



ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΦΥΤΙΚΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

**Αποδόσεις και χημική σύσταση σανού, συγκαλλιέργειας
κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών, στο Νομό
Φλώρινας**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωπονίας της
Σχολής Γεωπονικών Επιστημών
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στην «Παραγωγή, πιστοποίηση και διακίνηση φυτικού
πολλαπλασιαστικού υλικού» από τον

Γεννάτο Κωνσταντίνο

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Λαζαρίδου Θεανώ
Φλώρινα, Μάρτιος 2023

Δήλωση Αυθεντικότητας Copyright

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κ.λπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Υπογραφή

Γεννάτος Κωνσταντίνος

« Η παρούσα Μεταπτυχιακή διατριβή εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Ε.Ε. του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τον νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του ΠΜΣ «Παραγωγή, πιστοποίηση και διακίνηση φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού».

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

Λαζαρίδου Θεανώ (Επιβλέπουσα)

Κασαπίδου Ελένη (Μέλος)

Παπαπαναγιώτου Αριστείδης (Μέλος)

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Λαζαρίδου Θεανώ για την συνεχή στήριξη και καθοδήγηση κατά τη διάρκεια του πειράματος και κατά την συγγραφή της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Κασαπίδου Ελένη και τον Βασίλη Παπαδόπουλο για την βοήθεια τους κατά την διάρκεια του πειράματος.

Περιεχόμενα

Βιβλιογραφική ανασκόπηση	15
1.1 Η συγκαλλιέργεια γενικά	15
1.2 Συνδυασμοί καλλιεργειών σε συστήματα συγκαλλιέργειας.....	15
1.2.1. Σιτηρά Ψυχανθή που επιλέγονται σε συστήματα συγκαλλιέργειας.....	17
1.2.2. Βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος από τη μεταφορά αζώτου σε συστήματα συγκαλλιέργειας σιτηρών ψυχανθών.....	19
1.3 Αζωτοδέσμευση.....	19
1.4 Πλεονεκτήματα συγκαλλιέργειας σιτηρών/ψυχανθών	23
1.4.1. Αύξηση της απόδοσης	23
1.4.2. Διασφάλιση της σταθερότητας των καλλιεργειών	24
1.4.3. Βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους	24
1.4.4.Βελτίωση της ποιότητας των ζωοτροφών	25
1.4.5. Μείωση των δυσμενών επιπτώσεων των παρασίτων και ασθενειών	25
1.4.6.Μείωσητωνζιζανίων	25
1.5.Μειονεκτήματα συγκαλλιέργειας δημητριακών/ψυχανθών	26
1.5.1.Έλλειψη προμηθευτών για τις εισροές.....	26
1.5.2. Έλλειψη ενημέρωσης, τεχνικών αναφορών-οδηγιών-συμβουλών για τησυγκαλλιέργεια	26
1.5.3. Δυσκολία στην καθιέρωση συνδυασμών κατά την επιλογή ποικιλιών για συγκαλλιέργεια.....	26
1.5.4. Εγκαταστάσεις συλλογής ζωοτροφής.....	26
1.5.5. Υψηλότερο Κόστος Παραγωγής	27
1.6 Δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των συστημάτων συγκαλλιέργειας	27
2. Υλικά και μέθοδοι	31
2.1. Φυτικό υλικό	31
2.3. Προσδιορισμός αζώτου & πρωτεΐνης στη χλωρή μάζα με τη μέθοδο Kjeldahl	34
2.4. Προσδιορισμός Πρωτεΐνης με NIR.....	38
3. Αποτελέσματα-Συζήτηση	40
3.1. Σύγκριση ύψους	40
3.1.1. Σύγκριση ύψους αγρωστωδών.....	40
3.1.2 Σύγκριση ύψους ψυχανθών	41

3.2. Απόδοση σε σπόρο	42
3.3 Απόδοση σε νωπό βάρος και ξηρά ουσία	45
3.4. Προσδιορισμός αζώτου & πρωτεΐνης στη χλωρά και ξηρή ουσία με τη μέθοδο Kjeldahl .	48
3.4.1. Περιεκτικότητα (%) πρωτεΐνης στη ξηρή ουσία (σανός)	48
3.4.2. Περιεκτικότητα πρωτεΐνης (%) σε νωπό βάρος	50
3.4.3. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (%) σε ξηρή ουσία των διαφορετικών ειδών που καλλιεργήθηκαν	51
3.5. Πρωτεΐνες καρπού με NIR	53
3.6. Δείκτες ανταγωνισμού και οικονομικού αποτελέσματος	56
3.6.1. Λόγου ισοδύναμης επιφάνειας (LER)	56
3.6.2. Σχετικός συντελεστής συνωστισμού (K)	57
3.6.3. Δείκτες επιθετικότητας (A)	58
3.6.4. Λόγος Ανταγωνισμού (CR)	59
3.6.5. Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL)	60
3.6.6. Δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλέργειας (IA)	61
3.6.7. Δείκτης Οικονομικού Πλεονεκτήματος (Monetary Advantage Index, MAI)	62
Βιβλιογραφία	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Οι παράγοντες ανάπτυξης της συγκαλλιέργειας (Hof,2003).....	16
Εικόνα 2 Τρόποι σποράς συγκαλλιέργειας.....	17
Εικόνα 3 Παράγοντες που επηρεάζουνστην ανάπτυξη φυματίων.....	21
Εικόνα 4 Διάφορα στάδια ανάπτυξης του 1ου πειραματικού τεμαχίου.....	33
Εικόνα 5 Πανοραματική εικόνα του πειράματος στο αγροκτήματα.....	33
Εικόνα 6 Μηχανική συγκομιδή καρπού.....	34
Εικόνα 7 Συγκομιδή των δύο σειρών για τον υπολογισμό της βιομάζας.....	34
Εικόνα 8 Η ανάλυση Kjeldahl για Άζωτο και Πρωτεΐνη (Ιστοσελίδα Kjeldahl-Gerhardt).....	36
Εικόνα 9 Συσκευή καύσης TURBOTHERM TURBOSOG Gerhardt.....	36
Εικόνα 10 Δείγμα σε χαρτί σε φιάλη Kjeldahl.....	37
Εικόνα 11 Συσκευήαπόσταξης VAPODESTMODEL Gerhardt.....	37
Εικόνα 12 Το τέλος της ογκομέτρησης.....	38
Εικόνα 13 Μηχάνημα SpectraStar 2400.....	39
Εικόνα 14 Δοχείο αναλύσεως.....	39
Εικόνα 15 Εισαγωγή δείγματος.....	39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 Καλλιεργούμενες εκτάσεις με ψυχανθή.....	20
Πίνακας 2 Σχέδιο σποράς πειραματικού.....	31
Πίνακας 3 Συντελεστές πρωτεϊνών για διάφορα τρόφιμα (Ιστοσελίδα Kjeldahl-Gerhardt).....	35
Πίνακας 4 Μέσοι όροι ύψους των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε μονοκαλλιέργεια και συγκαλλιέργεια.....	40
Πίνακας 5 Ανάλυση παραλλακτικότητας του ύψους των αγρωστωδών στα μίγματα και στη μονοκαλλιέργεια.....	40
Πίνακας 6 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ $t_{05} = 4,04$).....	41
Πίνακας 7 Ανάλυσης παραλλακτικότητας του ύψους των ψυχανθών στις 10 επεμβάσεις.....	41
Πίνακας 8 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ $t_{05} = 2.53$).....	42
Πίνακας 9. Απόδοση σε σπόρο των καλλιεργειών που αναπτύχθηκαν σε μονοκαλλιέργεια και σε συγκαλλιέργεια (kg/στρέμμα).....	42
Πίνακας 10 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε σπόρο των σιτηρών.....	43
Πίνακας 11 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ = 81.50).....	43
Πίνακας 12 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε σπόρο των ψυχανθών.....	44
Πίνακας 13 Ελάχιστη σημαντική διαφορά ΕΣΔ= 23,58.....	44
Πίνακας 14 Απόδοση σε νωπό βάρος και ξηρά ουσία.....	45
Πίνακας 15 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε νωπό βάρος.....	46
Πίνακας 16 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 521.23 για ΒΕ 18 το t_{05} είναι 2,101).....	46
Πίνακας 17Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε ξηρά ουσία.....	47
Πίνακας 18 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 214.74).....	47
Πίνακας 19. Περιεκτικότητα(%) Πρωτεΐνης της χλωράς και ξηράς ουσίας.....	48
Πίνακας 20 Ανάλυση παραλλακτικότητας της πρωτεΐνης (%) σε ξηρό βάρος.....	49
Πίνακας 21 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 1,25).....	49
Πίνακας. 22 Ανάλυση παραλλακτικότητας της % περιεκτικότητας πρωτεΐνης σε νωπό βάρος.....	50
Πίνακας 23 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ=0,55).....	50
Πίνακας 24 Ανάλυση παραλλακτικότητας της πρωτεΐνης (%) σε ξηρό βάρος για τα αγρωστώδη.....	51
Πίνακας 25 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 0.74).....	52
Πίνακας 26 Ανάλυση παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (%) σε ξηρό βάρος για τα ψυχανθή.....	52
Πίνακας 27 Περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνη στους καρπούς.....	53
Πίνακας 28 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο του Τριπικάλε.....	53
Πίνακας 29 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 1.35) Τριπικάλε.....	54
Πίνακας 30 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο του Κριθαριού.....	54
Πίνακας 31 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο των Ψυχανθών.....	55
Πίνακας 32 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 2.04).....	55
Πίνακας 33 Λόγος ισοδύναμης επιφάνειας (LER).....	56
Πίνακας 34 Σχετικός συντελεστής συνωστισμού (K).....	57
Πίνακας 35 Δείκτες επιθετικότητας (A).....	58
Πίνακας 36 Λόγος Ανταγωνισμού (CR).....	59

Πίνακας 37 Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL)	60
Πίνακας 38 Δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλέργειας (IA)	61
Πίνακας 39 Δείκτης Οικονομικού Πλεονεκτήματος (Monetary Advantage Index, MAI)	62

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συγκαλλιέργεια ψυχανθών με χειμερινά σιτηρά είναι πολύ κοινή πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και πολλούς αιώνες σε πολλές χώρες. Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να προσδιοριστεί και να αξιολογηθεί η επίδραση των διαφορετικών συστημάτων συγκαλλιέργειας στην απόδοση και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην βιομάζα και στον καρπό.

Το πείραμα εγκαταστάθηκε στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στη Φλώρινα και το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν το πλήρως τυχαίοποιημένο με τρεις επαναλήψεις. Χρησιμοποιήθηκαν από τα ψυχανθή, ο βίκος και το κτηνοτροφικό μπιζέλι και από τα σιτηρά το κριθάρι και το τριτικάλε τα οποία καλλιεργήθηκαν σε μονοκαλλιέργεια και σε συγκαλλιέργεια, σε διαφορετικές γραμμές, και σε μίγμα επί της γραμμής με αναλογίες σποράς ψυχανθών και σιτηρών 65:35. Στα πειραματικά τεμάχια σπάρθηκαν έξι γραμμές μήκους πέντε μέτρων, από τις οποίες συγκομίστηκαν οι 4 μεσαίες. Κατά τη σπορά εφαρμόστηκε μόνο βασική λίπανση και κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου έγιναν όλες οι συνήθεις καλλιεργητικές πρακτικές.

Η συγκομιδή της βιομάζας έγινε στο τέλος της περιόδου της ανθοφορίας των ψυχανθών και προς τον σκοπό αυτό συγκομίστηκαν οι δυο από τις 4 μεσαίες γραμμές. Τα διαφορετικά είδη φυτών διαχωρίστηκαν στον αγρό με το χέρι ώστε να προσδιοριστεί το νωπό βάρος τους και ακολούθως αφέθηκαν να ξηρανθούν για τον σχηματισμό σανού. Ο υπολογισμός της περιεκτικότητας του συνολικού N πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl και στην συνέχεια υπολογίστηκε η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη της βιομάζας, για κάθε είδος, και κάθε πειραματικό τεμάχιο. Σε όλες τις περιπτώσεις η απόδοση της ξηρής βιομάζας (βάρος ξηράς ουσίας) ήταν υψηλότερη στις συγκαλλιέργειες που καλλιεργήθηκαν σε διαφορετικές γραμμές σε σύγκριση με τις μικτές σειρές.

Συγκρίνοντας την % περιεκτικότητά σε πρωτεΐνη στην ξηρή ουσία μεταξύ όλων των δειγμάτων (αγρωστωδών-ψυχανθών) παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Όμως όταν συγκρίθηκε η % περιεκτικότητά σε πρωτεΐνη μεταξύ των διαφορετικών ειδών που καλλιεργήθηκαν έγινε φανερό ότι, τα ψυχανθή δεν παρουσίασαν διαφορές στην % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην ξηρή ουσία, ενώ τα αγρωστώδη αντίθετα παρουσίασαν σημαντικές διαφορές σε αυτήν.

Για τον υπολογισμό της απόδοσης και της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στον καρπό συγκομίστηκε ο σπόρος από τις εναπομείνουσες δυο μεσαίες γραμμές, κατά το στάδιο της

πλήρους ωρίμανσης. Αύξηση της απόδοσης σε καρπό παρατηρήθηκε στα σιτηρά μόνο στα μίγματα των συγκαλλιέργειών, κριθάρι + μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής και κριθάρι + βίκος μίγμα επί της γραμμής, ενώ η απόδοση σε σπόρο των ψυχανθών αυξήθηκε σχεδόν στις περισσότερες περιπτώσεις συγκαλλιέργειας έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιέργειών τους. Το μόνο μίγμα στο οποίο παρατηρήθηκε αύξηση στην % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στον καρπό ήταν στην συγκαλλιέργεια τριτικάλε + βίκος μίγμα επί της γραμμής.

Σέ όλα τα συστήματα συγκαλλιέργειας ο δείκτης του λόγου ισοδύναμης επιφάνειας (LER) ήταν μεγαλύτερος της μονάδας που σημαίνει μεγαλύτερη απόδοση οφειλόμενη στην καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων από τη συγκαλλιέργεια έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιέργειών.

Συγκρίνοντας τις τιμές του σχετικού συντελεστή συνωστισμού (RCC ή K) παρατηρήθηκε ότι οι περισσότερες συγκαλλιέργειες πλεονεκτούσαν έναντι των μονοκαλλιέργειών τους εκτός των συγκαλλιέργειών κριθάρι + βίκος μίγμα επί της γραμμής και κριθάρι + μπιζέλι σε διαφορετικές γραμμές όπου πλεονεκτούν οι αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες.

Από τους δείκτες επιθετικότητας (A) και ανταγωνισμού (CR) διαπιστώνεται ότι τα ψυχανθή είναι πιο ανταγωνιστικά από τα αγρωστώδη κατά την συγκαλλιέργεια. Ο δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL) έλαβε θετικές τιμές που αποδεικνύει και αυτός ότι οι συγκαλλιέργειες πλεονεκτούσαν έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιέργειών.

Θετικές τιμές παρατηρήθηκαν στον δείκτη πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας (IA) και στον δείκτη οικονομικού πλεονεκτήματος (MAI) που σημαίνει ότι, οι συγκαλλιέργειες αγρωστωδών και ψυχανθών πλεονεκτούσαν σε σχέση με τις μονοκαλλιέργειες και σε οικονομικό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: συγκαλλιέργεια, ξηρά ουσία, περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, σύστημα συγκαλλιέργειας

ABSTRACT

Intercropping of legumes with winter cereals is a very common practice for forage production that has been applied for centuries in many countries. The aim of this study was to determine and evaluate the effect of different intercropping systems on yield and protein content in biomass and seeds. The experiment was established in the farm of the Western Macedonia University in Florina and the completely randomized design was applied with three replications. Particularly, common vetch and forage pea were used as forage legumes and barley and triticale were used for cereals, which were cultivated in monoculture and in intercropping in mixed rows in a sowing ratios 65:35 (legumes: cereals) and in alternate rows. In the experimental plots, six lines five meters long were sown, from which the 4 middle were harvested. Only base fertilization and all agricultural practices were used during the growing season. The height after tillering was measured during the growing season and it was found that the monocultures had a bigger height compared to the intercropping systems. The biomass was harvested when the legumes were at the end of the flowering period and were dried naturally for the formation of hay. The different plant species were separated by hand to determine their fresh matter weight. The total N content was calculated using the Kjeldahl method and then the protein content was calculated from the biomass of each plot. In all cases dry matter yield was higher in intercrops grown in different lines compared to mixed lines.

Significant differences were found between treatments concerning the protein content in dry matter. But there were not significant differences between legumes concerning the protein content in dry matter, while the cereals show significant differences in protein content.

To calculate seed yield and protein content, the other two inner rows were harvested at maturity stage. An increase in seed yield was observed in cereals only in the intercropping mixtures Barley + Pea and barley + common vetch (mixed rows). The seed yield of legumes in most cases was higher in intercropping system compared to monocultures. An increased seed protein content was observed only where triticale intercropped with common vetch in mixed rows).

In all intercropping systems the ratio of Land Equivalent Ratio (LER) was greater than 1 which indicates that the intercropping systems had greater efficiency and yield compared to their monoculture system.

Comparing the values of the relative crowding factor (RCC or K) it is noticed that many crops have an advantageous performance compared to their monocultures, except the intercropping of Barley + common vetch (mixed rows) and Barley + Pea in different rows where the monoculture showed better behavior

From the Aggressivity (A) and the Competitive Ratio, (CR) it is obvious that the legumes are more competitive than the cereals during the intercropping. The index of actual yield loss (AYL) had positive values meaning that intercropping has an advantage over the respective monoculture.

Positive values were observed for the Index of Intercrop Advantage (IA) and Monetary Advantage Index (MAI), implying that intercropping cereals with legumes has an advantage over the respective monoculture at an economic level.

Key words: intercropping, dry matter, protein content, spatial arrangement.

Εισαγωγή

Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται, ενώ παράλληλα αυξάνονται και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που οδηγεί στην ανάγκη μείωσης του κλιματικού αποτυπώματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η παγκόσμια γεωργία να ψάχνει πιο αποτελεσματικούς τρόπους για εξασφάλιση και επάρκεια τροφίμων υψηλής βιολογικής αξίας με ταυτόχρονη χρησιμοποίηση μικρότερων εισροών. Η τάση για αντικατάσταση μέρους των προσλαμβανόμενων τροφίμων ζωικής προέλευσης από αντίστοιχα φυτικής προέλευσης, δεν είχε αποτελέσματα, αλλά για να επιτευχθούν οι κλιματικοί στόχοι θα πρέπει να αλλάξουν γενικότερα οι διατροφικές συνήθειες αφού η παραγωγή της πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης προκαλεί την εκπομπή πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων CO₂ έναντι της πρωτεΐνης φυτικής προέλευσης. Μειώνοντας την κατανάλωση προϊόντων ζωικής προέλευσης θα απελευθερωθούν εκτάσεις που καλλιεργούνται για τη σίτιση αυτών. Από την άλλη η μείωση της κατανάλωσης προϊόντων ζωικής προέλευσης θα μειώσει την προσφερόμενη ποσότητα οργανικών λιπασμάτων (κοπριάς) με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απαιτήσεις σε λιπάσματα. Η ανάπτυξη και η διάδοση της συγκαλλιέργειας μπορεί να δώσει λύση σε αυτά προβλήματα.

Η καλλιέργεια ψυχανθών είναι μία σημαντική καλλιέργεια επειδή προσφέρει πρωτεΐνη με χαμηλό αποτύπωμα και χαμηλές εισροές λόγω των αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών, ενώ προσφέρει τρόφιμα υψηλής ποιότητας και διατροφικής αξίας με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (20-25%) (Golstein, 2022). Συγκρίνοντας τη σόγια με το κρέας όσον αφορά την περιεκτικότητα τους σε λιπαρά οξέα διαπιστώνεται ότι η σόγια έχει καλύτερη αναλογία μονοακόρεστων προς πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και σε λινολεϊκό οξύ και λινολενικό οξύ. Επιπροσθέτως πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης είναι ελεύθερα από χοληστερίνη (Pistrich et al., 2014). Η ικανότητα των ψυχανθών και κάποιων μικροοργανισμών να αναπτύσσουν συμβιωτική σχέση μπορεί να προσφέρει στα ψυχανθή, μέσω των αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών, την απαραίτητη ποσότητα αζώτου (N), η οποία μπορεί να ωφελήσει εκτός του φυτού ξενιστή, τις καλλιέργειες που συγκαλλιεργούνται την ίδια καλλιεργητική περίοδο και την καλλιέργεια της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου (αμειψισπορά). Συγκαλλιέργεια είναι η καλλιέργεια δύο ή περισσότερων φυτικών ειδών στον ίδιο αγρό, την ίδια καλλιεργητική περίοδο. Ανάλογα με την διάταξη στον αγρό η συγκαλλιέργεια διακρίνεται σε μικτή συγκαλλιέργεια, συγκαλλιέργεια σε γραμμές, συγκαλλιέργεια σε λωρίδες και διαδοχική κλιμακούμενη συγκαλλιέργεια (Tsigardi, 2020). Η συγκαλλιέργεια ψυχανθών με χειμερινά σιτηρά είναι πολύ κοινή πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και πολλούς αιώνες σε πολλές χώρες.

Σύνηθες εφαρμοζόμενο σχήμα συγκαλλιέργειας στη χώρα μας είναι η συγκαλλιέργεια ετήσιων αγρωστωδών με ψυχανθή που ανήκουν στην οικογένεια *Fabaceae*. Τα αγρωστώδη που ανάλογα της εποχής σποράς, διακρίνονται σε χειμερινά (σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη, και βρώμη) και εαρινά (καλαμπόκι, ρύζι, σόργο), συγκαλλιεργούνται με τα ψυχανθή συνηθέστερα με βίκο, κουκιά, μπιζέλι, λαθούρι κ.ά. (Dordas και Lithourgidis 2018). Η συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών μπορεί να βελτιώσει τη θρεπτική αξία της ζωοτροφής, επειδή το ποσοστό των περιοριστικών αμινοξέων μειώνεται στο σιτηρέσιο. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης η συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών αποτελεί μια καλή γεωργική πρακτική, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στη βιολογική γεωργία, και γενικότερα σε καλλιέργειες χαμηλών εισροών.

Η επίδραση της συγκαλλιέργειας χειμερινών σιτηρών με ψυχανθή στην απόδοση και την ποιότητα έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές σε πολλές χώρες, λόγω των οικονομικών οφελών που επιτυγχάνονται σε καλλιέργειες με χαμηλές εισροές (Lithourgidis και Dordas, 2010, Dordas et al., 2012). Ο Chai et al. (2021) έδειξε ότι η συγκαλλιέργεια μπορεί να αυξήσει την απόδοση των καλλιεργειών κατά 15,6-49,9% και να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κατά 17,3% σε σύγκριση με την αντίστοιχη μονοκαλλιέργεια. Ακόμη η συγκαλλιέργεια μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, στη μείωση της διάβρωσης του εδάφους, (αποτελεσματικότερος ανταγωνισμός), στη μείωση της ανάπτυξης των ζιζανίων, στη μείωση των επιπτώσεων από εχθρούς και ασθένειες κ.ά. (Banik et al., 2006, Malezieux et al., 2009). Μειονεκτήματα της συγκαλλιέργειας είναι ο ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών των διαφορετικών ειδών για φως, νερό και θρεπτικά συστατικά, που μπορεί να προκαλέσει μείωση της απόδοσης σε σύγκριση με την αντίστοιχη μονοκαλλιέργεια (Lithourgidis et al. 2008, Lithourgidis και Dordas 2010).

Σε παγκόσμιο επίπεδο η συγκαλλιέργεια των ψυχανθών με τα σιτηρά μπορεί να επιφέρει σύμφωνα με τους Jensen et al. (2020) μία μείωση της αζωτούχου λίπανσης κατά 26%.

Αντικείμενο της εργασίας αυτής ήταν η συγκαλλιέργεια διαφορετικών μιγμάτων κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών και η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών συστημάτων συγκαλλιέργειας ελληνικών ποικιλιών κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών, στην απόδοση και τη χημική σύσταση του παραγόμενου σανού. Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να προσδιοριστεί και να αξιολογηθεί η επίδραση των διαφορετικών συστημάτων συγκαλλιέργειας (μίγμα επί της γραμμής και σπορά σε χωριστές γραμμές) στην απόδοση και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην βιομάζα και στον καρπό των διαφόρων μιγμάτων.

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.1 Η συγκαλλιέργεια γενικά

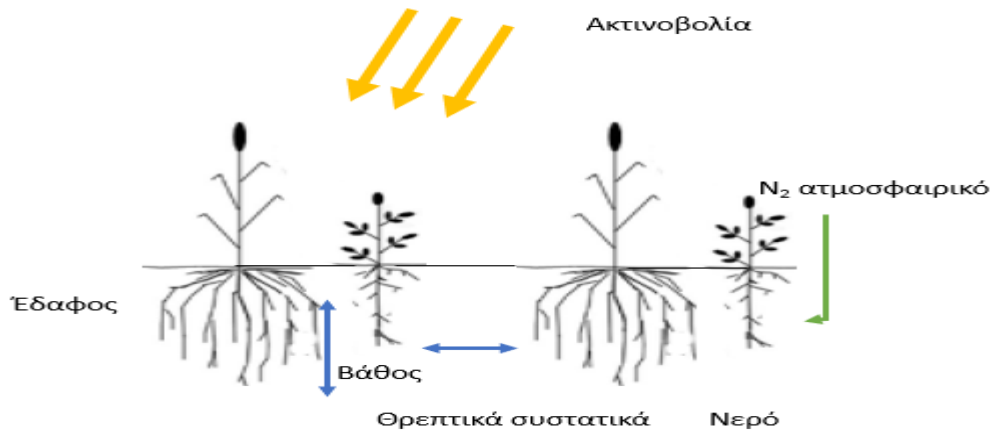
Συγκαλλιέργεια είναι το σύστημα, κατά το οποίο δύο ή περισσότερα είδη καλλιεργούνται ταυτόχρονα στο ίδιο αγροτεμάχιο, χωρίς απαραίτητα να γίνεται ταυτόχρονη σπορά ή συγκομιδή. Ο σκοπός της είναι να επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της απόδοσης με τις λιγότερες δυνατές εισροές (Lithourgidis et al 2011).

Η συγκαλλιέργεια ψυχανθών με χειμερινά σιτηρά είναι πολύ κοινή πρακτική που εφαρμόζεται εδώ και πολλούς αιώνες σε πολλές χώρες. Η συγκαλλιέργεια είναι πολύ κοινή σε πολλές περιοχές της Αφρικής ως μέρος των παραδοσιακών γεωργικών συστημάτων που εφαρμόζονται συνήθως στην περιοχή λόγω της περιορισμένης έκτασης καλλιεργήσιμης γης. Σε πολλές χώρες της Ευρώπης η συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών αποτελεί μια καλή γεωργική πρακτική, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στη βιολογική γεωργία, και γενικότερα σε καλλιέργειες χαμηλών εισροών. Στη χώρα μας το πιο σύνηθες σχήμα συγκαλλιέργειας που εφαρμόζεται είναι η συγκαλλιέργεια ετήσιων σιτηρών με ψυχανθή, όπως πχ. η συγκαλλιέργεια κριθαριού με βίκο. Η συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικών ψυχανθών και σιτηρών μπορεί να βελτιώσει τη θρεπτική αξία της ζωοτροφής.

1.2 Συνδυασμοί καλλιεργειών σε συστήματα συγκαλλιέργειας

Η επιλογή των κατάλληλων συνδυασμών καλλιεργειών κατά την συγκαλλιέργεια είναι πολύ σημαντική και αρκετά περίπλοκη, επειδή εξαρτάται από την αλληλεπίδραση, δηλαδή την ανταγωνιστικότητα των συγκαλλιεργούμενων ειδών και τον τρόπο διαχείρισης που θα ακολουθηθεί (Lithourgidis, et al., 2011). Οι αλληλοεπιδράσεις των φυτών και των μικροοργανισμών είναι ειδικές και ιδιαίτερες σε κάθε τοποθεσία, για αυτό τον λόγο δεν μπορούν να δοθούν γενικές καλλιεργητικές οδηγίες (Lithourgidis, et al. 2011).

Παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία μιας συγκαλλιέργειας σχετίζονται με το γεγονός ότι, το κάθε στάδιο ανάπτυξης των συγκαλλιεργούμενων φυτών έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε νερό και η χωροταξική θέση και το μέγεθος των φύλλων επηρεάζει την φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών κατά τη συγκαλλιέργεια (M. Fischl et al., 2020). Εκτός από τις κατάλληλες ποικιλίες που συμμετέχουν στη συγκαλλιέργεια, για την ύπαρξη πιθανού ανταγωνισμού ή κυριαρχίας του ενός συγκαλλιεργούμενου είδους έναντι του άλλου παίζει ρόλο και η πυκνότητα σποράς των συγκαλλιεργούμενων ειδών.



Εικόνα 1 Οι παράγοντες ανάπτυξης της συγκαλλιέργειας (Hof, 2003)

Η επιτυχία ενός συστήματος συγκαλλιέργειας εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες (Sullivan, 2003):

- λεπτομερής προγραμματισμός
- έγκαιρη φύτευση (σπορά) κάθε καλλιέργειας
- επαρκής γονιμοποίηση στον βέλτιστο χρόνο
- αποτελεσματική καταπολέμηση ζιζανίων και παρασίτων
- αποτελεσματική συγκομιδή

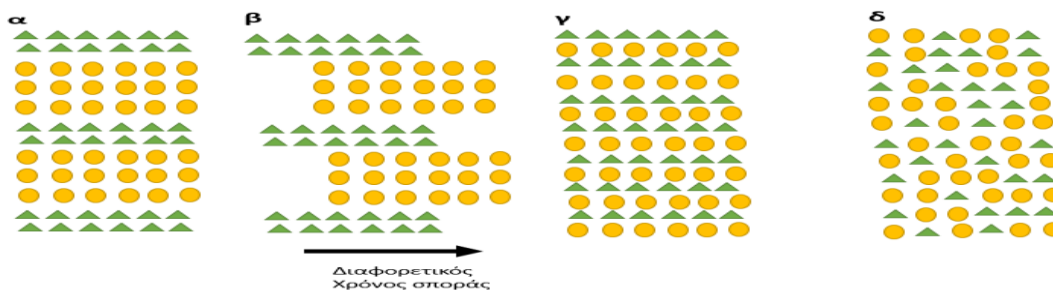
Υπάρχουν διαφορετικοί χωροταξικοί τρόποι κατανομής των δυο (ή περισσότερων) ειδών κατά τη συγκαλλιέργεια. Τα περισσότερα χρησιμοποιημένα συστήματα είναι τα εξής (Hoffland και Kuiper, 2020):

-Μικτή γραμμική συγκαλλιέργεια (Mixed row intercropping): Καλλιέργεια διαφορετικών ειδών με ανάμειξη του σπόρου αυτών επί της γραμμής με ευδιάκριτη ρύθμιση γραμμών

-Συγκαλλιέργεια σε γραμμές (Rowintercropping): Ταυτόχρονη χρονικά σπορά σε γραμμές σε εναλλασσόμενες γραμμές.

-Συγκαλλιέργεια σε λωρίδες (Strip intercropping): Η ταυτόχρονη σπορά των ειδών σε ξεχωριστές γραμμές, οι οποίες έχουν επαρκή απόσταση μεταξύ τους έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ανεπηρέαστα η ανάπτυξη αυτών.

-Διαδοχική συγκαλλιέργεια (Relay intercropping): Η φύτευση της δεύτερης καλλιέργειας γίνεται αφού έχει αναπτυχθεί η πρώτη και πριν τη συγκομιδή της.



Εικόνα 2 Τρόποι σποράς συγκαλλιέργειας

Οι Wang et al. (2022) παρατήρησαν μία αύξηση στην απόδοση κατά τη συγκαλλιέργεια ψυχανθών με καλαμπόκι ή με χειμερινά σιτηρά κατά 18,1–20,9%. Ακόμη παρατήρησαν μια καλύτερη αξιοποίηση-αποθήκευση του νερού στα είδη που συγκαλλιεργήθηκαν. Στο καλαμπόκι παρατήρησε αύξηση του αποθηκευμένου νερού κατά 0,6% και στα χειμερινά σιτηρά κατά 11% (soil water storage SWS). Η συγκαλλιέργεια οδήγησε σε αύξηση της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών, σε καλύτερη αξιοποίηση νερού και σε καλύτερο λόγο ισοδύναμης επιφάνειας (LER>1).

Οι κυριότεροι παράμετροι για την επιλογή των ποικιλιών που συμμετέχουν σε ένα σύστημα συγκαλλιέργειας είναι η ανάπτυξη των φυτών στο νεανικό στάδιο, το ύψος, ο ανταγωνισμός και ο χρόνος ωρίμανσης. Έχει αναφερθεί ότι, η συγκαλλιέργεια του μπιζελιού με το κριθάρι σε συνδυασμό με ξηρικές συνθήκες, οδήγησε σε μη κανονική ανάπτυξη του μπιζελιού. Για να αποφευχθούν τα έντονα προβλήματα ανταγωνισμού επιλέγεται για συγκαλλιέργεια ποικιλία μπιζελιού με μεγάλο ύψος και ποικιλία κριθαριού με χαμηλό ύψος (Fischl et al., 2020).

1.2.1. Σιτηρά Ψυχανθή που επιλέγονται σε συστήματα συγκαλλιέργειας

Τα σιτηρά ανήκουν στην οικογένεια των Αγρωστωδών (*Gramineae*) και διακρίνονται στα χειμερινά που είναι το σιτάρι, το κριθάρι, η σίκαλη, η βρώμη, η σιταρόβριζα και στα εαρινά, κυριότερα των οποίων είναι το καλαμπόκι και το ρύζι. Συνήθως για συγκαλλιέργεια ψυχανθών και σιτηρών χρησιμοποιούνται το κριθάρι, η βρώμη, το σιτάρι και το Triticale (σιταρόβριζα).

Τα ψυχανθή ανήκουν σε μια από τις μεγαλύτερες οικογένειες φυτικών ειδών, στην οικογένεια *Fabaceae* και στην τάξη (*Fabales*). Στα χειμερινά ψυχανθή ανήκουν: ο βίκος, το μπιζέλι, το ρόβι, το λαθούρι, το κουκί, η φακή, τα ρεβύθια και το λούπινο.

Η συνολική έκταση καλλιεργούμενων ψυχανθών σύμφωνα με το υπουργείο Γεωργίας για το 2021 ανήλθε σε 1.326.642 στρέμματα και η απόδοση ανήρχετο στους 199.338 τόνους (Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης, 2021) .

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Αυστρία έγινε συγκαλλιέργεια χειμερινού κριθαριού (ποικιλία Michaela) με το χειμερινό μπιζέλι (ποικιλία Flokon) με ποσότητα σπόρου 60 kg/ha για το κριθάρι και 85 kg/ha για το μπιζέλι, και ο συνδυασμός αυτός απέδωσε 6.630 kg/ha χειμερινού κριθαριού και 994 kg/ha χειμερινού μπιζελιού. Σε δεύτερη τοποθεσία που καλλιεργήθηκε το ίδιο μίγμα όμως με λιγότερο άζωτο στο έδαφος και με την ίδια πυκνότητα σποράς παρήχθησαν 3.500 kg/ha χειμερινού κριθαριού και 1.340 kg/ha χειμερινού μπιζελιού (Hartinger et al., 2019). Αυτό δείχνει ότι η διαθεσιμότητα του αζώτου επηρεάζει την απόδοση των μιγμάτων της συγκαλλιέργειας.

Για αυτό και οι πιο συχνά εφαρμοζόμενοι συνδυασμοί συγκαλλιέργειών είναι τα αγρωστώδη-ψυχανθή. Η συνεργασία αυτή μπορεί να προκαλέσει μείωση του πλαγιάσματος των ψυχανθών, να καλύψει τον χαμηλό ανταγωνισμό των ψυχανθών με τα ζιζάνια, να προσφέρει άζωτο στα αγρωστώδη και να συντελέσει σε σταθερότερη απόδοση. Οι Kallida et al. (2021) παρατήρησαν ότι οι μεγαλύτερες αποδόσεις βιομάζας επιτεύχθηκαν με τη συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού με σιτηρά, ενώ η δεύτερη μεγαλύτερη απόδοση εμφανίστηκε σε συγκαλλιέργεια βίκου με σιτηρά. Η Hof -Kautz (2008) βρήκε ότι η συγκαλλιέργεια κτηνοτροφικού μπιζελιού με σιτηρά αποδείχθηκε αποτελεσματικότερη σε σύγκριση με τη συγκαλλιέργεια σιτηρών με φασόλια, αφού οδήγησε σε υψηλότερη ποιότητα και μικρότερη μείωση της απόδοσης των σιτηρών. Ο Neuner (2016) σε πείραμα συγκαλλιέργειας χειμερινού μπιζελιού (20-40 σπόροι/m²) με τριτικάλε (100-150 σπόροι/m²) επέτυχε υψηλότερες αποδόσεις σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες (2000 kg/ha για το μπιζέλι και 2000 kg/ha για το τριτικάλε).

Ο Λόγος Ισοδύναμης επιφάνειας (Land Equivalent Ratio, LER) με βάση τις αποδόσεις σε ξηρή μάζα (DM) στα σιτηρά έδειξε ότι η συγκαλλιέργεια πλεονεκτεί. Έτσι παρατηρήθηκε αύξηση που κυμαινόταν από 4 έως 43% με μέσο όρο 21% (LER=1,21) στις πέντε τοποθεσίες και στα 3 χρόνια που πραγματοποιήθηκε η έρευνα (Jensen et al., 2006). Ενώ οι Chen et al. (2004) παρατήρησαν μία αύξηση 5-24% στη βιομάζα και μία αύξηση της πρωτεΐνης κατά 5-26% στη συγκαλλιέργεια κριθαριού και αυστριακού χειμερινού μπιζελιού.

1.2.2. Βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος από τη μεταφορά αζώτου σε συστήματα συγκαλλιέργειας σιτηρών - ψυχανθών

Ένα βασικό κριτήριο ποιότητας των σιτηρών είναι η περιεκτικότητα του σπόρου σε πρωτεΐνη. Όταν αυτή είναι πάνω από 11% τα σιτηρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αρτοποιία, αλλιώς χρησιμοποιούνται για ζωοτροφή (Hof –Kautz 2008). Η συγκαλλιέργεια των σιτηρών με ψυχανθή αυξάνει το ποσοστό της πρωτεΐνης στα σιτηρά, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται και η ποιότητα τους και προφανώς και το εισόδημα των αγροτών.

Ο Neugschwandtner και ο Kaul (2016) βρήκαν ότι η συγκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών με κτηνοτροφικό μπιζέλι αύξησε την πρωτεΐνη των κόκκων των σιτηρών από 10% σε 12,7%, με μείωση κατά 50% της απόδοσης των σιτηρών.

1.3 Αζωτοδέσμευση

Η ατμόσφαιρα της γης αποτελείται από 78,08% N₂ (Erdatmosphäre, 2023), ποσοστό που θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες σε άζωτο (N) όλων των οργανισμών (Schuster, 1998). Κατά τη διάρκεια της εξελικτικής διαδικασίας αναπτύχθηκαν διάφορες συμβιωτικές σχέσεις μεταξύ αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων και κάποιων φυτικών ειδών (Schuster, 1998). Όλοι οι οργανισμοί χρειάζονται το άζωτο (N) επειδή είναι βασικό δομικό στοιχείο των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών. Οι ανάγκες σε άζωτο (N) όμως, μπορούν να καλυφθούν από το ατμοσφαιρικό άζωτο μόνο για λίγους οργανισμούς (Schuster, 1998). Οι Galloway et al. (2013) περιγράφουν ότι οι Hermann Hellriegel και Hermann Wilfarth ήταν οι πρώτοι που ανακάλυψαν το 1880 τη διαδικασία της βιολογικής αζωτοδέσμευσης (AA) και ότι ο Martinus Beijerinck το 1888 βρήκε ότι αυτή επιτυγχάνεται από βακτήρια που βρίσκονται στο έδαφος και δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο. Ακόμη ο Martinus Beijerinck το 1888 απομόνωσε το βακτήριο (*Bacillus radicicola* που αργότερα ταξινομήθηκε ως γένος *Rhizobium*), που συνδέεται με το ριζικό σύστημα των ψυχανθών με φυμάτια. Τα ψυχανθή αναγνωρίστηκαν νωρίς ως φυτά τα οποία έχουν σχέση με τη δέσμευση του αζώτου εξαιτίας του συμβιωτικού συστήματος μεταξύ φυτού και μικροοργανισμού που οδηγεί στον σχηματισμό συμβιωτικών φυματίων (Schuster, 2000).

Η ποσοτικοποίηση της βιολογικής δεσμευτικής ικανότητας σε N₂ του συμβιωτικού συστήματος ψυχανθών-μικροοργανισμού σε μονοκαλλιέργεια είτε σε συγκαλλιέργεια είναι δύσκολη και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες ποσοτικοποίησης της ποσότητας του αζώτου που μπορεί να προσφερθεί μέσω της αζωτοδέσμευσης. Η εκτίμηση του συμβιωτικά δεσμευμένου αζώτου γίνεται με την μέθοδο δ¹⁵N (Shearer και Kohl 1986) και την

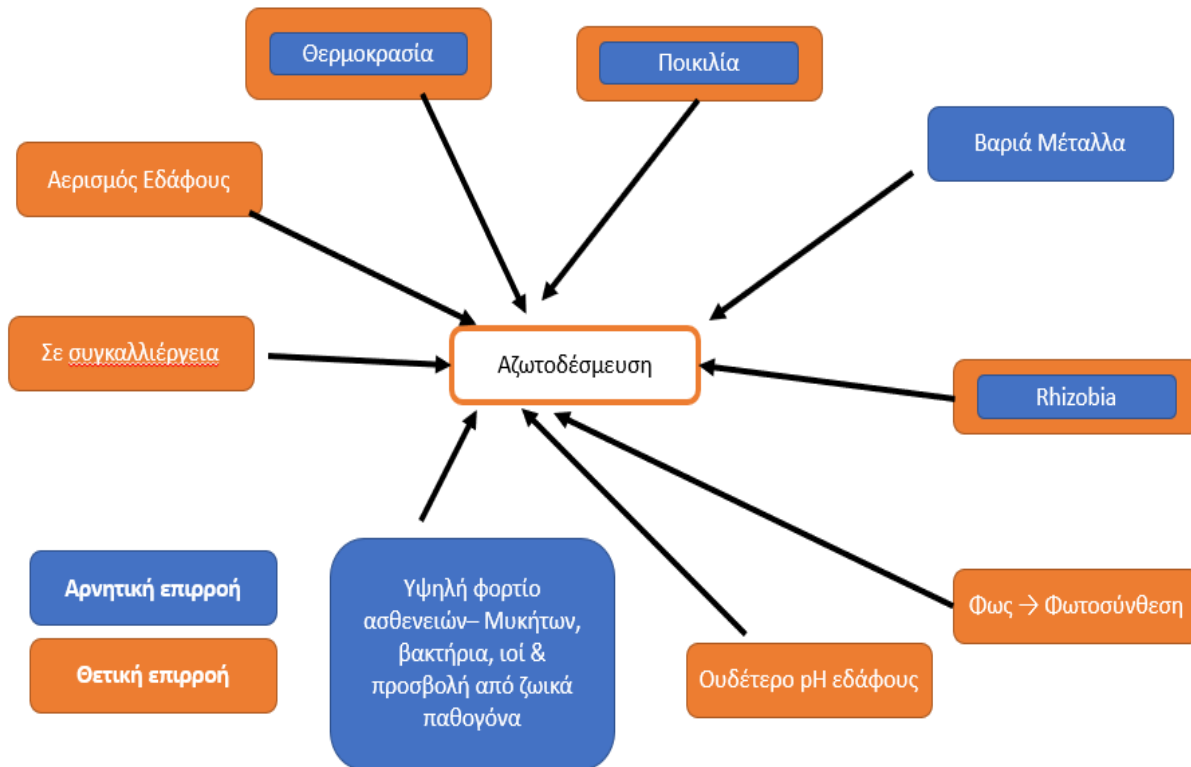
επέκταση αυτής της μεθόδου, την εκτεταμένη διαφορά (Stülpnagel 1982, Hauser 1987). Μία από αυτές τις προσπάθειες είναι και ένας τύπος που ανέπτυξαν ο Kolbe και ο Köhler (2008a).

Πίνακας 1 Καλλιεργούμενες εκτάσεις με ψυχανθή

Είδη καλλιέργειας	Παγκόσμια επιφάνεια 2017 ^a (Mha Millionha)	Ξηρήουσία N(output or million tonnes N)	%N ^b που προέρχεται από το N ₂	Εκτιμώμενος (Tg N)	
				N ₂ δεσμεύτηκε	N απόκτηση από το έδαφος
Σόγια	123.6	32.0	68	21.70	10.3
Αράπικο φιστίκι	27.9	3.73	68	2.54	1.19
Φασόλι	36.5	1.95	40	0.78	1.17
Μπιζέλι	7.0	1.00	88	0.89	0.11
περιστεριού					
Ρεβίθι	14.6	1.04	63	0.66	0.38
Μπιζέλι	8.1	1.17	63	0.74	0.43
Αμπελοφάσουλο	12.6	0.60	63	0.37	0.23
Φακή	6.6	0.58	63	0.36	0.22
φασόλιαFaba	2.5	0.34	70	0.24	0.10
Λούπινο και βίκoi	1.7	0.11	63	0.07	0.04
Συνολικάψυχανθή	241.1	42.52	67	28.35	14.17

Παγκόσμια καλλιεργούμενη έκταση ψυχανθών, εκτιμώμενη σχηματιζόμενη ποσότητα ξηρής ουσίας, το % χρησιμοποιούμενο άζωτο N που προέρχεται N₂ (συμπεριλαμβανομένων των ριζών), η συμβιωτική ποσότητα N₂ που χρησιμοποιείται και η ποσότητα N που αποθηκεύεται στο εδάφος (FAOSTAT, 2019; Herridge, 2008; KumarRao, 1987).

Ο Freyer et al. (2005) παρατήρησε ότι υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στην αζωτοδεσμευτική ικανότητα. Η βασική προϋπόθεση για καλή αζωτοδεσμευτική ικανότητα είναι η καλή συμβίωση μεταξύ του βακτηρίου και του ξενιστή (Hardason, 1993). Πολλοί παράγοντες μπορούν να δρουν είτε αρνητικά είτε θετικά στην ανάπτυξη των φυματίων και στην περαιτέρω διαδικασία της αζωτοδέσμευσης. Η παρακάτω εικόνα δείχνει τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την αζωτοδέσμευση (Seehuber 2014).



Εικόνα 3 Παράγοντες που επηρεάζουν στην ανάπτυξη φυματίων

Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη φυματίων και την περαιτέρω διαδικασία της αζωτοδέσμευσης είναι η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό, το είδος του *Rhizobium*, το στρες λόγω ανεπάρκειας θρεπτικών στοιχείων, η καταπόνηση λόγω του pH του εδάφους, η θερμοκρασία του εδάφους, η επίδραση των μετάλλων και των μυκήτων, οι διάφορες ποικιλίες, τα φυτοφάρμακα κ.ά.

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό επηρεάζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, και τις εκκρίσεις του φυτού κατά την ανάπτυξη και τη διαμόρφωση των φυτών και των ριζών τους (Werner και Newton, 2005). Σε άριστη υδατική κατάσταση τα φυτά μπορεί να αναπτύξουν μέχρι και 500 φυμάτια ανά φυτό (φασόλια), ενώ σε υδατική καταπόνηση ο αριθμός των φυματίων μειώνεται σε 200 ή και λιγότερα (Seehuber 2014). Υπάρχουν είδη που είναι πιο ευαίσθητα στην ξηρασία, σε σύγκριση με άλλα. Γενικά τα αργά αναπτυσσόμενα φυμάτια θεωρείται ότι επιβιώνουν καλύτερα σε ξηρικές συνθήκες και αμμώδη εδάφη, ενώ τα φυμάτια γενικά είναι πιο ανθεκτικά στην ξηρασία από ότι το φυτό ξενιστής (Werner και Newton, 2005).

Ο περιορισμός των θρεπτικών συστατικών είναι αναμενόμενο ότι θα επηρεάσει τη συμβίωση, την ανάπτυξη και την θρέψη και του ξενιστή και του μικροοργανισμού (Werner και Newton, 2005). Η παροχή και η διαθεσιμότητα φωσφόρου είναι ένας από τους σημαντικότερους περιοριστικούς παράγοντες που επηρεάζει τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου και κάποιες συμβιωτικές αλληλεπιδράσεις (Werner και Newton, 2005).

Το pH επηρεάζει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Σε pH 4,5-5,0 αναπτύσσονται και επιβιώνουν λίγα είδη του γένους *Rhizobium*. Φαίνεται ότι οι μικροοργανισμοί είναι πιο ευαίσθητοι σε όξινο pH από ότι το φυτό ξενιστής, ενώ η οξύτητα επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτού και ακόμη επηρεάζει τη διαδικασία επιμόλυνσης του από τον μικροοργανισμό (Werner και Newton, 2005 και Long, 2001).

Έχουν βρεθεί είδη *Rhizobium* που αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες κοντά στους 5°C στον Καναδά, αλλά γενικώς υπάρχει μία μείωση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών σε θερμοκρασίες κάτω των 20 °C, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες έχει παρατηρηθεί καλύτερη επιμόλυνση των ριζών από τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια (Werner και Newton, 2005). Φαίνεται ότι κάθε συνδυασμός ψυχανθούς/μικροοργανισμού έχει την δικιά του άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη, επιμόλυνση και συμβίωση, η οποία είναι περίπου 30 °C για το τριφύλλι και το μπιζέλι, 35-40 °C για τη σόγια, το φιστίκι και το μαυρομάτικο φασόλι και 25-30 °C για το κοινό φασόλι (Werner και Newton, 2005).

Η παρουσία κάποιων μετάλλων επιδρούν αρνητικά στην ανάπτυξη των φυματίων. Συγκεκριμένα στα φυμάτια των ψυχανθών φαίνεται να επιδρούν τοξικά τα μέταλλα του μαγγανίου Mn και του αλουμίνιου Al (Hungria και Vargas, 2000). Επίσης έχει αποδεχθεί ότι συνήθως οι μύκητες παρουσιάζουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι του *Rhizobium* (Xiao et al., 2010)

Η αζωτοδεσμευτική ικανότητα ποικίλλει ανάλογα με τον γενότυπο του είδους του ψυχανθούς. Υπάρχουν διακυμάνσεις όσον αφορά την αζωτοδεσμευτική ικανότητα από ποικιλία σε ποικιλία. Έτσι κάποιες ποικιλίες μπορούν και δεσμεύουν 20kg N/ha και κάποιες έως και 80kg N/ha. Η χρονική περίοδος και η διάρκεια ανάπτυξης των φυματίων εξαρτώνται επίσης από την ποικιλία (Seehuber, 2014). Τέλος η εφαρμογή στους σπόρους των μηκυτοκτόνων Thiram και P-Pickel T επέδρασε αρνητικά στην ανάπτυξη του φυτού και στη φυματοποίηση (Rathjen et al., 2020). Το ίδιο παρατηρήθηκε και μετά από εφαρμογή των μυκητοκτόνων Capten και Aprono (Kyei-Boahen et al. 2001).

1.4 Πλεονεκτήματα συγκαλλιέργειας σιτηρών/ψυχανθών

Το κυριότερο πλεονέκτημα της συγκαλλιέργειας είναι η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και η αυξημένη απόδοση σε σύγκριση με την μονοκαλλιέργεια (Lithourgidis et al. 2011).

1.4.1. Αύξηση της απόδοσης

Ο ChunjieLi και οι συνεργάτες του (2020) καταλήγουν στο συμπέρασμα μετά από παγκόσμια μετα-ανάλυση ότι η συγκαλλιέργεια διαφορετικών φυτικών ειδών σε συστήματα υψηλών εισροών που κυρίως χρησιμοποιείται στην Κίνα και χαμηλών εισροών που χρησιμοποιείται στην οικολογική γεωργία προσφέρουν υψηλότερες αποδόσεις με την αποτελεσματικότερη χρήση της έκτασης και την χρήση μικρότερων ποσοτήτων λιπασμάτων σε σχέση με την αντίστοιχη μονοκαλλιέργεια.

Επίσης, οι Paranaoum et al. (2020) παρατήρησαν υψηλότερη απόδοση στο νωπό βάρος, στη ξηρή ουσία και στον καρπό κατά την καλλιέργεια μιγμάτων έναντι της μονοκαλλιέργειας.

Οι Zhang et al. (2022) παρατήρησαν στην συγκαλλιέργεια ψυχανθών με σιτηρά, αύξηση της βιομάζας κατά 1,6 και μία αύξηση κατά 1,3 % στη συγκαλλιέργεια ψυχανθών με καλαμπόκι.

Εκτός από την αύξηση στις αποδόσεις σε σχέση με τις μονοκαλλιέργειες ο Weih et al. παρατήρησε διαχρονικά και μία σταθερότητα στην απόδοση στις συγκαλλιέργειες σε σχέση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες.

Η αζωτοδέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου ήταν μεγαλύτερη κατά την συγκαλλιέργεια, κατά την οποία το 97% του αζώτου του υπέργειου τμήματος του φυτού του μπιζελιού, της συγκαλλιέργειας, προερχόταν από την αζωτοδέσμευση. Τα ψυχανθή αναγκάστηκαν λόγω του ανταγωνισμού με τα σιτηρά να καλύψουν το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκών τους από την αζωτοδέσμευση. Με αυτόν τον τρόπο υπήρξε καλύτερη χρήση των διαθέσιμων πόρων. Σε απόλυτες τιμές η συνολική προσλαμβανόμενη ποσότητα ήταν μικρότερη στην συγκαλλιέργεια σε σχέση με την μονοκαλλιέργεια (Hof -Kautz, 2008).

Η συνολική απόδοση της υπέργειας ξηρής ουσίας των συγκαλλιέργειών είναι συνήθως μεγαλύτερη των αντίστοιχων μονοκαλλιέργειών λόγω της αποτελεσματικότερης αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων (Bulson et al., 1997, Lithourgidis et al., 2011). Η συγκαλλιέργεια σιτηρών-κτηνοτροφικού μπιζελιού επιφέρει την αύξηση της απόδοσης με λιγότερες εισροές και

την καλύτερη εκμετάλλευση της καλλιεργούμενης επιφάνειας του χωραφιού, με αποτέλεσμα να οδηγεί σε αύξηση του αγροτικού εισοδήματος (Lithourgidis, et al., 2011).

Ένα από τα θετικά της συγκαλλιέργειας σιτηρών και ψυχανθών είναι η αζωτοδεσμευτική ικανότητα των ψυχανθών που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αζωτολίπανσης (Chalk et al., 1993).

Η απόδοση της συγκαλλιέργειας ήταν υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη μονοκαλλιέργεια (Neugschwandtner and Kaul 2017). Αυτό δείχνει ότι γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων (φως, νερό και θρεπτικά συστατικά) στην συγκαλλιέργεια. Ακόμη ο Neugschwandtner και ο Kaul (2017) βρήκαν ότι ανάλογα με τη αύξηση της αναλογίας του μπιζελιού στη συγκαλλιέργεια με τα σιτηρά, επέρχεται και η αντίστοιχη αύξηση της αζωτοδεσμευμένης ποσότητας στην υπέργεια βιομάζα και της διαθέσιμης ποσότητας αζώτου στο έδαφος.

1.4.2. Διασφάλιση της σταθερότητας των καλλιεργειών

Έχει αποδεχθεί ότι, σε διαφορετικές καλλιεργητικές περιόδους οι οποίες επλήγησαν από ακραία καιρικά φαινόμενα, η συγκαλλιέργεια μιγμάτων είχε σταθερότερη απόδοση έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών τους (Huss et al., 2022). Ακραία καιρικά φαινόμενα εμφανίζονται όλο και συχνότερα και μπορούν να αντιμετωπιστούν επιλέγοντας την συγκαλλιέργεια η οποία μειώνει τις ζημιές (ξάπλωμα-ξηρασία) (Huss et al., 2022). Στην συγκαλλιέργεια και εάν η μία καλλιέργεια καταστραφεί λόγω ακραίων καιρικών συνθηκών, λόγω προσβολής ασθενειών ή εντόμων, ο παραγωγός δεν χάνει την καλλιεργητική περίοδο, διότι μπορεί να μειώσει τις απώλειες από το άλλο είδος της συγκαλλιέργειας που δεν επηρεάστηκε (Huss et al., 2022).

1.4.3. Βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους

Τα περισσότερα ψυχανθή έχουν πασσαλώδες ριζικό σύστημα το οποίο διεισδύει βαθιά στο έδαφος και με τον τρόπο αυτό μπορούν να απορροφήσουν θρεπτικά στοιχεία από μεγαλύτερο βάθος του εδάφους. Μετά τη συγκομιδή κάποια από τα θρεπτικά συστατικά παραμένουν στα υπολείμματα των φυτών και μπορούν να είναι διαθέσιμα μαζί με το ατμοσφαιρικά δεσμευμένο N στα φυμάτια τους για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Böhm,2009).

Η ανάπτυξη και εισχώρηση σε βάθος του ριζικού συστήματος επηρεάζει τη δομή και τη βιολογία του εδάφους μειώνοντας τη συμπίεση και αυξάνοντας τη χαλάρωση του εδάφους. Ακόμη η ανάπτυξη μεγάλου αριθμού ριζικών τριχιδίων συμβάλλει και αυτό στην αποσυμπίεση του εδάφους. Τα υπολείμματα της καλλιέργειας των φυτικών τμημάτων καθώς και τα ριζικά τμήματα

που ενσωματώνονται στο έδαφος παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό μίας συσσωματώδους δομής (Gisi et al., 1997, Starz, 2010).

1.4.4. Βελτίωση της ποιότητας των ζωοτροφών

Έχει αποδεχθεί ότι οι συγκαλλιέργειες με ψυχανθή σε μείγματα αυξάνει την ποιότητα των ζωοτροφών έναντι της μονοκαλλιέργειας αγρωστωδών, κυρίως όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Carr et al., 2004, Hof -Kautz 2008, Geren et al., 2008 και Lithourgidis et al., 2007)

1.4.5. Μείωση των δυσμενών επιπτώσεων των παρασίτων και ασθενειών

Από διάφορες μετα-αναλύσεις για τη συγκαλλιέργεια σιτηρών με ψυχανθή παρατηρήθηκε μείωση της εμφάνισης παθογόνων και ασθενειών κατά 34% ενώ κατά την αμειψισπορά παρατηρήθηκε μείωση κατά 83% σε παθογόνα και ασθένειες στο 73% των ερευνών. Ακόμη αλληλοπαθητικές ενώσεις από ελαιούχους σπόρους/ψυχανθή προκαλούν μείωση της ανάπτυξης μυκήτων του εδάφους, νηματωδών, παθογόνων και ζιζανίων που διαφορετικά θα επηρέαζαν αρνητικά τα ψυχανθή (όσπρια) (Huss et al., 2022).

Οι Hauggard παρατήρησαν ότι κατά την συγκαλλιέργεια υπήρξε μείωση εμφάνισης ασθενειών κατά 20-40% και σε ορισμένες ασθένειες υπήρξε μείωση της προσβολής έως και 80%. Ακόμη ο Gronle και Böhm (2013) βρήκαν μετά από μακροχρόνιες έρευνες ότι κατά την συγκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών (Triticale) παρατηρήθηκε μείωση της προσβολής από ψείρες κατά 50%. Δηλαδή οι συγκαλλιέργειες μπορεί να μειώνουν την προσβολή από ψείρες και Νανοϊούς.

1.4.6. Μείωση των ζιζανίων

Στη βιολογική γεωργία η βαθιά άροση αποφεύγεται με συνέπεια αυτό να προκαλεί αύξηση της μάζας των ζιζανίων. Οι Gronle and Böhm (2012) παρατήρησαν ότι και χωρίς την βαθιά άροση η πυκνότητα των ζιζανίων κατά τη συγκαλλιέργεια δεν αυξήθηκε (Gronle and Böhm 2012).

Το ότι, κατά την συγκαλλιέργεια δύο ή περισσότερων καλλιεργειών η μάζα των ζιζανίων μειώνεται, παρατηρήθηκε και από τον Paulsen και τους συνεργάτες του (2005). Συγκεκριμένα οι Hauggard et al. (2008) βρήκαν μείωση της μάζας των ζιζανίων κατά 50% στη συγκαλλιέργεια του λούπινου ή των φασολιών με το κριθάρι. Επιπλέον υπήρξαν αναφορές ότι κατά τη συγκαλλιέργεια με σιτηρά υπήρξε και μείωση των ειδών ζιζανίων που εμφανίστηκαν (Mohler και Liebman, 1987).

1.5.Μειονεκτήματα συγκαλλιέργειας δημητριακών/ψυχανθών

1.5.1.Έλλειψη προμηθευτών για τις εισροές

Η εφαρμογή της συγκαλλιέργειας από περισσότερους παραγωγούς μπορεί να εμποδίζεται από κλάδους που προμηθεύουν τις εισροές όπως τα φυτά-σπόροι, τα φυτοπροστατευτικά κ.ά. θέλοντας να προστατεύσουν τα οικονομικά τους συμφέροντα από τα δικαιώματα, τις άδειες εμπορίας, τις πατέντες και τις ευρεσιτεχνίες.

Ακόμη ένα πρόβλημα είναι ότι τα μίγματα που χρησιμοποιούνται κατά τη σπορά πρέπει να προσαρμόζονται ανάλογα, με την τοποθεσία και τη διαθεσιμότητα του νερού (Fischl et al., 2020).

1.5.2. Έλλειψη ενημέρωσης, τεχνικών αναφορών-οδηγιών-συμβουλών για τη συγκαλλιέργεια

Δεν υπάρχουν εταιρείες ή κυβερνητικοί οργανισμοί οι οποίοι να έχουν εκδώσει οδηγίες ώστε να βοηθήσουν και να πείσουν τους παραγωγούς να εφαρμόσουν τη συγκαλλιέργεια. Υπάρχουν κάποιες προσπάθειες όπως το Interplay, ένα λογισμικό που προσπαθεί να δώσει οδηγίες στον παραγωγό για την εφαρμογή της συγκαλλιέργειας (Martin et al., 2019).

1.5.3. Δυσκολία στην καθιέρωση συνδυασμών κατά την επιλογή ποικιλιών για συγκαλλιέργεια

Αυτό που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα στην συγκαλλιέργεια σιτηρών-ψυχανθών είναι η αναλογία σπόρου κάθε καλλιέργειας επειδή η αναλογία αυτή επηρεάζει την τελική απόδοση της συγκαλλιέργειας. Να επιλεγθούν ή να αναπτυχθούν ποικιλίες ψυχανθών με καλλιεργητικά χαρακτηριστικά που να ταιριάζουν στη συγκαλλιέργεια (Annicchiarico et al., 2018). Όμως αυτό είναι δύσκολο γιατί οι σπόροι που παράγουν οι εταιρείες και έχουν και τα δικαιώματα τους έχουν χαρακτηριστικά που τους επιτρέπουν να αποδίδουν περισσότερο σε μονοκαλλιέργειες. Όπως αποδείχθηκε από τους Carlsson et al. (2017) ποικιλίες με καλά χαρακτηριστικά απόδοσης για μονοκαλλιέργειες δεν έχουν τα ίδια επιθυμητά αποτελέσματα κατά την συγκαλλιέργεια.

1.5.4. Εγκαταστάσεις συλλογής ζωοτροφής

Πρέπει οι μύλοι που παράγουν ζωοτροφή να δημιουργήσουν επιπρόσθετους χώρους και να προμηθευτούν εξοπλισμό με τον οποίο να μπορεί να διαχωριστεί η παραγωγή της συγκαλλιέργειας. Στην Ελβετία που πραγματοποιήθηκε αυτή η αλλαγή των μύλων, αυτό οδήγησε και στην αύξηση των εκτάσεων που χρησιμοποιήθηκαν για συγκαλλιέργεια (FIBL, 2017).

1.5.5. Υψηλότερο Κόστος Παραγωγής

Το κόστος της συγκαλλιέργειας σε σχέση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες είναι αυξημένο λόγω των ιδιαίτερων απαιτήσεων που σχετίζονται με την αγορά εισροών (σπόροι, λιπάσματα και φυτοπροστατευτικά), καθώς οι ιδιαιτερότητες στη σπορά και στη διαλογή απαιτούν ειδικά μηχανήματα. Αυτό δημιουργεί ένα επιπρόσθετο κόστος 15 ευρώ ανά τόνο (εκτιμήσεις που έγιναν για την Γαλλία) που επιμερίζεται στο αυξημένο κόστος του διαχωρισμού του καρπού καθώς σημειώνονται απώλειες στην απόδοση των ψυχανθών λόγω του μη διαχωρισμού τους από τα σιτηρά (Mamine et al., 2020).

1.6 Δείκτες που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των συστημάτων συγκαλλιέργειας

Έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες με τους οποίους μπορεί να αξιολογηθούν τα διάφορα συστήματα συγκαλλιέργειας.

α) Ο λόγος Ισοδύναμης Επιφάνειας LER (Land Equivalent Ratio) (Mead et al. 1980)

Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της αποδοτικότητας της συγκαλλιέργειας σε σύγκριση με την μονοκαλλιέργεια.

Όταν ο δείκτης έχει τιμή μεγαλύτερη από τη μονάδα $LER > 1$ τότε τα είδη που συγκαλλιεργούνται αναπτύσσονται καλύτερα εκμεταλλευόμενα καλύτερα τους παρεχόμενους πόρους σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια. Ενώ, όταν ο δείκτης έχει τιμή μικρότερη της μονάδας $LER < 1$ τότε η συγκαλλιέργεια επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των συγκαλλιεργούμενων ειδών έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών τους.

Ο τύπος υπολογισμού του λόγου της Ισοδύναμης Επιφάνειας LER είναι (Willey, 1979):

$$LER = \{L_{\psi} + L_{\Sigma}\}$$

$$L_{\psi} = (Y_{\psi\Sigma} / Y_{\psi})$$

$$L_{\Sigma} = (Y_{\Sigma\psi} / Y_{\Sigma})$$

Όπου L_{ψ} και L_{Σ} είναι ο λόγος της ισοδύναμης επιφάνειας για κάθε καλλιέργεια,

$Y_{\psi\Sigma}$ και $Y_{\Sigma\psi}$ είναι οι επιμέρους αποδόσεις των καλλιεργειών στην συγκαλλιέργεια

και το Y_{ψ} και το Y_{Σ} είναι οι αποδόσεις των καλλιεργειών όταν καλλιεργούνται σε μονοκαλλιέργειες.

β.) Σχετικός Συντελεστής Συνωστισμού (Relative Crowding Coefficient, RCC ή K)

Ο σχετικός συντελεστής συνωστισμού (Relative Crowding Coefficient, RCC ή K) δίνει πληροφορίες για το ποια καλλιέργεια κυριαρχεί έναντι της άλλης κατά την συγκαλλιέργεια (DeWit, 1960, Hall, 1974). Υπολογίζει ένα μέγεθος με το οποίο μπορεί να αξιολογηθεί ποιο είδος από τα καλλιεργούμενα παρήγαγε περισσότερο ή λιγότερο από το αναμενόμενο.

$$K = (K_{\Sigma} \times K_{\Psi})$$

$$K_{\Sigma} = \{Y_{\Sigma\Psi} \times Z_{\Psi\Sigma}\} / \{(Y_{\Sigma} - Y_{\Sigma\Psi}) \times Z_{\Sigma\Psi}\}$$

$$K_{\Psi} = \{Y_{\Psi\Sigma} \times Z_{\Sigma\Psi}\} / \{(Y_{\Psi} - Y_{\Psi\Sigma}) \times Z_{\Psi\Sigma}\}$$

όπου $Z_{\Psi\Sigma}$ είναι η ποσότητα του μίγματος των ψυχανθών με τα σιτηρά κατά τη σπορά,

$Z_{\Sigma\Psi}$ είναι η ποσότητα του μίγματος των σιτηρών με ψυχανθή κατά τη σπορά,

Y_{Σ} αποδόσεις των σιτηρών κατά τη μονοκαλλιέργεια,

Y_{Ψ} αποδόσεις των ψυχανθών κατά τη μονοκαλλιέργεια,

$Y_{\Sigma\Psi}$ αποδόσεις των σιτηρών κατά τη συγκαλλιέργεια,

$Y_{\Psi\Sigma}$ αποδόσεις των ψυχανθών κατά τη συγκαλλιέργεια.

Όταν το γινόμενο των δύο συντελεστών είναι μεγαλύτερο από τη μονάδα $K > 1$ τότε υπάρχει πλεονέκτημα απόδοσης της συγκαλλιέργειας έναντι της μονοκαλλιέργειας, ενώ ισχύει το αντίθετο όταν $K < 1$

γ.) Δείκτης Ανταγωνισμού (Aggressivity A) (Mc Gilchrist, 1965)

Με τον δείκτη αυτόν μπορεί να εκτιμηθεί ποιο είδος από τα συγκαλλιεργούμενα κυριαρχεί. Υπολογίζει πόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση της απόδοσης του ενός είδους σε σύγκριση με το άλλο είδος της συγκαλλιέργειας.

$$A_{\Sigma} = (Y_{\Sigma\Psi}/Y_{\Sigma}Z_{\Sigma\Psi}) - (Y_{\Psi\Sigma}/Y_{\Psi}Z_{\Psi\Sigma}),$$

$$A_{\Psi} = (Y_{\Psi\Sigma}/Y_{\Psi}Z_{\Psi\Sigma}) - (Y_{\Sigma\Psi}/Y_{\Sigma}Z_{\Sigma\Psi})$$

Όταν ο λόγος ανταγωνισμού είναι μηδέν τότε και τα δύο είδη έχουν τον ίδιο ανταγωνισμό.

Όταν το A_{Σ} και A_{Ψ} έχουν την ίδια τιμή, αλλά το πρόσημο είναι θετικό ή αρνητικό, αυτό υποδηλώνει το κυρίαρχο ή το υποτελές είδος κατά τη συγκαλλιέργεια.

Όσο μεγαλύτερη αριθμητική διαφορά παρατηρείται στους λόγους ανταγωνισμού τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά στις πραγματικές αποδόσεις.

δ.) Λόγος Ανταγωνισμού (Competitive ratio CR)

Ο λόγος ανταγωνισμού είναι ένας ακόμη τρόπος για να εκφραστεί ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών, δίνει δε πιο ακριβείς πληροφορίες από τον σχετικό συντελεστή συνωστισμού K και τον δείκτη ανταγωνισμού A.

Ο λόγος ανταγωνισμού αποτελεί τον λόγο της ισοδύναμης επιφάνειας (LER) των δυο καλλιεργειών που συμμετέχουν και λαμβάνει υπόψη του την σχετική αναλογία των δυο συγκαλλιεργούμενων ειδών με την οποία έχουν σπαρθεί (Dhimaet al., 2007).

Υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$CR_{\psi} = (LER_{\psi}/LER_{\Sigma})(Z_{\psi\Sigma}/Z_{\Sigma\psi})$$

$$CR_{\Sigma} = (LER_{\Sigma}/LER_{\psi})(Z_{\Sigma\psi}/Z_{\psi\Sigma})$$

$Z_{\Sigma\psi}$ = αναλογία σποράς των σιτηρών σε σχέση με τα ψυχανθή

$Z_{\psi\Sigma}$ = αναλογία σποράς των ψυχανθών σε σχέση με τα σιτηρά

ε) Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (Actual Yield Loss AYL)

Ο Banik et al. (2000) ανέφερε ότι ο δείκτης AYL δίνει πιο εξειδικευμένες πληροφορίες από τους άλλους δείκτες. Ο δείκτης αυτός δείχνει την απώλεια ή το κέρδος μιας συγκαλλιέργειας έναντι της αντίστοιχης μονοκαλλιέργειας. Οι θετικές ή αρνητικές τιμές δείχνουν εάν η συγκαλλιέργεια πλεονεκτεί ή μειονεκτεί έναντι της μονοκαλλιέργειας.

Ο δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL) υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο (Banik et al., 1996).

$$AYL = AYL_{\Sigma} + AYL_{\psi}$$

$$AYL_{\Sigma} = \{[(Y_{\Sigma\psi} / Z_{\Sigma\psi}) / (Y_{\Sigma} / Z_{\Sigma})] - 1\}$$

$$AYL_{\psi} = \{[(Y_{\psi\Sigma} / Z_{\psi\Sigma}) / (Y_{\psi} / Z_{\psi})] - 1\}$$

όπου AYL_{Σ} και AYL_{ψ} είναι η μερική απώλεια απόδοσης της συγκαλλιέργειας σιταριού και ψυχανθούς αντίστοιχα.

$Y_{\Sigma\psi}$ αντιπροσωπεύει την απόδοση της συγκαλλιέργειας Σ (σιτηρού) σε συνδυασμό με Ψ (ψυχανθές), $Y_{\psi\Sigma}$ την απόδοση της συγκαλλιέργειας Ψ (ψυχανθές) σε συνδυασμό με Σ (σιτηρά).

Το Y_{Σ} αντιπροσωπεύει την απόδοση της μονοκαλλιέργειας Σ (σιτηρού), ενώ το Y_{ψ} αντιπροσωπεύει την απόδοση της μονοκαλλιέργειας Ψ (ψυχανθές)

Το $Z_{\Sigma\psi}$ αντιπροσωπεύει το σπαρμένο ποσοστό τηςσυγκαλλιέργειας του Σ (σιτηρού) σε συνδυασμό με Ψ (ψυχανθές) και το $Z_{\psi\Sigma}$ το σπαρμένο ποσοστό της συγκαλλιέργειας του Ψ (ψυχανθές) σε συνδυασμό με Σ (σιτηρά).

Το Z_{Σ} αντιπροσωπεύει το σπαρμένο ποσοστό του Σ (σιτηρού) 100% και το Z_{ψ} αντιπροσωπεύει το σπαρμένο ποσοστό του Ψ (ψυχανθές) 100%

ζ) Οικονομικοί δείκτες, πλεονεκτήματα συγκαλλιέργειας intercropping advantage (IA) & οικονομικά πλεονεκτήματα monetary advantage index (MAI)

Ένας ακόμη δείκτης που υπολογίζει το πλεονέκτημα της συγκαλλιέργειας που χρησιμοποίησε και ο Banik et al.(2000) είναι ο παρακάτω:

$$IA = IA_{\Sigma} + IA_{\psi}$$

$$IA_{\Sigma} = AYL_{\Sigma} \cdot P_{\Sigma}$$

$$IA_{\psi} = AYL_{\psi} \cdot P_{\psi}$$

Όπου P_{Σ} η τρέχουσα τιμή των σιτηρών ανά τόνο και P_{ψ} η τιμή των ψυχανθών του τόνου που χρησιμοποιήθηκαν την χρονική περίοδο του πειράματος.

Κανένας από τους παραπάνω δείκτες δεν εξετάζει και δεν παρέχει πληροφορίες για το οικονομικό πλεονέκτημα της συγκαλλιέργειας. Ο παρακάτω δείκτης όμως είναι αυτός που το υπολογίζει (Lithourgidis et al., 2011) .

$$MAI = (\text{αξία της συγκαλλιέργειας}) \times (LER-1)/LER$$

$$\text{όπου η αξία της συγκαλλιέργειας} = (Y_{\psi} \cdot P_{\psi}) + (Y_{\Sigma} \cdot P_{\Sigma})$$

Άλλος τύπος που υπολογίζει το MAI είναι και ο παρακάτω

$$MAI = (LER \times \text{αξία της συγκαλλιέργειας}) - 1$$

$$\text{όπου η αξία της συγκαλλιέργειας} = (Z_{\psi} * P_{\psi}) + (Z_{\Sigma} * P_{\Sigma})$$

Στον πρώτο τύπο υποτίθεται ότι η αξία της συγκαλλιέργειας είναι ανάλογη της απόδοσης κάτι που μπορεί να μην συμβαίνει πάντα. (Chat.openai, 2023)

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1. Φυτικό υλικό

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο αγρόκτημα του πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στη Φλώρινα την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021. Εγκαταστάθηκε πείραμα συγκαλλιέργειας εγχώριων ποικιλιών κτηνοτροφικών ψυχανθών με αγρωστώδη. Τα είδη που συγκαλλιεργήθηκαν ήταν από τα χειμερινά σιτηρά, το κριθάρι και το τριτικάλε και από τα ψυχανθή ο βίκος και το κτηνοτροφικό Μπιζέλι.

Οι ποικιλίες σιτηρών και ψυχανθών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

Τριτικάλε ποικιλία Νιόβη

Κριθάρι: ποικιλία Τριπτόλεμος

Βίκος: ποικιλία Λεωνίδα

Κτηνοτροφικό μπιζέλι: ποικιλία Όλυμπος

Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικά συστήματα συγκαλλιέργειας (μίγμα επί της γραμμής και σπορά σε χωριστές γραμμές). Η αναλογία σποράς στην σπορά των δυο ειδών επί της γραμμής ήταν 65:35 ψυχανθή-αγρωστώδη. Χρησιμοποιήθηκε το πλήρως τυχαίοποιημένο σχέδιο με τρεις επαναλήψεις. Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο σπάρθηκαν 6 γραμμές των 5 μέτρων από τις οποίες συγκομίστηκαν οι 4 μεσαίες. Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών ήταν 0,25 μέτρα και μεταξύ των επανήψεων αφέθηκε διάδρομος 2 μέτρων. Δημιουργήθηκαν 10 επεμβάσεις και συνολικά εγκαταστάθηκαν 30 πειραματικά τεμάχια. Στον αγρό εφαρμόστηκε μόνο η βασική λίπανση και όλες οι καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι παραγωγοί.

Πίνακας 2 Σχέδιο σποράς πειραματικού

Κωδικός	Γενότυπος	Επαναλήψεις		
		A	B	Γ
1	Τριτικάλε	1	12	27
2	Βίκος	2	17	24
3	Μπιζέλι	3	20	29
4	Κριθάρι	4	13	30
5	Τριτικάλε + Βίκος επί της γραμμής	5	11	28
6	Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	6	18	23
7	Κριθάρι + Βίκος επί της γραμμής	7	14	25

8	Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	8	19	22
9	Κριθάρι + Μπιζέλι επί της γραμμής	9	15	26
10	Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	10	16	21

Η εγκατάσταση του πειραματικού αγρού έγινε αρχές Νοεμβρίου του 2020 στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας σύμφωνα με το παραπάνω σχέδιο σποράς. Εφαρμόστηκε μόνο μία βασική λίπανση κατά τη σπορά (με λίπασμα τύπου 20-10-0 και ποσότητα 8 κιλά ανά στρέμμα). Η καταπολέμηση των ζιζανίων έγινε με το χέρι χωρίς την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου.

Κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου δεν έγινε εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων, αφού άλλωστε δεν υπήρχε προσβολή της καλλιέργειας από εχθρούς ή ασθένειες. Η άρδευση του αγρού στηρίχθηκε μόνο στις βροχοπτώσεις.

Η πρώτη μέτρηση του ύψους των φυτών πραγματοποιήθηκε αφού ολοκληρώθηκε το στάδιο του αδελφώματος στις 02/04/2021. Συγκεκριμένα ελήφθησαν μετρήσεις από 10 τυχαία φυτά κάθε πειραματικού τεμαχίου και στην συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος όρος.

Στις 3/06/2021 έγινε η συλλογή του υπέργειου τμήματος των φυτών με το χέρι. Συλλέχθηκαν οι δύο από τις τέσσερις μεσαίες σειρές κάθε πειραματικού τεμαχίου και έγινε διαχωρισμός των δύο ειδών στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας με το χέρι. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μετρήθηκε επιτόπου το χλωρό βάρος των δειγμάτων και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου έγινε η φυσική ξήρανση της χλωρομάζας και στην συνέχεια ο προσδιορισμός της ξηράς ουσίας. Από κάθε είδος κάθε πειραματικού τεμαχίου ελήφθησαν δείγματα 100γρ, προκειμένου να υπολογιστεί η ξηρή μάζα και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αφού πρώτα το δείγμα υπέστη τεμαχισμό σε μύλο άλεσης.

Στις 12/07/2021 έγινε η μηχανική συγκομιδή του καρπού στις δυο εναπομείνουσες γραμμές (από τις τέσσερις μεσαίες) του πειραματικού τεμαχίου. Την ίδια ημέρα έγινε μέτρηση του τελικού ύψους των φυτών και μέτρηση του αριθμού των λοβών (για τα ψυχανθή) και των στάχυων (για τα σιτηρά) στη μία εκ των δυο γραμμών (Εικόνα 10). Ακολούθησε η ζύγιση του σπόρου σε ζυγαριά ακριβείας στο εργαστήριο.



Εικόνα 4 Διάφορα στάδια ανάπτυξης των φυτών του 1ου πειραματικού τεμαχίου



Εικόνα 5 Πανοραματική εικόνα του πειράματος στο αγροκτήματα



Εικόνα 6 Μηχανική συγκομιδή καρπού



Εικόνα 7 Συγκομιδή των δύο σειρών για τον υπολογισμό της βιομάζας

2.3. Προσδιορισμός αζώτου & πρωτεΐνης στη χλωρή μάζα με τη μέθοδο Kjeldahl

Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του σανού σε πρωτεΐνη έγινε με την μέθοδο Kjeldahl. Στη μέθοδο που ακολουθήθηκε χρησιμοποιήθηκε δείγμα 1,5 γρ το οποίο τυλίχθηκε σε χαρτί και τοποθετήθηκε στην φιάλη Kjeldahl (Εικόνα. 14). Προστέθηκαν 20 ml θειικού οξέος (H_2SO_4) και

καταλύτες για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης ώστε να απελευθερωθεί το αναχθέν άζωτο ως θειικό αμμώνιο ((NH₄)₂SO₄). Ακολούθησε η καύση του δείγματος στην ειδική συσκευή (TURBOTHERM TURBOSOG Gerhardt Εικόνα.13) για 100 min. Η καύση ολοκληρώθηκε όταν το υγρό διαύγασε (Wikipedia Μέθοδος Kjeldahl).



Το άζωτο ελήφθη ως θειικό αμμώνιο (NH₄)₂SO₄. Στη συνέχεια ακολούθησε η απόσταξη στη συσκευή VAPODEST MODEL Gerhardt (Εικόνα. 15) με καυστικό νάτριο (NaOH). Έτσι δεσμεύεται το θειικό οξύ και ελευθερώνεται η αμμωνία NH₃ (Wikipedia Μέθοδος Kjeldahl). Ακολούθησε ο διαχωρισμός της αμμωνίας (NH₃) μέσω της απόσταξης και συλλογής του αποσταγμένου διαλύματος αμμωνίας (NH₃) και νερού (H₂O) σε διάλυμα βορικού οξέος (H₃BO₃).



Στη συνέχεια έγινε ο προσδιορισμός του Αζώτου N με την τιτλοδότηση του διαλύματος με υδροχλωρικό οξύ HCl και με δείκτη κυανού του μεθυλενίου. Το τέλος της τιτλοδότησης φαίνεται από την αλλαγή του χρώματος του διαλύματος από πράσινο σε ρόδινο (Εικόνα).

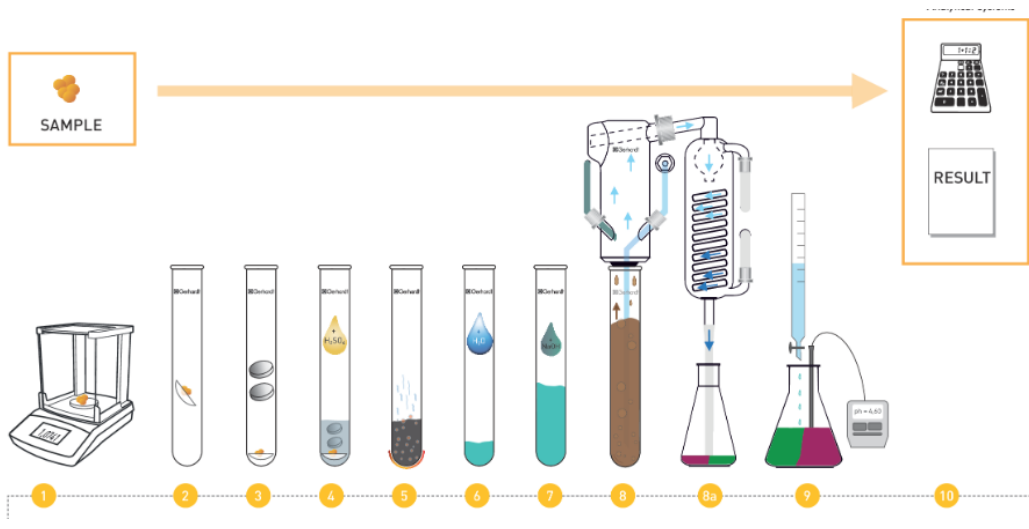
όπου V_b τα ml του υδροχλωρικού οξέος (HCl) που καταναλώθηκαν για τον λευκό προσδιορισμό, V τα ml του υδροχλωρικού οξέος (HCl) που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση του δείγματος, C η συγκέντρωση του υδροχλωρικού οξέος (HCl)(0,1 mol/l) και E το βάρος του δείγματος.

Αφού προσδιοριστεί το άζωτο N στο δείγμα τότε ανάλογα με το δείγμα (Πίνακας 6) που εξετάζεται, πολλαπλασιάζεται με διαφορετικό συντελεστή.

$$\% \text{ Πρωτεΐνη} = \% \text{ N} * \text{ συντελεστή πρωτεΐνης}$$

Πίνακας 3 Συντελεστές πρωτεϊνών για διάφορα τρόφιμα (Ιστοσελίδα Kjeldahl-Gerhardt)

6,38	Γάλα, τυρί, σκόνη γάλακτος
6,25	Κρέας, ψάρι, αυγά, λαχανικά, φρούτα, διάφορα δημητριακά, καλαμπόκι, ψυχανθή, ζωοτροφές
5,95	Ρύζι
5,71	Σόγια
5,7	Σιτηρά και αλεύρι σιτηρών
5,55	Ζελατίνη
5,4	Ελαιούχοι σπόροι



Εικόνα 8 Η ανάλυση Kjeldahl για Αζωτο και Πρωτεΐνη (Ιστοσελίδα Kjeldahl-Gerhardt)



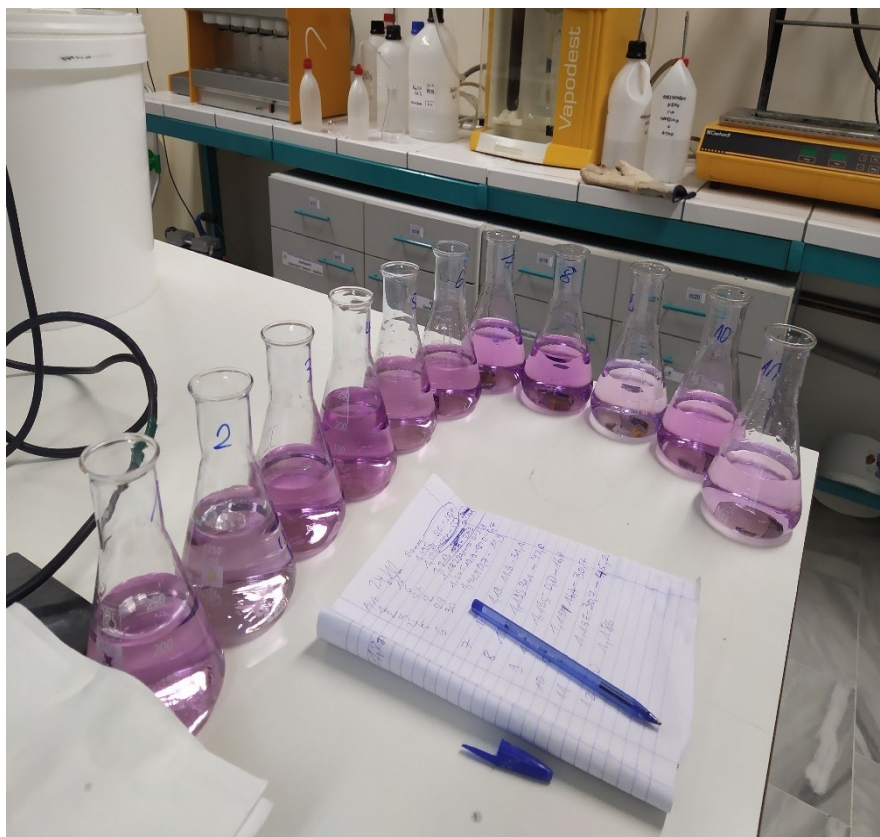
Εικόνα 9 Συσκευή καύσης TURBOTHERM TURBOSOG Gerhardt



Εικόνα 10 Δείγμα σε χαρτί σε φιάλη Kjeldahl



Εικόνα 11 Συσκευή απόσταξης VAPODESTMODEL Gerhardt



Εικόνα 12 Το τέλος της ογκομέτρησης

2.4. Προσδιορισμός Πρωτεΐνης με NIR

Η NIR (ορατή και εγγύς (VIS-NearIR) υπέρυθρη φασματοσκοπία) είναι μια άμεση και αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού πρωτεϊνών και είναι κατάλληλη για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας πρωτεϊνών στα σιτηρά και στα ψυχανθή.

Το μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε ήταν της εταιρείας Unity Spectra 2400 (Unity Scientific, Milford, MA, USA) με φωτομετρικό εύρος τα 1200-2400 nm και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών, υγρασίας και της τέφρας στα διάφορα δείγματα. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η μη χρήση χημικών και η ταχύτητα πραγματοποίησης της μέτρησης.



Εικόνα 13 Μηχάνημα SpectraStar 2400



Εικόνα 14 Δοχείο αναλύσεως

Εισαγωγή στο μηχάνημα και την επιλογή του προγράμματος ώστε να πραγματοποιηθεί η ανάλυση.



Εικόνα 15 Εισαγωγή δείγματος

3. Αποτελέσματα-Συζήτηση

3.1. Σύγκριση ύψους

Στον παρακάτω Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι του ύψους Μαρτίου (καλαμώματος) των αγρωστωδών και ψυχανθών. Οι τιμές στον πίνακα αποτελούν τους μέσους όρους των τριών επαναλήψεων.

Πίνακας 4 Μέσοι όροι ύψους των φυτών που καλλιεργήθηκαν σε μονοκαλλιέργεια και συγκαλλιέργεια

Γενότυποι	Ύψος φυτών (cm)	
	Σιτηρά	Ψυχανθή
Τριτικάλε	32.47a*	-
Βίκος	-	20.23abc
Μπιζέλι	-	22.33a
Κριθάρι	27.23bc	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	28.57ab	17.47d
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	32.07a	19.10cd
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	25.33bc	19.53cd
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	26.97bc	18.60d
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	22.73c	19.67bc
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	25.43bc	21.20ab

*Αριθμοί που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά για πιθανότητα 5%

Η σύγκριση του ύψους των φυτών του πειράματος έγινε χωριστά για τα ψυχανθή και τα αγρωστώδη.

3.1.1. Σύγκριση ύψους αγρωστωδών

Πίνακας 5 Ανάλυση παραλλακτικότητας του ύψους των αγρωστωδών στα μείγματα και στη μονοκαλλιέργεια

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
Ποικιλίες	7	235.87	33.70	6.33**	2.76	4.28
Επαναλήψεις	2	50.90	25.45	4.78**		
Σφάλμα	14	74.52	5.32			
Σύνολο	23	361.28				

Παρατηρούμε από την ανάλυση παραλλακτικότητας ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς το ύψος μεταξύ των αγρωστωδών, σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1% διότι $F_{\delta\epsilon\delta} = 6,33 > F_{.05}$ και $F_{\delta\epsilon\delta} = 6,33 > F_{.01}$ (Για ΒΕ 7 και 14 $F_{.05} = 2.76$ και $F_{.01} = 4.28$).

Πίνακας 6 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ $t_{05} = 4,04$)

Τριπικάλε	Τριπικάλε + Βίκος	Τριπικάλε + Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι	Κριθάρι Βίκος χωριστές Γραμμές	Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές Γραμμές	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής
32.47	32.07	28.57	27.23	26.97	25.43	25.33	22.73

ΕΣΔ $t_{05} = 4,04$. Παρατηρούμε ότι το ύψος Μαρτίου στο Τριπικάλε δεν επηρεάστηκε είτε αυτό καλλιεργήθηκε σε μονοκαλλιέργεια είτε συγκαλλιεργήθηκε με τον βίκο σε μίγμα επί της γραμμής και σε εναλλασσόμενες γραμμές. Διαφορές παρατηρήθηκαν στην καλλιέργεια του κριθαριού και συγκεκριμένα το κριθάρι εμφάνισε το μικρότερο ύψος όταν συγκαλλιεργήθηκε με το μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής.

3.1.2 Σύγκριση ύψους ψυχανθών

Πίνακας 7 Ανάλυση παραλλακτικότητας του ύψους των ψυχανθών στις 10 επεμβάσεις

Πηγή παραλ.	Β.Ε.	ΑΤ	ΜΤ	F	$F_{.05}$	$F_{.01}$
Ποικιλίες	7	48.06	6.87	3.28**	2.76	4.28
Επαναλήψεις	2	7.52	3.76	1.80		
Σφάλμα	14	29.27	2.09			
Σύνολο	23	84.85				

Παρατηρούμε από την ανάλυση παραλλακτικότητας ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ως προς το ύψος Μαρτίου μεταξύ των ψυχανθών σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, διότι $F_{\delta\epsilon\delta} = 3,28 > F_{.05}$ και $F_{\delta\epsilon\delta} = 3,28 < F_{.01}$ (Για ΒΕ 7 και 14 $F_{.05} = 2.76$ και $F_{.01} = 4.28$).

Πίνακας 8 Ελάχιστη σημαντική διαφορά ($E\Delta_{05} = 2.53$)

Μπιζέλι	Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	Βίκος	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Τριτικάλε + Βίκος Χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής
22.33	21.20	20.23	19.67	19.53	19.10	18.60	17.47

Από τον πίνακα 4 φαίνεται ότι μεταξύ των ψυχανθών υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά το ύψος Μαρτίου. Το στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερο ύψος εμφάνισαν ο βίκος και το μπιζέλι σε μονοκαλλιέργεια και το μπιζέλι σε συγκαλλιέργεια με το κριθάρι σε χωριστές γραμμές. Το χαμηλότερο ύψος εμφάνισε ο βίκος σε συγκαλλιέργεια με το τριτικάλε σε μίγμα επί της γραμμής. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν παρουσιάστηκε διαφορά όσον αφορά το ύψος στα επί μέρους μίγματα του βίκου με το κριθάρι και το τριτικάλε και του μπιζελιού με το κριθάρι, που καλλιεργήθηκαν είτε σε χωριστές γραμμές είτε σε μίγματα επί της γραμμής. Δηλαδή το σύστημα συγκαλλιέργειας (χωριστές γραμμές ή μίγμα επί της γραμμής) δεν επηρέασε το ύψος του βίκου στη συγκαλλιέργεια με το κριθάρι και το τριτικάλε και το ύψος του μπιζελιού με το κριθάρι (πίνακες 4 και 8) .

3.2. Απόδοση σε σπόρο

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται οι αποδόσεις σε σπόρο των σιτηρών και ψυχανθών στις 10 επεμβάσεις. Οι τιμές στον πίνακα αποτελούν τους μέσους όρους των τριών επαναλήψεων.

Πίνακας 9. Απόδοση σε σπόρο των καλλιεργειών που αναπτύχθηκαν σε μονοκαλλιέργεια και σε συγκαλλιέργεια (kg/στρέμμα)

Γενότυποι

Βάρος σπόρου (kg/στρέμμα)

	Σιτηρά	Ψυχανθή
Τριτικάλε	106.82 c	-
Βίκος	-	25.78 c
Μπιζέλι	-	32.64 c
Κριθάρι	165.8 bc	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	137.06 bc	32.87 c
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	105.06 c	34.09 c
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	185.29 b	29.44 c
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	129.74 bc	86.70 a
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	296.15 a	60.74 b
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	152.92 bc	57.26 b

Πίνακας 10 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε σπόρο των σιτηρών

Πηγή παραλ.	B.E.	AT	MT	F	F ₀₅	F ₀₁
Ποικιλίες	7	105916.05	11338.28	5.24	2.76	4.28
Επαναλήψεις	2	6694.25	3347.06	1.55		
Σφάλμα	14	30317.60	2165.52			
Σύνολο	23	142927.89				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (Πίνακας 10) γίνεται φανερό ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αγρωστωδών ως προς την απόδοση σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%, διότι $F_{\text{οεδ.}} = 5,24 > F_{.05}$ και $F_{\text{οεδ.}} = 5,24 > F_{.01}$ (Για BE 7 και 14 $F_{.05} = 2.76$ και $F_{.01} = 4.28$).

Πίνακας 11 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ = 81.50)

Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι	Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές.	Τριτικάλε + Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Τριτικάλε	Τριτικάλε+ Βίκος χωριστές γραμμές
296.15	185.29	165.84	152.92	137.60	129.74	106.82	105.52

Πίνακας 12 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε σπόρο των ψυχανθών

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
Ποικιλίες	7	9501.53	1357.36	7.49	2.76	4.28
Επαναλήψεις	2	132.87	66.43	0.37		
Σφάλμα	14	2536.81	181.20			
Σύνολο	23	12171.21				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ψυχανθών ως προς την απόδοση σε σπόρο σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%, διότι $F_{\delta\epsilon\delta} = 7,49 > F_{.05}$ και $F_{\delta\epsilon\delta} = 7,49 > F_{.01}$ (Για BE 7 και 14 $F_{.05} = 2.76$ και $F_{.01} = 4.28$).

Πίνακας 13 Ελάχιστη σημαντική διαφορά ΕΣΔ= 23,58

Κριθάρι + Βίκος Χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	Τριτικάλε +Βίκος χωριστές γραμμές	Τριτικάλε+ Βίκοςμίγμα επί της γραμμής	Κτηνοτροφ. μπιζέλι	Κριθάρι + Βίκοςμίγμα επί της γραμμής	Βίκος
86.70	60.74	57.26	34.09	32.87	32.64	29.44	25.78

Η συγκαλλιέργεια επηρέασε σημαντικά την απόδοση σε σπόρο. Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των γενοτύπων που μελετήθηκαν ως προς την απόδοση σε σπόρο (σημαντικές διαφορές $p=5\%$, Πίνακας 9). Όσον αφορά τα σιτηρά η απόδοση κυμάνθηκε από 105,06 kg/στρέμμα για το Τριτικάλε όταν συγκαλλιεργήθηκε με τον Βίκο, σε διαφορετικές σειρές, έως 296,15 kg/ στρέμμα για το κριθάρι όταν συγκαλλιεργήθηκε με το μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής. Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα συγκαλλιέργειας (χωριστές γραμμές ή μίγμα επί της γραμμής) δεν επηρέασε την απόδοση του τριτικάλε στη συγκαλλιέργεια με τον βίκο και του κριθαριού στη συγκαλλιέργεια με τον βίκο (Πίνακας 9, Πίνακας 11). Και μόνο στην περίπτωση

της συγκαλλιέργειας του κριθαριού με το μπιζέλι η σπορά των δυο ειδών επί της ίδιας γραμμής είχε σαν αποτέλεσμα την αυξημένη απόδοση του κριθαριού.

Όσον αφορά τα ψυχανθή η απόδοση κυμάνθηκε από 25,78 kg/στρέμμα για την μονοκαλλιέργεια του βίκου, έως 86,7 kg/ στρέμμα για τον βίκο όταν συγκαλλιεργήθηκε με το κριθάρι σε εναλλασσόμενες γραμμές. Παρατηρείται δηλαδή ότι ο βίκος παρουσίασε υψηλότερη απόδοση στην συγκαλλιέργεια του με το κριθάρι σε εναλλασσόμενες γραμμές σε σχέση με τη μονοκαλλιέργεια. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση του μπιζελιού με το κριθάρι (και στα δυο συστήματα σποράς). Τα δεδομένα αυτά έρχονται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του Dusa και Stan (2013) που κατέγραψαν υψηλότερη απόδοση στη μονοκαλλιέργεια σε σύγκριση με την συγκαλλιέργεια.

3.3 Απόδοση σε νωπό βάρος και ξηρά ουσία

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι αποδόσεις σε χλωρά και ξηρή φυτομάζα (kg/στρέμμα). Οι τιμές στον πίνακα 14 αποτελούν τους μέσους όρους των τριών επαναλήψεων.

Πίνακας 14 Απόδοση σε νωπό βάρος και ξηρά ουσία

Γενότυποι	Απόδοση σε Νωπό βάρος (kg/στρέμμα)	Απόδοση σε Ξηρά ουσία (kg/στρέμμα)
Τριτικάλε	1013.0 de	511.17 d
Βίκος	910 de	350.0 e
Μπιζέλι	1386.0 d	396.0 e
Κριθάρι	640.0 e	387.88 e
Τριτικάλε + Βίκος επί της γραμμής	2013.33 c	843.57 c
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	3119.0 a	1247.5 a
Κριθάρι + Βίκος επί της γραμμής	2346.66 bc	1117.43 b
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	2853.33 ab	1141.33 b
Κριθάρι + Μπιζέλι επί της γραμμής	2186.66 c	728.88 c
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	2880.0 a	1375.779 a

Πίνακας 15 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε νωπό βάρος

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	M.T.	F	F _{.05}	F _{.01}
Ποικιλίες	9	21792480.00	2421386.67	31.60	2.46	3.60
Επαναλήψεις	2	72026.67	36013.33	0.47	2.46	3.60
Σφάλμα	18	1379440.00	76635.56			
Σύνολο	29	23243946.67				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (πίνακας 15) γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 10 επεμβάσεων ως προς την απόδοση σε χλωρή μάζα σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%, διότι $F_{\delta\epsilon\delta} = 31,60 > F_{.05}$ και $F_{\delta\epsilon\delta} = 31,60 > F_{.01}$ (Για ΒΕ 9 και 18 $F_{.05} = 2.46$ και $F_{.01} = 3,60$).

Πίνακας 16 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 521.23 για ΒΕ 18 το t_{05} είναι 2,101)

Τριτικάλε+ Βίκος Χωριστές γραμμές	Κριθάρι+Μπιζέλι Χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Βίκος Χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι+ Μπιζέλι Μίγμα επί της γραμμής	Τριτικάλε+Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Μπιζέλι	Τριτικάλε	Βίκος	Κριθάρι
3119.00	2880.00	2853.33	2346.67	2186.67	2013.33	1386.67	1013.33	906.67	640.00

Παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών γενοτύπων όσον αφορά το βάρος της χλωράς φυτομάζας (σημαντικές διαφορές για $F_{.05}$, Πίνακες 14,15,16). Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 640 kg/στρέμμα για τη μονοκαλλιέργεια του κριθαριού έως 3119 kg/στρέμμα για τη συγκαλλιέργεια του τριτικάλε με το βίκο (σε διαφορετικές σειρές) (Πίνακας 13). Από τις μονοκαλλιέργειες, την μεγαλύτερη απόδοση παρουσίασε το μπιζέλι (1386.0 kg/στρέμμα). Στην περίπτωση συγκαλλιέργειας το σύστημα συγκαλλιέργειας (χωριστές γραμμές ή μίγμα επί της γραμμής) επηρέασε την απόδοση σε χλωρή φυτομάζα των μιγμάτων. Συγκεκριμένα η συγκαλλιέργεια σε εναλλασσόμενες σειρές παρουσίασε υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με την καλλιέργεια των δυο ειδών σε μεικτές σειρές. Την αύξηση της απόδοσης της

σόγιας, κατά τη συγκαλλιέργεια με φαγόπυρο, φακή, σόργο και ηλίανθο, σε διαφορετικές σειρές παρατήρησε και ο Cheriére et al. (2020). Οι Addo-Quaye et al. (2011) ανέφεραν ότι η χωροταξιακή διάταξη κατά τη συγκαλλιέργεια αραβόσιτου σόγιας επηρέασε την απόδοση της σόγιας ενώ δεν επηρέασε την απόδοση του αραβόσιτου.

Πίνακας 17 Ανάλυση παραλλακτικότητας της απόδοσης σε ξηρά ουσία

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
Ποικιλίες	9	4220864.59	468984.95	36.05	2.46	3.60
Επαναλήψεις	2	10490.22	5245.11	0.40	2.46	3.60
Σφάλμα	18	234136.38	13007.58			
Σύνολο	29	4465491.19				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας γίνεται φανερό ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 10 επεμβάσεων ως προς την απόδοση σε ξηρά φυτομάζα σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%, διότι $F_{\delta\epsilon\delta} = 36,05 > F_{.05}$ και $F_{\delta\epsilon\delta} = 36,05 > F_{.01}$ (Για ΒΕ 9 και 18 $F_{.05} = 2.46$ και $F_{.01} = 3,60$).

Πίνακας 18 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 214.74)

Κριθάρι+ Μπιζέλι χωριστές γραμμές	Τριπικάλε+ Βίκος χωριστές γραμμές	Κριθάρι+ Βίκος χωριστές γραμμές	Κριθάρι+ Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Τριπικάλε+Βίκος Μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι+ Μπιζέλι Μίγμα επί της γραμμής	Τριπικάλε	Μπιζέλι	κριθάρι	Βίκος
1375.79	1247.5	1141.33	1117.43	843.57	728.88	511.71	396	387,9	350

Η απόδοση σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκε από 350 kg/στρέμμα για τη μονοκαλλιέργεια του βίκου έως 1375,79 kg/στρέμμα για τη συγκαλλιέργεια του κριθαριού με το μπιζέλι (σε διαφορετικές σειρές) (Πίνακες 13,18). Από τα αποτελέσματα συνάγεται ότι οι συγκαλλιέργειες παρουσίασαν υψηλότερη απόδοση σε ξηρά ουσία σε σύγκριση με τις μονοκαλλιέργειες. Το ίδιο ανέφεραν και οι Galanorouliou κ.ά. (2019) που μελέτησαν την επίδραση διαφορετικών συστημάτων σποράς κατά τη συγκαλλιέργεια κριθαριού και κουκιού στον ρυθμό ανάπτυξης των δυο ειδών. Σε ένα πείραμα συγκαλλιέργειας κριθαριού με βίκο οι Lithourgidis et al. (2007) διαπίστωσαν ότι σε δυο διαφορετικές αναλογίες σποράς (55% / 45% και 65% / 35%), παρατηρήθηκε αύξηση της παραγόμενης βιομάζας κατά 29,9% και 13,3% σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια του βίκου και μείωση κατά 12,2% και 23,4% σε σύγκριση με την μονοκαλλιέργεια του κριθαριού.

Από τις μονοκαλλιέργειες, την μεγαλύτερη απόδοση σε ξηρά ουσία παρουσίασε το τριτικάλε (511,71 kg/στρέμμα). Στην περίπτωση συγκαλλιέργειας το σύστημα συγκαλλιέργειας (χωριστές γραμμές ή μίγμα επί της γραμμής) επηρέασε την απόδοση σε ξηρή φυτομάζα των μιγμάτων. Συγκεκριμένα η συγκαλλιέργεια σε εναλλασσόμενες σειρές παρουσίασε στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με την καλλιέργεια των δυο ειδών σε μεικτές σειρές, εκτός από την συγκαλλιέργεια του κριθαριού με τον βίκο όπου ο διαφορετικός τρόπος συγκαλλιέργειας δεν επηρέασε την απόδοση σε ξηρά ουσία του μίγματος .

3.4. Προσδιορισμός αζώτου & πρωτεΐνης στη χλωρά και ξηρή ουσία με τη μέθοδο Kjeldahl

3.4.1. Περιεκτικότητα (%) πρωτεΐνης στη ξηρή ουσία (σανός)

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 19) εμφανίζεται η % περιεκτικότητα του σανού σε πρωτεΐνη.

Πίνακας 19. Περιεκτικότητα (%) της χλωράς και ξηράς ουσίας σε Πρωτεΐνη

	Πρωτεΐνες % ξηρού βάρους	Πρωτεΐνες % νωπού βάρους
Τριτικάλε	5.07c	2.56c
Βίκος	13.64a	5.25a
Μπιζέλι	14.46a	4.13b
Κριθάρι	5.15c	3.12c
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	9.75b	4.04b
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	10.56b	4.23b
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	10.17b	4.84a
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	9.96b	3.98b
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	9.57b	3.19c
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	10.02b	4.79a
F_{05}	**	**
$E\Delta$	1.37	0.60

**Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας $P=,05$

Στους πίνακες που ακολουθούν (πίνακες 20 και 22) παρουσιάζεται η ανάλυση παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη % του ξηρού και νωπού βάρους του σανού.

Πίνακας 20 Ανάλυση παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη % του ξηρού βάρους

Πηγή	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
παραλλακτικότητας						
Ποικιλίες	9	244.09	27.12	51.20	2.46	3.60
Επαναλήψεις	2	0.10	0.05	0.10	2.46	3.60
Σφάλμα	18	9.53	0.53			
Σύνολο	29	253.72				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας παρατηρείται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της ξηράς ουσίας, για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%. (Για BE 9 και 18 $F_{.05}=2.46$, $F_{.01}=3.6$, $F_{εδ}=51,20 > F_{05}$ $F_{εδ}=51,20 > F_{01}$).

Από τους πίνακες 19, 20, 21 συμπεραίνεται ότι, την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της ξηράς ουσίας, εμφάνισε η μονοκαλλιέργεια των ψυχανθών (βίκος και μπιζέλι), και την μικρότερη η μονοκαλλιέργεια των σιτηρών (τριτικάλε και κριθάρι). Ενδιάμεσες τιμές πρωτεΐνης εμφάνισαν οι συγκαλλιέργειες, χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Οι συγκαλλιέργειες όμως (και τα δύο συστήματα σποράς) διέφεραν στατιστικώς σημαντικά, ως προς την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες.

Πίνακας 21 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 1,25)

Μπιζέλι	Βίκος	Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι+ Μπιζέλι χωριστές γραμμές	Κριθάρι+ Βίκος χωριστές γραμμές	Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι	Τριτικάλε
14.46	13.64	10.56	10.17	10.02	9.96	9.75	9.57	5.15	5.07

3.4.2. Περιεκτικότητα πρωτεΐνης (%) σε νωπό βάρος

Πίνακας. 22 Ανάλυση παραλλακτικότητας της % περιεκτικότητας πρωτεΐνης σε νωπό βάρος

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F	F. ₀₅	F. ₀₁
Ποικιλίες	9	19.37	2.15	21.06	2.46	3.60
Επαναλήψεις	2	0.03	0.01	0.15	2.46	3.60
Σφάλμα	18	1.84	0.10			
Σύνολο	29	21.24				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας παρατηρείται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της χλωράς ουσίας, για επίπεδο σημαντικότητας 5% και 1%. (Για BE 9 και 18 $F_{.05}=2.46$, $F_{.01}=3.6$, $F_{εδ}=21,60 > F_{05}$ $F_{εδ}=21,06 > F_{01}$).

Από τους πίνακες 19 και 23 συμπεραίνεται ότι, την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της χλωράς ουσίας, εμφάνισε η μονοκαλλιέργεια του βίκου και η συγκαλλιέργεια του κριθαριού με τον βίκο (σε μίγμα επί της γραμμής) και το μπιζέλι (σε εναλλασσόμενες γραμμές). Την μικρότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη % της χλωράς ουσίας, εμφάνισε η μονοκαλλιέργεια του κριθαριού και του τριτικάλε και η συγκαλλιέργεια του κριθαριού με το μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής. Ενδιάμεσες τιμές πρωτεΐνης εμφάνισαν το μπιζέλι και οι συγκαλλιέργειες του τριτικάλε με τον βίκο (σε εναλλασσόμενες γραμμές αλλά και σε μίγμα επί της γραμμής) και του κριθαριού με τον βίκο (σε εναλλασσόμενες γραμμές).

Πίνακας 23 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ=0,55)

Βίκος	Κριθάρι+ Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι+ Μπιζέλι Χωριστές γραμμές	Τριτικάλε+ Βίκος Χωριστές γραμμές	Μπιζέλι	Τριτικάλε+ Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Βίκος Χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι	Τριτικάλε
5.25	4.84	4.79	4.23	4.13	4.04	3.98	3.19	3.12	2.56

Η περιεκτικότητα του σανού σε πρωτεΐνη επηρεάστηκε σημαντικά από τα διαφορετικά συστήματα συγκαλλιέργειας που εφαρμόστηκαν. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επί της εκατό της χλωράς βιομάζας κυμάνθηκε 2,56 % για το τριτικάλε έως 5,25% για το βίκο. Ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επί της εκατό της ξηρής βιομάζας κυμάνθηκε από 5,07% για το τριτικάλε έως 14,46 % για το μπιζέλι. Αυτές οι διαφορές στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες % χλωράς και ξηρής βιομάζας των επεμβάσεων μπορεί να οφείλεται στην διαφορετική περιεκτικότητα σε ύγρασία κατά την συγκομιδή και μετά τη ξήρανση στα διάφορα είδη που καλλιεργήθηκαν.

Στην ξηρή βιομάζα οι συγκαλλιέργειες είχαν παρόμοια (χωρίς στατιστικώς σημαντικές διαφορές) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη που κυμαίνεται από 9,57% έως 10,56%. Αντίθετα στην χλωρή βιομάζα η συγκαλλιέργεια του κριθαριού με τον βίκο (σε μίγμα επί της γραμμής) και το μπιζέλι (σε εναλλασσόμενες γραμμές) παρουσίασε στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (που πλησίασε αυτήν του βίκου), σε σύγκριση με τα υπόλοιπα συστήματα συγκαλλιέργειας. Τέλος στη συγκαλλιέργεια του κριθαριού με το μπιζέλι, σε μίγμα επί της γραμμής, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη επί της εκατό της χλωράς βιομάζας δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του κριθαριού και του τριτικάλε σε μονοκαλλιέργεια.

Ομοίως ο Ghanbari (2000) και οι Amrei et al. (2010), κατέγραψαν στατιστικώς σημαντική διαφορά στην % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη μεταξύ των ειδών που καλλιεργήθηκαν σε συγκαλλιέργεια και των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών.

3.4.3. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (%) σε ξηρή ουσία των διαφορετικών ειδών που καλλιεργήθηκαν

Στον πίνακα. 24 αναγράφεται η ανάλυση παραλλακτικότητας για την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των αγρωστωδών του πειράματος.

Πίνακας 24 Ανάλυση παραλλακτικότητας της πρωτεΐνης (%) σε ξηρό βάρος για τα αγρωστώδη

Πηγή	B.E.	AT	MT	F
παραλλακτικότητας				
Ποικιλίες	7	5.49	0.78	3.13
Επαναλήψεις	2	0.01	0.00	0.02
Σφάλμα	14	3.52	0.25	
Σύνολο	23	9.02		

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας παρατηρείται ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των αγρωστωδών που μετείχαν στα μίγματα, όσον αφορά την περιεκτικότητα

σε πρωτεΐνη % της ξηράς ουσίας, για επίπεδο σημαντικότητας 5%. (Για BE 7 και 14 $F_{.05}=2.76$, $F_{.01}=4.28$, $F_{δεδ}=3,13 > F_{05}$).

Πίνακας 25 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 0.74)

	Τριτικάλε	Κριθάρι+	Κριθάρι +				
Τριτικάλε	+Βίκος	Μπιζέλι	Βίκος	Κριθάρι+	Κριθάρι +		
+Βίκος	μίγμα επί	μίγμα επί	μίγμα επί	Μπιζέλι	Βίκος	Κριθάρι	Τριτικάλε
χωριστές	της	της	της	χωριστές	χωριστές		
γραμμές	γραμμής	γραμμής	γραμμής	γραμμές	γραμμές		
	6.65	6.13	5.86	5.83	5.71	5.58	5.15

Από τους Πίνακες 24 και 25 γίνεται αντιληπτό ότι η συγκαλλιέργεια του τριτικάλε με τον βίκο και στα δυο συστήματα συγκαλλιέργειας έδωσε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, (% σε ξηρή ουσία), σε σύγκριση με το κριθάρι σε συγκαλλιέργεια με το μπιζέλι και τον βίκο και με την μονοκαλλιέργεια του κριθαριού και του τριτικάλε. Επίσης φαίνεται ότι το κριθάρι στη συγκαλλιέργεια με τον βίκο και το μπιζέλι και στα δυο συστήματα συγκαλλιέργειας έδωσε υψηλότερες τιμές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, (% σε ξηρή ουσία), σε σύγκριση με την μονοκαλλιέργεια του κριθαριού και του τριτικάλε. Αυτό σημαίνει ότι το τριτικάλε και το μπιζέλι ευνοήθηκαν, (όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη) από την συγκαλλιέργεια με τα ψυχανθή ανεξαρτήτως συστήματος συγκαλλιέργειας

Στον πίνακα. 26 αναγράφεται η ανάλυση παραλλακτικότητας για την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των ψυχανθών του πειράματος.

Πίνακας 26 Ανάλυση παραλλακτικότητας της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (%) σε ξηρό βάρος για τα ψυχανθή

Πηγή				
παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F
Ποικιλίες	7	5.82	0.83	0.44
Επαναλήψεις	2	1.03	0.52	0.27
Σφάλμα	14	26.36	1.88	
Σύνολο	23	33.21		

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας (πίνακας 26) παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ψυχανθών που μετείχαν στα μίγματα, όσον αφορά την περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη % της ξηράς ουσίας, για επίπεδο σημαντικότητας 5%. (Για ΒΕ 7 και 14 $F_{.05}=2.76$, $F_{.01}=4.28$, $F_{δεδ}=0.44 < F_{05}$). Αυτό σημαίνει ότι τα ψυχανθή δεν ευνοήθηκαν (όσον αφορά την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη), ούτε ζημιώθηκαν από την συγκαλλιέργεια με τα αγρωστώδη.

3.5.Περιεκτικότητα του καρπού σε Πρωτεΐνες με NIR

Στον παρακάτω πίνακα αμαγράφεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των καρπών των αγρωστωδών και ψυχανθών που μετρήθηκε με το NIR

Πίνακας 27 Περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνη στους καρπούς

Γενότυποι	Πρωτεΐνες Καρπού Σιτηρών Μ.Ο.	Πρωτεΐνες Καρπού Ψυχανθών Μ.Ο.
Τριτικάλε	9.31	-
Βίκος	-	31.71
Μπιζέλι	-	30.05
Κριθάρι	6.65	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	11.17	31.60
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	8.39	32.80
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	6.90	31.73
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	6.53	31.77
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	6.99	28.99
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	7.11	30.35

Συγκρίνουμε την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου του τριτικάλε για αν εξακριβωθεί εάν αυτή έχει επηρεαστεί από τις διαφορετικές επεμβάσεις.

Πίνακας 28 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο του Τριτικάλε

Πηγή παραγ	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
------------	------	----	----	---	------------------	------------------

Ποικιλίες	2	12.00	6.00	16.84	6.94	18
Επαναλήψεις	2	3.98	1.99	5.59	6.94	18
Σφάλμα	4	1.43	0.36			
Σύνολο	8	17.41				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας γίνεται φανερό ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα %, σε πρωτεΐνη του σπόρου του τριτικάλε για επίπεδο σημαντικότητας 5% . (Για ΒΕ 2 και 4 $F_{.05}=6,94$, $F_{.01}=18$, $F_{δεδ}=16,84 > F_{05}$ και $F_{δεδ}=16,84 > F_{01}$).

Πίνακας 29 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ= 1.35) Τριτικάλε

		Τριτικάλε + Βίκος
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Τριτικάλε	χωριστές γραμμές
11.17	9.31	8,39

(ΕΣΔ 1,35) Συμπεραίνεται ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντικά υψηλότερο ποσοστό πρωτεΐνης στον σπόρο του τριτικάλε όταν συγκαλλιεργήθηκε με τον βίκο σε μίγμα επί της γραμμής σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια του τριτικάλε και τη συγκαλλιέργεια με τον βίκο σε χωριστές γραμμές. Δηλαδή η συγκαλλιέργεια του τριτικάλε με τον βίκο σε μίγμα επί της γραμμής αύξησε την περιεκτικότητα του σε πρωτεΐνη. Και ο Neugschwandtner (2016) και ο Hof-Kautz (2008) παρατήρησαν αύξηση στην % περιεκτικότητα του σπόρου των σιτηρών που συγκαλλιεργούνταν με ψυχανθή.

Συγκρίνουμε την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου του κριθαριού στις διαφορετικές επεμβάσεις.

Πίνακας 30 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο του Κριθαριού

Πηγή παραγ	B.E.	AT	MT	F	F _{.05}	F _{.01}
Ποικιλίες	4	0.70	0.17	1.54	3.84	7.59
Επαναλήψεις	2	0.24	0.12	1.06	3.84	7.59
Σφάλμα	8	0.91	0.11			
Σύνολο	14	1.85				

Από την ανάλυση παραλλακτικότητας παρατηρείται ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότητα % σε πρωτεΐνη του σπόρου του κριθαριού για επίπεδο σημαντικότητας 5% . (Για BE 4 και 8 $F_{.05}=3.84$ $F_{.01}=7.59$ και $F_{δεδ}=1,54 < F_{05}$). Από την ανάλυση παραλλακτικότητας φαίνεται ότι οι διάφορες μορφές συγκαλλιέργειες δεν επηρέασαν την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου του κριθαριού.

Στον παρακάτω πίνακα ανάλυσης παραλλακτικότητας γίνεται έλεγχος της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη του σπόρου των ψυχανθών. Συμπεραίνεται ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου των ψυχανθών επηρεάστηκε από την συγκαλλιέργεια $F_{δεδ} > F_{05}$. Για BE 7 και 14 $F_{.05}(2.76)$ $F_{.01}(4.28)$. Το F_{05} είναι από τον πίνακα 2.76 άρα $F_{εδ}=3,65 > F_{05}$

Πίνακας 31 Ανάλυση παραλλακτικότητας για την πρωτεΐνη στον σπόρο των Ψυχανθών

Πηγή παραλλακτικότητας	B.E.	AT	MT	F
Ποικιλίες	7	34.60	4.94	3.65
Επαναλήψεις	2	0.53	0.26	0.20
Σφάλμα	14	18.95	1.35	
Σύνολο	23	54.08		

Πίνακας 32 Ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ 2.04)

Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	Κριθάρι+ Μπιζέλι μίγμα χωριστές γραμμής	Βίκος	Μπιζέλι	Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής
32.8	31.73	31.6	30.49667	30.46333	30.123	29.516	28.85

Από τον Πίνακα 32 γίνεται αντιληπτό ότι η συγκαλλιέργεια του βίκου με το Τριτικάλε και στα δύο συστήματα σποράς και του βίκου με το κριθάρι σε μίγμα επί της γραμμής έδωσαν υψηλότερες τιμές περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μίγματα. Γενικά σε όλες τις μεταχειρίσεις υπήρχε αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη εκτός της συγκαλλιέργειας του κριθαριού με το μπιζέλι σε μίγμα επί της ίδιας σειράς.

3.6. Δείκτες ανταγωνισμού και οικονομικού αποτελέσματος

Υπολογίστηκαν και αξιολογήθηκαν οι δείκτες ανταγωνισμού και οικονομικού αποτελέσματος. Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν ο λόγος ισοδύναμης επιφάνειας (LER), ο σχετικός συντελεστής συνωστισμού (K), ο Δείκτης επιθετικότητας (A), ο λόγος ανταγωνισμού (K), ο δείκτης πραγματικής απώλειας (CR), ο δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας (IA) και ο δείκτης οικονομικού πλεονεκτήματος (MAI).

3.6.1. Λόγου ισοδύναμης επιφάνειας (LER)

Πίνακας 33 Λόγος ισοδύναμης επιφάνειας (LER)

Γενότυπος	LER Σιτηρών	LER ψυχανθών	LER σύνολο
Τριτικάλε	1.00	-	1.00
Βίκος	-	1.00	1.00
Μπιζέλι		1.00	1.00
Κριθάρι	1.00	-	1.00
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	0.66	1.12	1.78
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	1.63	1.62	3.25
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	0.98	1.29	2.27
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	1.18	1.41	2.59
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	0.98	0.75	1.73
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	1.11	0.79	1.90

Από τον πίνακα 33 γίνεται αντιληπτό ότι ο συνολικός λόγος (LER) είναι πολύ μεγαλύτερος της μονάδος, γεγονός που υποδηλώνει ότι, τα δύο είδη αναπτύσσονται καλύτερα σε μίγματα από ότι σε μονοκαλλιέργεια (Πίνακας. 33). Ακόμη φαίνεται ότι ο δείκτης είναι μεγαλύτερος στις συγκαλλιέργειες που πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές γραμμές σε σύγκριση με τα μίγματα επί της ίδιας γραμμής (τριτικάλε + βίκος χωριστές γραμμές 3,25 έναντι 1,78, κριθάρι + βίκος χωριστές γραμμές 2.59 έναντι 2,27, κριθάρι + μπιζέλι χωριστές γραμμές 1,90 έναντι 1,73).

Ακόμη φαίνεται ότι ο συνολικός λόγος ισοδύναμης επιφάνειας του βίκου (LER) στα περισσότερα συστήματα συγκαλλιέργειας έχει υψηλότερες τιμές από τις τιμές LER των σιτηρών (τριτικάλε και κριθάρι). Ενώ, ο συνολικός λόγος ισοδύναμης επιφάνειας (LER) του μπιζελιού είναι μικρότερος της μονάδας και μικρότερος από τον αντίστοιχο δείκτη LER του κριθαριού.

3.6.2. Σχετικός συντελεστής συνωστισμού (K)

Πίνακας 34 Σχετικός συντελεστής συνωστισμού (K)

Γενότυπος	RCCσιτηρών	RCC ψυχανθών	RCC
Τριτικάλε	-	-	-
Βίκος	-	-	-
Μπιζέλι	-	-	-
Κριθάρι	-	-	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	3.57	3.71	13.26
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	-1.39	-4.86	6.77
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	23.69	-8.17	-193.60
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	-3.57	-6.37	22.71
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	23.69	5.65	133.76
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	-5.38	7.07	-38.10

Όταν το σύνολο $K_{\Sigma\psi}$ και $K_{\psi\Sigma}$ ($K=K_{\Sigma\psi} * K_{\psi\Sigma}$) τότε (Zarochentseva):

- εάν $K > 1$, υπάρχει πλεονέκτημα απόδοσης
- εάν $K = 1$, δεν υπάρχει πλεονέκτημα απόδοσης
- εάν $K < 1$, υπάρχει μειονέκτημα απόδοσης

Παρατηρούμε ότι ο σχετικός συντελεστής συνωστισμού είναι μικρότερος της μονάδας ($K < 1$) στο, κριθάρι + βίκος σε μίγμα επί της γραμμής (-193.60) και στο κριθάρι + μπιζέλι σε

εναλλασσόμενες γραμμές (-38.10). Σύμφωνα με την Zarochentseva (2012) η απόδοση των παραπάνω συγκαλλιεργούμενων ειδών μειονεκτεί σε σύγκριση με την απόδοση των αντίστοιχων μονοκαλλιεργείων τους. Αντίθετα ο σχετικός συντελεστής συνωστισμού είναι μεγαλύτερος της μονάδος ($K > 1$) στο κριθάρι + βίκος σε χωριστές γραμμές (22,71), στο κριθάρι + μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής (133,76), στο τριτικάλε + βίκος σε εναλλασσόμενες σειρές (6,77) και τριτικάλε + βίκος σε μίγμα επί της γραμμής (13,23). Αυτό υποδηλώνει ότι υπάρχει πλεονέκτημα στην απόδοση στις συγκεκριμένες περιπτώσεις μιγμάτων και στα συγκεκριμένα συστήματα συγκαλλιέργειας έναντι των μονοκαλλιεργείων τους.

Παρακάτω εξηγούνται οι συσχετίσεις των τιμών του συντελεστών συνωστισμού μεταξύ των συγκαλλιεργούμενων ειδών σύμφωνα με τον Zarochentseva.

Στην συγκαλλιέργεια τριτικάλε + βίκος έχουμε $+K_{\Sigma\psi}$ (3,57) και $-K_{\psi\Sigma}$ (3,71), το τριτικάλε παρουσιάζει ασθενή ανταγωνιστικότητα, ενώ ο βίκος παρουσιάζει ασθενέστερη ανταγωνιστικότητα κατά την αλληλεπίδραση στη συγκαλλιέργεια (Zarochentseva 2012). Στη συγκαλλιέργεια κριθάρι + βίκος σε μίγμα επί της γραμμής υπολογίστηκαν τιμές $+K_{\Sigma\psi}$ (23,69) και $-K_{\psi\Sigma}$ (-8,17). Στη συγκαλλιέργεια αυτή το κριθάρι παρουσιάζει ασθενή ανταγωνιστικότητα και το ψυχανθές αλληλοεπιδρά ισχυρώς ανταγωνιστικά (Zarochentseva 2012). Επίσης οι τιμές $-K_{\Sigma\psi}$ (-5,32) και $-K_{\psi\Sigma}$ (7,07) που υπολογίστηκαν στη συγκαλλιέργεια κριθάρι + μπιζέλι σε χωριστές γραμμές, υποδηλώνουν ότι το μπιζέλι παρουσιάζει ασθενή ανταγωνιστικότητα ενώ το κριθάρι είναι αυτό που αλληλοεπιδρά ισχυρώς ανταγωνιστικά (Zarochentseva 2012).

Όταν εμφανίζονται αρνητικές τιμές στον σχετικό συντελεστή συνωστισμού $-K_{\Sigma\psi}$ και $-K_{\psi\Sigma}$ τότε τα δύο είδη παρουσιάζουν ισχυρή ανταγωνιστικότητα. Στην περίπτωση όμως του μίγματος τριτικάλε + βίκος σε χωριστές γραμμές επειδή $K_{\Sigma\psi}$ (-1,39) > $K_{\psi\Sigma}$ (-4,86) το ψυχανθές είναι ισχυρότερος ανταγωνιστής σε σύγκριση με το σιτηρό. Ενώ στο μίγμα κριθάρι + μπιζέλι σε χωριστές γραμμές $K_{\psi\Sigma}$ (-5,38) > $K_{\Sigma\psi}$ (-7,07), το σιτηρό είναι ισχυρότερος ανταγωνιστής σε σύγκριση με το ψυχανθές (Zarochentseva 2012).

Ένας ακόμη δείκτης που εξετάζει την κυριαρχία ή την επιθετικότητα μεταξύ των δύο ειδών στα συστήματα συγκαλλιέργειας είναι οι δείκτες επιθετικότητας (A).

3.6.3. Δείκτες επιθετικότητας (A)

Πίνακας 35 Δείκτες επιθετικότητας (A)

Γενότυπος	A σιτηρού	A ψυχανθούς
Τριτικάλε	-	-

Βίκος	-	-
Μπιζέλι	-	-
Κριθάρι	-	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	-0.34	0.34
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	-0.48	0.48
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	-0.18	0.18
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	-0.27	0.27
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	-0.37	0.37
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	-0.44	0.44

Στην προκειμένη περίπτωση (πίνακας 35) οι δείκτες επιθετικότητας (A) στα ψυχανθή που συμμετέχουν στα μίγματα έχουν θετικές τιμές και στα αγρωστώδη έχουν αρνητικές τιμές, γεγονός που σημαίνει ότι υπάρχει κυριαρχία των ψυχανθών έναντι των αγρωστωδών κατά τη συγκαλλιέργεια μεταξύ τους.

3.6.4. Λόγος Ανταγωνισμού (CR)

Πίνακας 36 Λόγος Ανταγωνισμού (CR)

Γενότυποι	Λόγος ανταγωνισμού (CR)	
	CR σιτηρού	CR ψυχανθούς
Τριτικάλε	-	-
Βίκος	-	-
Μπιζέλι	-	-
Κριθάρι	-	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	0.41	2.47
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	0.54	1.84
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	0.41	2.46
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	0.45	2.23
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	0.70	1.43
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	0.76	1.32

Ένας άλλος δείκτης έκφρασης της ανταγωνιστικότητας κατά τη συγκαλλιέργεια μεταξύ διαφορετικών ειδών είναι και ο λόγος ανταγωνισμού (CR). Παρατηρώντας τις τιμές του δείκτη επιθετικότητας των συγκαλλιεργούμενων ειδών διαπιστώνεται ότι ο δείκτης των ψυχανθών (CR ψυχανθούς) έχει μεγαλύτερες τιμές από τις αντίστοιχες τιμές των σιτηρών (CR σιτηρού). Αυτό υποδηλώνει ότι τα ψυχανθή κυριαρχούν έναντι των σιτηρών (Πίνακας 36) (CR ψυχανθούς > CR σιτηρού). Από τον πίνακα 36 φαίνεται ότι ο βίκος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα σε σύγκριση με το μπιζέλι που έχει τις μικρότερες τιμές.

3.6.5. Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL)

$$AYL \text{ Σύνολο} = AYL_{\Sigma} + AYL_{\Psi}$$

Πίνακας 37 Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL)

Γενότυπος	Δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL)		
	AYL _Σ	AYL _Ψ	AYL _{Σύνολο}
Τριτικάλε	-	-	-
Βίκος	-	-	-
Μπιζέλι	-	-	-
Κριθάρι	-	-	-
Τριτικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	0.88	0.34	1.22
Τριτικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	3.66	1.49	5.15
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	1.79	0.99	2.78
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	2.37	1.17	3.54
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	1.79	0.16	1.95
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	2.17	0.22	2.39

Στον παραπάνω πίνακα υπολογίστηκε ο δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης AYL. Το γεγονός ότι όλες οι τιμές του δείκτη AYL (σύνολο) είναι θετικές, δείχνει αύξηση της απόδοσης των συγκαλλιεργούμενων ειδών έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών τους. Η αύξηση της απόδοσης στα μίγματα συγκαλλιέργειας κυμαίνεται από 122% μέχρι 515%, η οποία πιθανόν και να οφείλεται στην θετική επίδραση που ασκούν τα ψυχανθή στα σιτηρά (Banik, 1996). Όλες οι τιμές του δείκτη της πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL) των σιτηρών είναι υψηλότερες από ότι οι αντίστοιχες τιμές των ψυχανθών (AYL σιτηρού > AYL ψυχανθούς) στα συγκαλλιεργούμενα

είδη, γεγονός που δείχνει και πάλι την κυριαρχία των ψυχανθών στη συγκαλλιέργεια με τα σιτηρά (Banik, 1996, Pankou, et al. 2020).

Η ποσοτικοποίηση της μείωσης ή αύξησης της απόδοσης μιας καλλιέργειας δεν θα μπορούσε να υπολογιστεί με τον δείκτη LER, αλλά με τον δείκτη της πραγματικής απώλειας απόδοσης AYL. Έτσι από τις τιμές AYL ψυχανθούς στη συγκαλλιέργεια κριθάρι + μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής και κριθάρι + μπιζέλι σε χωριστές γραμμές (τιμές 0.16 και 0,22 αντίστοιχα), γίνεται φανερό ότι υπήρξε αύξηση της απόδοσης κατά 16% και 22% των καλλιεργούμενων ειδών σε συγκαλλιέργεια σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες (Banik, 1996, Pankou et al. 2020). Επειδή όλες οι τιμές AYL (στο σύνολο) είναι θετικές γίνεται αντιληπτό ότι δεν υπάρχουν απώλειες απόδοσης από τη συγκαλλιέργεια, (Banik, 1996, Pankou et al., 2020).

3.6.6. Δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας (IA)

Στο Πίνακα. 38 φαίνεται ότι οι τιμές του δείκτη πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας (IA) είναι θετικές, πράγμα που δηλώνει ότι η συγκαλλιέργεια πλεονεκτεί οικονομικά έναντι της μονοκαλλιέργειας. Την μεγαλύτερη οικονομική απόδοση έναντι της μονοκαλλιέργειας παρουσιάζει η συγκαλλιέργεια του τριπικάλε με τον βίκο σε εναλλασσόμενες γραμμές (τιμή IA 330,55 ευρώ ανά τόνο), ενώ την χαμηλότερη οικονομική απόδοση έναντι της αντίστοιχης μονοκαλλιέργειας παρουσιάζει η συγκαλλιέργεια του κριθαριού με το κτηνοτροφικό μπιζέλι σε μίγμα επί της ίδιας γραμμής (τιμή IA 120,76 ευρώ ανά τόνο).

Πίνακας 38 Δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας (IA)

Γενότυπος	IA_{Σ}	IA_{Ψ}	$IA = IA_{\Sigma} + IA_{\Psi}$
Τριπικάλε	-	-	-
Βίκος	-	-	-
Μπιζέλι	-	-	-
Κριθάρι	-	-	-
Τριπικάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	53.66	24.74	78.40
Τριπικάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	223.36	107.19	330.55
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	109.41	71.35	180.76
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	144.27	84.38	228.65

Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	109.41	11.35	120.76
Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές	132.65	15.74	148.39

$$IA_{\Sigma} = AYL_{\Sigma} \cdot P_{\Sigma}$$

$$IA_{\Psi} = AYL_{\Psi} \cdot P_{\Psi}$$

$$IA = IA_{\Sigma} + IA_{\Psi}$$

Όπου η τιμή ανά Kg ή tPΣ =61 €/τόνο οι τιμές για το 2023 για ενσιρωμένα σιτηρά
P_ψ=72 €/τόνο οι τιμές για ενσιρωμένα ψυχανθή.

3.6.7. Δείκτης Οικονομικού Πλεονεκτήματος (Monetary Advantage Index, MAI)

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του Δείκτη Οικονομικού Πλεονεκτήματος (Monetary Advantage Index, MAI) για τις συγκαλλιέργειες του πειράματος, όπου όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τόσο πιο επικερδές είναι το συγκεκριμένο σύστημα καλλιέργειας (Dhima et al., 2007). Συγκεκριμένα οι υψηλότερες αποδόσεις σημειώθηκαν στη συγκαλλιέργεια τριτοκάλε + βίκο σε χωριστές γραμμές (63,47 ευρώ/ στρέμμα) και κριθάρι + βίκο σε χωριστές γραμμές (43,05ευρώ/ στρέμμα) (Πίνακας. 39). Ακόμη παρατηρείται ότι η συγκαλλιέργεια σε χωριστές γραμμές ήταν πιο κερδοφόρα έναντι της συγκαλλιέργειας στην ίδια γραμμή.

Πίνακας 39 Δείκτης Οικονομικού Πλεονεκτήματος (Monetary Advantage Index, MAI)

Γενότυπος	MAI
Τριτοκάλε	-
Βίκος	-
Μπιζέλι	-
Κριθάρι	-
Τριτοκάλε + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	14.76
Τριτοκάλε + Βίκος χωριστές γραμμές	63.47
Κριθάρι + Βίκος μίγμα επί της γραμμής	43.05
Κριθάρι + Βίκος χωριστές γραμμές	54.58
Κριθάρι + Μπιζέλι μίγμα επί της γραμμής	26.46

Κριθάρι + Μπιζέλι χωριστές γραμμές

33.08

MAI = αξία της συγκαλλιέργειας × (LER – 1)/LER (15)

Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία, αξιολογήθηκε η επίδραση των διαφορετικών συστημάτων συγκαλλιέργειας κτηνοτροφικών ψυχανθών με χειμερινά σιτηρά στην απόδοση και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στη βιομάζα και στον καρπό, υπό τις ειδικές εδαφοκλιματολογικές συνθήκες της Φλώρινας. Προς τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι δείκτες ανταγωνισμού, (λόγος ισοδύναμης επιφάνειας LER, σχετικός συντελεστής συνωστισμού K, δείκτης επιθετικότητας A, λόγος ανταγωνισμού CR, δείκτης πραγματικής απώλειας απόδοσης AYL, δείκτης πλεονεκτήματος συγκαλλιέργειας IA και δείκτης οικονομικού πλεονεκτήματος MAI). Στα περισσότερα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά το ύψος καλαμώματος διαφορές παρατηρήθηκαν στην καλλιέργεια του κριθαριού και συγκεκριμένα το κριθάρι εμφάνισε το μικρότερο ύψος όταν συγκαλλιεργήθηκε με το μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής, ενώ το ύψος του τριτικάλε δεν επηρεάστηκε από τις επεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν. Στα ψυχανθή που καλλιεργήθηκαν παρατηρήθηκε μείωση του ύψους των ειδών που μετείχαν στα μίγματα συγκαλλιέργειας. Τα ίδιο παρατηρήθηκε και στο τελικό ύψος (τα δεδομένα αυτά δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτήν την μελέτη). Οι Šarunaite et al. (2022) βρήκαν ότι, στη συγκαλλιέργεια το ύψος της βρώμης δεν επηρεάστηκε, ενώ το ύψος των ψυχανθών επηρεάστηκε από τις διαφορετικές επεμβάσεις συγκαλλιέργειας. Και οι Pellicanò et al. (2015) παρατήρησαν ότι η απόδοση και το ύψος των ψυχανθών επηρεάστηκαν από τη συγκαλλιέργεια ψυχανθών και σιτηρών. Οι Lithourgidis et al. (2011) βρήκαν ότι το ύψος των φυτών μειώθηκε στη συγκαλλιέργεια της βρώμης με τον βίκο. Η μείωση του ύψους που παρατηρήθηκε στα ψυχανθή μπορεί να οφείλεται στον ανταγωνισμό που προκαλείται από τη συγκαλλιέργεια.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η απόδοση σε καρπό επηρεάστηκε σε σημαντικό βαθμό από τη συγκαλλιέργεια. Στα σιτηρά η επίδραση αυτή αναλόγως του συστήματος της συγκαλλιέργειας ήταν μεγαλύτερη. Έτσι σημειώθηκε υψηλότερη απόδοση σε σπόρο όταν καλλιεργήθηκαν τα διαφορετικά είδη στην ίδια σειρά, και συγκεκριμένα η αύξηση αυτή στην απόδοση σε σπόρο του κριθαριού ανήλθε έως και το 176 %. Ομοίως για τα ψυχανθή παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης σε σπόρο κατά την συγκαλλιέργεια σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια, με μέγιστη την αύξηση στην απόδοση του βίκου κατά 179%. Ομοίως και οι Šarunaite et al. (2022) και Dvořák et al. (2022) κατέγραψαν μικρότερη απόδοση στις μονοκαλλιέργειες σε σύγκριση με τις συγκαλλιέργειες. Ενώ οι Pankou et al. (2022), οι Dusa και Stan (2013) και ο Baník (2006) ανέφεραν μικρότερες αποδόσεις των σιτηρών κατά την συγκαλλιέργεια.

Η απόδοση σε ξηρή και χλωρή βιομάζα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στις συγκαλλιέργειες έναντι των μονοκαλλιεργειών τους. Κυμάνθηκε από 640 kg/στρέμμα για τη χλωρή βιομάζα του κριθαριού έως και 3119 kg/στρέμμα για το μίγμα τριτικάλε + βίκος σε εναλλασσόμενες γραμμές. Οι Karpenstein-Machan και Stülpnagel (2000) παρατήρησαν και αυτή αύξηση της παραγόμενης ποσότητας βιομάζας κατά τη συγκαλλιέργεια καλαμποκιού με ψυχανθή. Ακόμη και οι Cheriege et al. (2020) και οι Addo-Quaye et al. (2011) παρατήρησαν αύξηση της βιομάζας στις συγκαλλιέργειες που μελέτησαν έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών.

Ως προς την επί τοις εκατό περιεκτικότητα της χλωρής και ξηρής βιομάζας σε πρωτεΐνη παρατηρήθηκε αύξηση στις συγκαλλιέργειες έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιεργειών. Στη χλωρή βιομάζα παρατηρήθηκε ότι τα μίγματα κριθάρι + βίκος σε μικτή σπορά επί της γραμής και κριθάρι + μπιζέλι σε διαφορετικές γραμμές υπερείχαν στατιστικώς σημαντικά, ως προς την περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη, από τα υπόλοιπα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν. Ενώ τα μίγματα τριτικάλε + βίκος και στα δύο συστήματα συγκαλλιέργειας και κριθάρι + βίκος σε χωριστές γραμμές έχουν σημαντική υπεροχή σε σύγκριση με το μίγμα κριθάρι + μπιζέλι σε μικτή σπορά. Στη ξηρή βιομάζα βλέπουμε ότι οι συγκαλλιέργειες έχουν παρόμοια επί τοις εκατό περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, που κυμάνθηκε από 9,57% έως 10,56%. Παρόμοια αποτελέσματα είχαν και οι Ghanbari et al. (2000) και οι Amrei et al. (2010), οι οποίοι παρατήρησαν ότι υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των συγκαλλιεργειών και των μονοκαλλιεργειών ως προς την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Όσον αφορά την (%) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη του σπόρου υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ της συγκαλλιέργειας του τριτικάλε με βίκο στην ίδια γραμμή, έναντι του τριτικάλε σε μονοκαλλιέργεια και της συγκαλλιέργειας με βίκο σε διαφορετικές γραμμές. Αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη κατά τη συγκαλλιέργεια ψυχανθών και σιτηρών έχουν παρατηρήσει και οι Neugschwandtner et al. (2016) και Hof και Kautz (2008). Ενώ η (%) περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στον σπόρο του κριθαριού και των ψυχανθών δεν επηρεάστηκε από τη συγκαλλιέργεια και το σύστημα που εφαρμόστηκε.

Εξετάζοντας τους δείκτες αποδοτικότητας και συγκεκριμένα τον λόγο ισοδύναμης επιφάνειας (LER) διαπιστώνεται ότι οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 1,78-3,25, που σημαίνει ότι τα είδη που συγκαλλιεργούνται, αναπτύσσονται καλύτερα, από ότι στη μονοκαλλιέργεια. Επί πλέον οι τιμές του λόγου ισοδύναμης επιφάνειας (LER) του βίκου είναι μεγαλύτερες της μονάδας, ενώ οι αντίστοιχες (LER) του μπιζελιού είναι μικρότερες της μονάδας.

Ο συνολικός συντελεστής συνωστισμού (K ή RCC) σε όλα τα μίγματα εκτός από τα μίγματα των συγκαλλιέργειών κριθάρι + βίκος και κριθάρι + μπιζέλι σε χωριστές γραμμές, έχει τιμή υψηλότερο της μονάδας, που σημαίνει ότι οι συγκαλλιέργειες πλεονεκτούν έναντι τις μονοκαλλιέργειες τους. Ο δείκτης επιθετικότητας (A) για τα σιτηρά έχει αρνητικές τιμές, ενώ όλα τα ψυχανθή έχουν θετικές τιμές, που σημαίνει ότι τα ψυχανθή κυριαρχούν κατά τη συγκαλλιέργεια τους με τα σιτηρά. Ένας ακόμη δείκτης μέτρησης είναι και ο δείκτης ανταγωνισμού (CR). Από τις υπολογισμένες τιμές διαπιστώνεται ότι οι τιμές των ψυχανθών είναι υψηλότερες από αυτές των αγρωστωδών που σημαίνει ότι, τα ψυχανθή είναι πιο ανταγωνιστικά από τα αγρωστώδη κατά τη συγκαλλιέργεια τους.

Από τους υπολογισμούς του δείκτη πραγματικής απώλειας απόδοσης (AYL) παρατηρήθηκε ότι, τα είδη των συγκαλλιεργούμενων ειδών έχουν υψηλότερες αποδόσεις από τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες. Όλες οι τιμές του δείκτη πλεονεκτήματος συγκαλλέργειας (IA) είναι θετικές, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι συγκαλλιέργειες πλεονεκτούν έναντι των μονοκαλλιέργειών τους. Παρόμοια τάση παρατηρείται και στον άλλο οικονομικό δείκτη (MAI) που εξετάστηκε, όπου σε όλες οι συγκαλλιέργειες ο δείκτης αυτός είχε θετικές τιμές, που σημαίνει ότι οι συγκαλλιέργειες είναι πιο κερδοφόρες έναντι των αντίστοιχων μονοκαλλιέργειών τους. Ακόμη διαπιστώνεται ότι οι συγκαλλιέργειες σε διαφορετικές γραμμές ήταν πιο κερδοφόρες σε σύγκριση με τις συγκαλλιέργειες επί της ίδιας γραμμής.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, γενικά όλες οι συγκαλλιέργειες είχαν καλύτερες αποδόσεις από τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειες και επίσης οι συγκαλλιέργειες σε ξεχωριστή γραμμή είχαν υψηλότερες αποδόσεις συγκρινόμενες με τις συγκαλλιέργειες που αναπτύχθηκαν στην ίδια σειρά.

Το ύψος καλαμώματος των φυτών στις μονοκαλλιέργειες ήταν μεγαλύτερο από τις συγκαλλιέργειες του πειράματος.

Οι συγκαλλιέργειες έχουν μεγαλύτερη απόδοση σε βιομάζα σε σχέση με τις αντίστοιχες μονοκαλλιέργειές τους. Τα μίγματα τριτικάλε + βίκος (σε διαφορετικές γραμμές) και κριθάρι+ βίκος (σε χωριστές γραμμές) είναι τα πιο παραγωγικά μίγματα και ακολουθούν τα μίγματα κριθαριού με βίκο (και στα δύο συστήματα συγκαλλιέργειας).

Η συγκαλλιέργεια του κριθαριού με το μπιζέλι σε μίγμα επί της γραμμής βρέθηκε να έχει την υψηλότερη απόδοση σε καρπό σε σύγκριση με τα άλλα μίγματα και τις άλλες μονοκαλλιέργειες.

Όσον αφορά την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην ξηρή ουσία, υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν. Αλλά όσον αφορά την % περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη των καλλιεργειών του ίδιου είδους διαπιστώνεται ότι, τα ψυχανθή δεν παρουσιάζουν καμία μεταβολή στην % περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνη στην ξηρή ουσία, ενώ οι διαφορές αυτές για τα αγρωστώδη είναι στατιστικώς σημαντικές.

Στη συγκαλλιέργεια τριτικάλε με βίκο σε μίγμα επί της γραμμής παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά ως προς την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στο σπόρο σε σύγκριση με τη μονοκαλλιέργεια του τριτικάλε και τη συγκαλλιέργεια του τριτικάλε με το βίκο σε χωριστές γραμμές. Στα άλλα συστήματα συγκαλλιέργειας δεν παρατηρήθηκε διαφορά.

Ακόμη από τους δείκτες επιθετικότητας (A) και τον δείκτη ανταγωνισμού (CR) διαπιστώνεται ότι τα ψυχανθή είναι πιο ανταγωνιστικά από τα αγρωστώδη κατά τη συγκαλλιέργεια τους.

Η συγκαλλιέργεια του τριτικάλε και βίκου σε διαφορετικές γραμμές ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα μίγματα λόγω των υψηλότερων αποδόσεων του σε νωπό βάρος, ξηρή ουσία και στην εκατοστιαία περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στη ξηρή ουσία και στο νωπό βάρος. Ακόμη αυτός ο συνδυασμός τριτικάλε και βίκου σε χωριστές γραμμές, είχε την υψηλότερη τιμή στους δείκτες ανταγωνισμού και συγκεκριμένα στον λόγο ισοδύναμης επιφάνειας (LER) που σημαίνει ότι είχε την καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Στους οικονομικούς δείκτες (στα οικονομικά πλεονεκτήματα (MAI) και στα πλεονεκτήματα συγκαλλιέργειας IA) επίσης ο συνδυασμός

τριτικάλε και βίκου σε χωριστές γραμμές είχε την καλύτερη απόδοση που σημαίνει ότι παρουσιάζει την μεγαλύτερη κερδοφορία ανάμεσα στα εξεταζόμενα μίγματα συγκαλλιέργειας.

Μία πρώτη εκτίμηση αυτών των αποτελεσμάτων μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα διάφορα συστήματα συγκαλλιέργειας που εφαρμόστηκαν παρουσιάζουν υψηλότερες αποδόσεις σε βιομάζα.

Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να αναπτυχθούν ποικιλίες που να αποδίδουν καλύτερα κατά την συγκαλλιέργεια και να μπορούν να συνδυαστούν καλύτερα, έτσι ώστε να συμπίπτει ο χρόνος σποράς και συγκομιδής. Δεν υπάρχουν εταιρίες σποροπαραγωγής που να έχουν ασχοληθεί και να έχουν αναπτύξει ποικιλίες με κατάλληλα χαρακτηριστικά για να χρησιμοποιηθούν για συγκαλλιέργεια. Επιπλέον θα πρέπει να αναπτυχθούν μύλοι και μηχανήματα που να μπορούν να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να διαχωρίζουν τα προϊόντα συγκαλλιέργειών, με διαφορετικές αναλογίες και διαφορετικές ποικιλίες. Περαιτέρω έρευνα χρήζει και η σύγκριση της έντασης της προσβολής των συγκαλλιέργειών από τα συνήθη παθογόνα έναντι της αντίστοιχης μονοκαλλιέργειας τους. Μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί και στην ενημέρωση των παραγωγών για τα οφέλη και τις αποδόσεις που μπορεί να προσφέρει η συγκαλλιέργεια.

Ωστόσο αποδείχθηκε ότι η συγκαλλιέργεια μπορεί να μειώσει τις εισροές προσφέροντας υψηλής ποιότητας βιομάζα και καρπό. Μπορούν να παραχθούν σιτηρά με περιεκτικότητα πρωτεΐνης υψηλότερη του 11% χρησιμοποιώντας λιγότερες εισροές, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αρτοποιασκευαστική βιομηχανία και να μην καταλήξουν για ζωοτροφές.

Βιβλιογραφία

Aggarwal K., Sinha S., 1987. Performance of wheat and triticale varieties in a variable soil-water environment. IV. Yield components and their association with grain yield. *Field Crops Res.*, 17 (1987), pp. 45-53 Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378429087900815>

Addo-Quaye A., Darkwa A., Ocloo G., 2011. Growth analysis of component crops in a maize-soybean intercropping system as affected by time of planting and palatial arrangement. *Journal of Agricultural and Biological Sciences* 6(6) pp.34-44

Amraei S., Jafari A., Nouri F., Gorje A., Shabani G., 2010. The effect of intercropping and pure cropping of alfalfa with 3 rangeland grass species on forage dry matter and crude protein yield in dry land farming condition. *Inter. Jour. Agri. And Crop Sci.*, 4: pp. 1307-1310. Πρόσβαση από: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123393216>

Annicchiarico, P., Collins R. De Ron A., Firmat, C., Litrico I., Hauggaard-Nielsen H., 2019. Do We Need Specific Breeding for Legume-Based Mixtures? In *Advances in Agronomy*; Elsevier: Amsterdam, The Netherland; Volume 157, pp. 141–215. Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211319300513>

Banik, P., Samsal T., Ghosal P. and Bagchi D., 2000. Evaluation of mustard (*Brassica Compestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 1:2 row replacement series system. *J. Agron. Crop Sci.* 185: 9-14

Banik, P., 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 Row-replacement series system. *J. Agron. Crop Sci.*, 176, 289–294. Πρόσβαση από: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00473.x><https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1439-037X.2000.00388.x>

Banik P., Midya A., Sarkar B., Ghose S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment. Advantages and weed smothering, *European Journal of Agronomy* vol 24, pp. 325-332 Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030106000049>

Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*T. aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series system. *J. Agron. Crop Sci.* 176:289-294

Böhm, H., 2009. Körnerleguminosen – Stand des Wissens sowie zukünftiger Forschungsbedarf aus Sicht des Ökologischen Landbaus. *Journal für Kulturpflanzen, Themenheft Leguminosen*, Jg. 61, Nr. 9, pp. 324–333 Πρόσβαση από: https://orprints.org/id/eprint/16520/1/boehm_MTE0NzMwNg.PDF

Bulson, H., Snaydon R., Stopes C., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 128: pp.59-71 Πρόσβαση από: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/effects-of-plant-density-on-intercropped-wheat-and-field-beans-in-an-organic-farming-system/3F08AA0FECFDE83EC3920446DAB64D25>

Carlsson G., Bedoussac L., Cupina B., Djordjevic V., Gaudio N., Jensen E., Jeuffroy, M., Journet, E., Justes E., Mikic, A. 2017. Does a Mixture of Pea Varieties with Different Leaf Morphology Improve Crop Performance? In *Proceedings of the International Conference on Advances in Grain Legume Cultivation and Use*, Novi Sad, Serbia. LEGATO/EUROLEGUME International Conference. Πρόσβαση από:

https://www.researchgate.net/publication/322640665_Does_a_mixture_of_pea_varieties_with_different_leaf_morphology_improve_crop_performance

Carr, P., Horsley R., Poland W., 2004. Barley, oat, and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. *Agron. J.*, 96, pp. 677–684 Πρόσβαση από: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2004.0677>

Chalk P., Smith C., Hamilton S., Hopmans P., 1993. Characterization of the N benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ ¹⁵N isotope dilution technique. *Biol. Fertil. Soils* 15, pp.39–44.

Chai Q., Nemecek T., Liang C., 2021. Integrated farming with intercropping increases food production while reducing environmental footprint. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(38). Πρόσβαση από: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2106382118>

Chen C., Westcott M., Neill K., Wichman D., Knox M., 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. *Agronomy J.* 96: pp.1730-1738 Πρόσβαση από: https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2004_1730

Cheriere T., Lorin M., Corre-Hellou G., 2020. Species choice and spatial arrangement in soybean-based intercropping: Levers that drive yield and weed control *Field Crop Research* 256. *Field Crop. Res.*, 256 (2020), Article 107923. Πρόσβαση από: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107923>

Chunjie L., 2020. Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants*. Πρόσβαση από: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/528042>

Dhima K., Lithourgidis A., Vasilakogloul D., Dordas C., 2007, Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crop Research* vol 100, pp 250, 251, 254

Dordas C. and Lithourgidis A., 2018. Συγκαλλιέργεια σιτηρών με ψυχανθή: πλεονεκτήματα και προοπτικές. <https://ikee.lib.auth.gr/record/335731/?ln=el>

Dordas C., Vlachostergios D., Lithourgidis A., 2012. Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops, *Crop and Pasture Science* 63, pp 45 - 52.

Duşa E., Stan V., 2013. The effect of intercropping on crop productivity and yield quality of oat (*Avena sativa* L.) / grain leguminous species (pea – *Pisum sativum* L., lentil – *Lens culinaris* L.) cultivated in pure stand and mixtures, in the organic agriculture system. *European Scientific Journal* 9, No.21 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431 pp.69-78.

Dvořák P., Capouchová I., Král M., Konvalina P., Janovská D., Satranský M., 2022. Grain yield and quality of wheat in wheat-legumes intercropping under organic and conventional growing systems. *Plant Soil Environ.*, 2022, 68(12): pp. 553-559. Πρόσβαση από: [Plant, Soil and Environment: Grain yield and quality of wheat in wheat-legumes intercropping under organic and conventional growing systems \(agriculturejournals.cz\)](https://www.agriculturejournals.cz/publications/Plant_Soil_and_Environment:_Grain_yield_and_quality_of_wheat_in_wheat-legumes_intercropping_under_organic_and_conventional_growing_systems)

Fateh M., Farès M., 2020. Barriers and Levers to Developing Wheat–Pea Intercropping in Europe: A Review. *Sustainability*, 12 (17), pp.69 62. ff10.3390/su12176962ff. Πρόσβαση από: <https://hal.science/hal-02936220/document>

FIBL. 2017. Erfolgreicher Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur mit Getreide. Πρόσβαση από: <https://orgprints.org/id/eprint/32816/1/1670-koernerleguminosen-mischkulturen.pdf>

Fischl M., Surböck A., Dierauer H., Grausgruber-Gröger S., Moyses A.. 2020. Anbau von Körnerleguminosen in Mischkultur im Trockengebiet. FIBL. Πρόσβαση από: https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2020/bionet_mischkulturen_2020.pdf

Freyer B., Pietsch G., Hrbek R., Winter S., 2005. Futter- und Körnerleguminosen im Biologischen Landbau. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.

Erisman J., 2000. De vliegendegeest. Ammoniak uit de landbouw en de gevolgen voor de natuur. Bergen, The Netherlands: BetaText. pp.271 Πρόσβαση από: <https://www.britannica.com/biography/Martinus-W-Beijerinck>

Galanopoulou K., Lithourgidis A., Dordas C., 2019. Intercropping of Faba Bean with Barley at Various Spatial Arrangements Affects Dry Matter and N Yield, Nitrogen Nutrition Index, and Interspecific Competition / Not Bot Horti Agrobo, 47(4) pp.1116-1127.

Galloway J., Leach A., Bleeker A, Erisman J., 2013. A chronology of human understanding of the nitrogen cycle. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2013 Jul 5; 368(1621): 20130120. Πρόσβαση από: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3682740/#RSTB20130120C20>

Geren H., Avcioglu R., Soya H., Kir B., 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *Afr. J. Biotechnol.* 7, pp. 4100–4104. Πρόσβαση από: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59525>

Ghanbari B., 2000. Intercropping field bean (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum* L.) as a low – input forage. PhD thesis. Wye College, University of London, UK. Πρόσβαση από: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1103730>

Gharineh M., Moosavi S., 2010. Effects of Intercropping (Canola-Faba Bean) on Density and Diversity of Weeds. *Notulae Sci. Biol.*, v. 2, n. 1, pp. 109-112, 2010

Gisi U., R. Schenker, R. Schulin, Stadelmann F. und Sticher H., 1997. *Bodenökologie*. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3-6

N. Goldstein, R. Reifen. 2022. The potential of legume-derived proteins in the food industry. *Grain and Oil Science and Technology*, 5(4), pp.167– 178 Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590259822000218>

Gronle A, Böhm H., 2012. Does a pea-cereal intercropping under shallow ploughing compensate for the higher weed growth compared to deep ploughing in organic farming? *Julius Kühn-Archiv*; 434 (1); pp. 243–249. doi: Πρόσβαση από: <https://doi.org/10.5073 /jka.2012.434.030>.

Gronle, A., Böhm, H., 2013. Blattlaus- und Erbsenwicklerbefall in Wintererbsen-Reinsaaten: Ein Vergleich zu Sommererbsen-Reinsaaten und WintererbsenMischsaaten. In: D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler D. Neuhoff, C. Stumm., 2013. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn Verlag Dr. Köster, Berlin. Πρόσβαση από: https://orgprints.org/id/eprint/21332/1/21332_Gronle.pdf

Giunta F., Motzo R., Deidda M., 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*. Volume 33, Issue 4, June 1993, Pages 399-409 Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037842909390161F>

Hall, R.L., 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species 1. Concepts and extension of the de Wit analysis to examine effects. *Australian J. Agric. Res.*, 25: pp. 739-747

Hardarson, G., 1993. Methods for enhancing symbiotic nitrogen fixation. *Plant and Soil* 152, pp. 1-17
Πρόσβαση από: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00016329.pdf>

Hartinger E., 2019. Bio-Gemengeanbau. Praxisversuch. Versuchsbericht auf www.lko.at Πρόσβαση από:
<http://www.versuchsreferat.com/wp-content/uploads/2021/04/06-Bio-Wintererbsen-Wintergetreide-Gemengeversuch-FS-Grottenhof-2018-19-und-2019-20.pdf>

Hauser S., 1987. Schätzung der symbiontisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation, Universität Göttingen.

Haussgard-Nielse, H., B. Jornsgaard, J. Kiname, E.S. Jensen, 2008. Grain legume-cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23(1), pp. 3-12. Πρόσβαση από:

<https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/grain-legumecereal-intercropping-the-practical-application-of-diversity-competition-and-facilitation-in-arable-and-organic-cropping-systems/5FCC50D9889C9D42FF2507367AA0971D#access-block>

Herridge D., Peoples M., Boddey R., 2008. Global inputs of biological N₂ fixation in agricultural systems. *Plant Soil* 311: pp.1–18. Πρόσβαση από: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9668-3>

Hof-Kautz, C., 2008. Ursachen höherer Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) im Gemenge mit Winterackerbohne (*Vicia faba* L.) oder Wintererbse (*Pisum sativum* L.). Dissertation, Universität Göttingen. Πρόσβαση από: http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2009/hof_kautz/hof_kautz.pdf

Hof-Kautz C. und Rauber R., 2003. Anbau von Gemengen im ökologischen Landbau. Herausgeber und Copyright: Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), ISBN 3-00-011733-4. Πρόσβαση από: https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/e6ad3e80f8b8d4a4240335b3624e0baa.pdf/Brosch%C3%BCre_Gem_neu4.pdf

Hof-Kautz C., Schmidtke K., Rauber R., 2006. Qualitätsverbesserung von Winterweizen im Gemenge mit Winterackerbohne oder Wintererbse. Πρόσβαση από: https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/0266cc1678bc95397053aa5b40bb5439.pdf/Beraterrundbrief03OE_050_neu01.04.2008.pdf

Li C., Hoffland E., Kuyper T., 2020. Syndromes of production in intercropping impact yield gains. *Nature Plants* 6(6). Πρόσβαση από: https://www.researchgate.net/publication/341807290_Syndromes_of_production_in_intercropping_impact_yield_gains

Hungria M, Vargas M., 2000. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with emphasis on Brazil. *Field Crops Research* Volume 65, Issues 2–3, March 2000, pp. 151-164
Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429099000842>

C P Huss, K D Holmes, C K Blubaugh. 2022. Benefits and Risks of Intercropping for Crop Resilience and Pest Management. *Journal of Economic Entomology*, Volume 115, Issue 5, October 2022, pp. 1350–1362 Πρόσβαση από: <https://academic.oup.com/jee/article/115/5/1350/6572575>

Jensen E., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H., 2020. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*. Πρόσβαση από: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-0607-x>

Jensen S., Ambus P., Bellostas N., Boisen S., Brisson N., Corre-Hellou G., Crozat Y., Dahlmann C., Dibet A., von Fragstein P., Gooding M., Hauggaard-Nielsen H., Kasyanova E., Aurelio M., Aurelio P., 2006. Intercropping of cereals and grain legumes for increased production, weed control, improved product quality and prevention of N losses in European organic farming systems. Vortrag at: Joint Organic Congress, Odense, Denmark, May 30-31, 2006. Πρόσβαση από: <https://orgprints.org/id/eprint/7659/>

Karpenstein-Machan M. & Stuelpnagel R., 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. *Plant and Soil* volume 218, pp. 215–232. Πρόσβαση από: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014932004926>

Kallida J., Shaimi N., Loubani N. 2021. Biomass production of different annual cereal-legume intercrops under Moroccan conditions. *Zaragoza : CIHEAM Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens* n. 125. Πρόσβαση από: <https://om.ciheam.org/om/pdf/a125/00008059.pdf>

Kolbe, H., Köhler, B., 2008. BEFU – Teil ökologischer Landbau. Schriftenreihe des Landeamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nr. 36. Dresden, Sächsisches Landesamt für Umwelt Πρόσβαση από: https://orgprints.org/id/eprint/15101/1/BEFU_Teil_Oekologischer_Landbau08.pdf

Kumar Rao J., Dart P., 1987. Nodulation, nitrogen fixation and nitrogen uptake in pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) of different maturity groups. *Plant Soil* 99 pp.255–266. Πρόσβαση από: <https://doi.org/10.1007/BF02370872>

Kyei-Boahen, S., Slinkard, A., and Walley, F., 2001. Rhizobial survival and nodulation of chickpea as influenced by fungicide seed treatment.

Lithourgidis, A. and C. Dordas., 2010. Forage yield, growth rate, and nitrogen uptake of faba bean intercrops with wheat, barley, and rye in three seeding ratios, *CropScience* vol 50, pp 1–11.

Lithourgidis, A., Dhima, K., Vasilakoglou, I., Dordas, C., Yiakoulaki, M., 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agron. Sustain. Dev.* 27, pp. 95–99. Πρόσβαση από: <https://link.springer.com/article/10.1051/agro:2006033>

Lithourgidis A., Vasilakoglou I., Dhima K., Dordas C., Yiakoulaki M., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios, *Field Crop Research* vol 99, pp. 109–112. Πρόσβαση από:

https://www.researchgate.net/publication/224934832_Annual_intercrops_An_alternative_pathway_for_sustainable_agriculture

Lithourgidis, A., Vlachostergios D., Dordas C., 2011. Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture', *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), pp. 396–410. Πρόσβαση από: https://www.researchgate.net/publication/224934832_Annual_intercrops_An_alternative_pathway_for_sustainable_agriculture

Lithourgidis A., Vlachostergios D., Dordas C., Damalas C., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. *Eur. J. Agron.* 34, pp. 287–294. Πρόσβαση από: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1161030111000232?token=FC13DBBEEA2DFB485DCF3020B76E85D712FDD4F2977B6598658BF913B15F2E4E5F0ED1B9827FA7211DEFB8F379250FD3&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230220095732>

Long S., 2001. Genes and signals in the Rhizobium-legume symbiosis. *Plant Physiol.* 125, pp.69-72.

Malezieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Lafontaine H., Rapidel B., Tourdonnet S., Morison M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models, A review, *Agronomy for Sustainable Development* vol 29, pp 44-47.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 nd edition. Academic Press, Elsevier, London.

Martin, G., Casagrande M., Blandier M.L., Bedoussac L., Boissinot F., Fontaine L., Médiène, S., Valantin-Morison M., 2019. Interplay: A Serious Game to Design and Evaluate the Introduction of Cereal–Legume Intercrops in Cropping Systems; INRAE: Budapest, Hungary. Πρόσβαση από: https://www.researchgate.net/publication/338936943_European_Conference_on_Crop_Diversification_Interplay_a_serious_game_to_design_and_evaluate_the_introduction_of_cereal-legume_intercrops_in_cropping_systems

McGilchrist, C.A., 1965. Analysis of competition experiments. *Biometrics* 21, pp.957-985

Mead R., Willey R.W. 1980. The concept of landequivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Exp. Agric.* 16 pp. 217-228

Mohler C., Liebman M, 1987. Weed productivity and composition in sole crops and intercrops of barley and field pea. *Journal of Applied Ecology* pp. 685–699

Neugschwandtner, R., Kaul H.-P., 2017. Stickstoffträge und Stickstofffixierung in Weizen-Erbsen-Gemengen. In: *Mitteilung Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 29, pp. 24–25. Πρόσβαση από: <https://www.gpw.uni-kiel.de/de/gpw-tagung/tagungsbaende/tagungsband-2017>

Neuner E., 2016. Wintererbsen – Erfahrungen aus mehrjährigen Versuchen. Seminar und Feldtag „Körnerleguminosen im Biolandbau. Πρόσβαση από: https://www.bioforschung.at/wp-content/uploads/2016/06/Neuner_Wintererbsen.pdf

Papanaoum G., Bouloumoasi E., Lazaridou T.B. 2020. Yield and protein content of forage legumes intercropping with cereals *Agrofor* 5 (2) pp 70-74.

Pankou C., Lithourgidis A., Menexes G., Dordas C., 2020. Importance of Selection of Cultivars in Wheat–Pea Intercropping Systems for High Productivity. *Agronomy* 12pp. 2367. Πρόσβαση από: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/10/2367/pdf>

Paulsen HM, Schochow M, Ulverich J., 2005. Unkrautunterdrückung von ökologischen Mischfruchtanbausystemen: Effektivitätskontrolle durch Messung der photosynthetisch aktiven Strahlung. *Asp Appl Biol* 79, pp. 215-219 Πρόσβαση από: https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/timport_derivate_00011963/dk038294.pdf/https://core.ac.uk/reader/10921070

Pearce B., 2018. DIVERSify: Designing InnoVative plant teams for Ecosystem Resilience and agricultural Sustainability. Synthesis report.

Pellicanò A., Romeo M., Pristeri A., Preiti G.& Monti M., 2015. Cereal-pea intercrops to improve sustainability in bioethanol production. *Agronomy for Sustainable Development* volume 35, pp. 27–835 Πρόσβαση από: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0294-1>

Pistrich, K., Wendtner, S., Janetschek, H., 2014. Versorgung Österreichs mit pflanzlichem Eiweiß - Fokus Sojakomplex. Endbericht des Projektes Nr. AWI/167/09 "Versorgungssicherheit mit pflanzlichem Eiweiß in Österreich". Wien: AWI - Bundesanst. für Agrarwirtschaft

Rathjen, J. R., Ryder M. H., Riley I. T., Lai T. V. and Denton M. D., 2020. Impact of seed-applied pesticides on rhizobial survival and legume nodulation. *J. Appl. Microbiol.*

Richardson, A. E., Djordjevic, M. A., Rolf B. G. & Simpson, 1988. Effects of pH, Ca and Al on the exudation from clover seedlings of compounds that induce the expression of nodulation genes in *Rhizobium trifolii*.

Sarunaite L., Toleikiene M., Arlauskiene A., Razbadauskiene K., Deveikyte I., Suproniene S., Semaškiene R. and Kadžiulienė Ž., 2022. Effects of Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivars for Mixed Cropping with Oats (*Avena sativa* L.) on Yield and Competition Indices in an Organic Production System. *Plants* **2022**, 11(21), pp. 2936 Πρόσβαση από: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/21/2936/pdf>

Schuster W. H., 1998. Leguminosen zur Körnernutzung. Institut für Pflanzenbau der Justus-Liebig-Universität Gießen. Πρόσβαση από: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/original/deckblatt.htm>

Seehuber C., 2014. Nährstoffversorgung zur Optimierung der N₂-Fixierung und Produktivität von Körnerleguminosen. Dissertation. Πρόσβαση από: <https://d-nb.info/1077269153/34>

Starz, W., 2010. Düngerverständnis und Düngerkonzept in der Biologischen Landwirtschaft. 2. Umweltökologisches Symposium, pp. 51 – 56. Πρόσβαση από: https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/FODOK/3969-landw-res-moarhof/fodok_4_7554_umwelt_kologisches_symposium.pdf

Shearer, G., Kohl, D., 1986. N₂-fixation in field settings: Estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Aust. J. Plant Physiol.* 13

Stülpnagel, R., 1982. Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 151

Sullivan, P., 2003. Intercrop Principles and Practices. Agronomy Systems Guide. University of Arkansas, Fayetteville. Agriculture Specialist Illustrations. Πρόσβαση από: [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45%20vffcz55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3137067](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45%20vffcz55))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3137067)

Thal, B., Braun, H.-P. and Eubel, H., 2018. Proteomic analysis dissects the impact of nodulation and biological nitrogen fixation on *Vicia faba* root nodule physiology, *Plant Molecular Biology*. Springer Netherlands.

Schuster W., 2000. Leguminosen, zur Kornnutzung. Justus-LiebigUniversität Gießen Πρόσβαση από: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2000/320/pdf/Leguminosen_zur_Kornnutzung.pdf

Wang W., Gong M., Gong D., Zhu R., Khan A., Zhu Y., Zhu Y., Abrar M., Zhu S., Wang B., 2022. Πρόσβαση από "[Water use of intercropped species:Agricultural Water Management](#)", Elsevier, vol. 269(C).

M. Weih,A. J. Karley,A.Newton,L. Kiær,C. Scherber, D. Rubiales, E. Adam ,J. Ajal, J. Brandmeier,S. Pappagallo, 2021. Grain Yield Stability of Cereal-Legume Intercrops Is Greater Than Sole Crops in More Productive Conditions. *Agriculture* 11, pp. 255. Πρόσβαση από: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/3/255>

Werner D, Newton WE., 2005. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment. Springer Publication. Volume 4. Πρόσβαση από: <https://www.hzu.edu.in/uploads/2020/10/Nitrogen-Fixation-in-Agriculture-Forestry-Ecology-and-the-Environment.pdf>

Willey, R.M., 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. Field Crop Abstr. 32, pp. 1-10

Xiao T, Yang Q, Ran W, XU G, Shen Q., 2010. Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Nitrogen and Phosphorus Utilization in Upland Rice-Mungbean Intercropping System. Agricultural Sciences in China Volume 9, Issue 4, pp. 528-535. Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1671292709601267>

Zarochentseva O., 2012. Adaptation of methodology calculation Relative Crowding Coefficient for evaluation competition of tree species in polyculture Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University, Ukraine. Πρόσβαση από: <https://core.ac.uk/reader/14058460>

Zhang Q., Liu M., Xu X., 2022. Species-specific interaction affects organic nitrogen uptake during intercropping of four important crop species: A useful index for selecting appropriate intercropping combination. Πρόσβαση από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452219821001567>

Διαδίκτυο

Carbon Footprint Factsheet ,2022 Πρόσβαση 20/09/2022 <http://css.umich.edu/factsheets/carbon-footprint-factsheet>

Cereal–Legume Intercropping 2020 Πρόσβαση από: <https://encyclopedia.pub/2511>

Chat.openai <https://chat.openai.com/> Πρόσβαση 02/02/2023

Erdatmosphäre, 2023 Πρόσβαση από: <https://de.wikipedia.org/wiki/Erdatmosph%C3%A4re>

FAOSTAT (2019) Πρόσβαση από: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

Knöllchenbakterien, Wikipedia, ελεύθερη βιβλιοθήκη. Πρόσβαση 1/02/2023 <https://de.wikipedia.org/wiki/Kn%C3%B6llchenbakterien>

Kjeldahl-Gerhardt https://www.gerhardt.de/fileadmin/_processed_/2/9/csm_Infoposter_Kjeldahl_german_64dbb3059e.png πρόσβαση 10/02/2023

Kjeldahl method Wikipedia ελεύθερη βιβλιοθήκη. 2023 Πρόσβαση 1/02/2023

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82_%CE%9A%CE%B9%CE%AD%CE%BB%CE%BD%CF%84%CE%B1%CE%BB

Ministry of Agricultural Development, 2021. Πρόσβαση από: <http://www.minagric.gr/index.php/el/the-ministry-2/statistikes-tekmhrioshs/8510-statistika-ekt-parag-fytikonproionton>

Tsigardi Nektaria, 2020. Πρόσβαση από: [Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η συγκαλλιέργεια χειμερινών σιτηρών - ψυχανθών - Farmacon - Blog](#)