., 2007, Character association and component analysis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Res (Hisar)*, 34: 166 – 170.
- Singh, I., Sharma S. K., (1994), Inter-relationship of harvest index and other traits in wheat, *Journal of Research*, 24(1): 33038.
- Sokoto M., Abubakar I. και Dikko U., (2011), Correlation Analysis of some Growth, Yield, Yield Components and Grain Quality of Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 20(4): 349 – 356.
- Spada, Russo, (2004), Determining durum wheat quality to obtain EU incentives: Statistical problems and tentative solutions.
- Stamatiadis S., Evangelou L., Claude Y., Tsadilas C., Garcia M., Cruz F., (2014), Responses of winter wheat to *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. extract application under the effect of N fertilization and water supply, *Journal of Applied Phycology*, 26: Article 3.
- Szczepanek M., Wszelaczynska E., Poberezny J., (2018), Effect of seaweed biostimulant application in spring wheat, *AgroLife Scientific Journal*, 7: Article 1.
- Taiz L. και Zeiger E, (2012), *Plant Physiology Fifth Edition*.

- Van Oosten M. J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A., (2017), The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants, *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4: Article 5.
- Venora G., Grillo O., Saccone R., (2009), Quality assessment of durum wheat storage centres in Sicily: Evaluation of vitreous, starchy and shrunken kernels using an image analysis system, *Journal of Cereal Science*, 49(3).
- Wally O., Critchley A., HiltzShow D., Prithiviraj B., (2012), Regulation of Phytohormone Biosynthesis and Accumulation in Arabidopsis Following Treatment with Commercial Extract from the Marine Macroalga *Ascophyllum nodosum*, *Journal of Plant Growth Regulation*, 32: 324 – 339.
- Wang W., Wu H., Gong X., Moriguchi T., (2015), Polyamines function in stress tolerance: from synthesis to regulation, *Frontiers in Plant Science*, 6: 827.
- Werner T., Motyka V., Strnad M., and Schmülling T., (2001), Regulation of plant growth by cytokinin. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 98(18): 10487 – 92.
- Woodward W., Bartel B., (2005) Auxin: Regulation, action and interaction, *Annals Botany*, 95: 707 – 735.
- Yang D., Yong L., Shi Y., Cui Z., Luo Y., (2016), Exogenous Cytokinins Increase Grain Yield of Winter Wheat Cultivars by Improving Stay – Green Characteristics under Heat Stress, *Plos one*, 11(5).
- Zade S., Adel M., Nejad T. S., Mojadam M., (2014), The effect of different levels of auxin hormone at different irrigation intervals on yield components of broad bean, *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 5(5): 85 – 96.
- Zahir A., Muhammad A. R. M., Muhammad A., (1999), Effect of auxins on the growth and yield of rice, *Pak. J. Agri. Sci.*, 36: 3 – 4.
- Zand και Soroushzade, (2009), The effect of zinc foliar spray and auxin growth regulator on grain yield and yield components of grain corn in water deficit conditions, *Green Farming*, 1: 179 – 181.
- Βαχαμίδης Α. Πέτρος, 2013, Μελέτη της επίδρασης διαφορετικού βαθμού υδατικής καταπόνησης στην αναπαραγωγική ανάπτυξη εγχώριων πληθυσμών και ποικιλιών σκληρού σιταριού *Triticum turgidum* ssp. *durum*.
- Μεταξάκης Θεόδωρος, 2012, Διαλογή δώδεκα ποικιλιών σκληρού σίτου *Triticum durum* desf.
- Χριστάκη, 1995, Πολυαμίνες ρυθμιστές αύξησης, μορφογενετική έκφραση έκφυτων πρωτοπλαστών *Vitis Vinifera* L. (CV Sultanina και *Nicotiana tabacum* L.).