



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΙΤΛΟΣ: Συγκαλλιέργεια ψυχανθών με πολυετές κεχρί (switchgrass)



ΠΕΤΡΟΥ ΣΟΦΟΚΛΗΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ**

ΒΟΛΟΣ 2021

<< Συγκαλλιέργεια ψυχανθών με πολυετές κεχρί (switchgrass)>>
<<Cocultivation of legumes with perennial millet(switchgrass)>>

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Νικόλαο Γ. Δαναλάτο Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών μεγάλης καλλιέργειας του Τμήματος Γεωπονίας ΦΠΑΠ

Γιαννούλη Κυριάκο, Επίκουρο Καθηγητή Γεωργίας με έμφαση στην καλλιέργεια Ενεργειακών, Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας ΦΠΑΠ

Μπαρτζιάλη Δημήτριο Διδάκτορας Γεωργίας μέλος Ε.ΔΙ.Π, του Τμήματος Γεωπονίας ΦΠΑΠ

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα της Γεωπονικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά τη χρονική περίοδο 2020- 2021.

Νιώθω την εσωτερική ανάγκη να ευχαριστήσω από βάθους ψυχής ορισμένους ανθρώπους για την συνδρομή και τη βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου διατριβής.

Αρχικά, επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας ΦΠΑΠ κ. Νικόλαο Γ. Δαναλάτο για την ανάθεση του θέματος, τον σχεδιασμό και την εποπτεία του πειράματος, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες υποδείξεις κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, κ. Γιαννούλη Κυριάκο, Επίκουρο Καθηγητή Γεωργίας με έμφαση στην καλλιέργεια Ενεργειακών, Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών και κ. Μπαρτζιάλη Δημήτριο, μέλος Ε.ΔΙ.Π, για την συμβολή τους στην πραγματοποίηση του πειράματος και την βοήθεια τους και τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους τόσο κατά τη διάρκεια τα πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, για την στήριξη, συμπαράσταση και την αμέριστη βοήθεια τους που μου πρόσφεραν τόσο κατά τα φοιτητικά μου χρόνια όσο και σε κάθε σημαντικό βήμα της ζωής μου για την πραγματοποίηση των στόχων μου, καθώς και τους συμφοιτητές και άριστους συνεργάτες μου, για την υποστήριξή τους και την πολύτιμη βοήθεια τους κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, με τις διάφορες καλλιεργητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στον χώρο του Αγροκτήματος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1. Εισαγωγή	8
1.1 Συγκαλλιέργεια	8
1.2 Μπιζέλι (<i>Pisum arvense</i> L.)	9
1.3 Βίκος (<i>Vicia sativa</i>)	12
1.4 Switchgrass (<i>Panicum virgatum</i>) – πολυετές κερλί	15
1.6 Σκοπός	19
2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	20
2.1 Εδαφικά και Μετεωρολογικά Δεδομένα	20
2.2 Πειραματικό Σχέδιο	21
2.3 Σπορά	22
2.4 Συγκομιδή	23
2.5 Μετρήσεις	23
2.6 Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών φυτικών υλικών	24
2.7 Στατιστική ανάλυση	25
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	26
3.1 Μετεωρολογικά δεδομένα	26
3.2 Ποσοτικά χαρακτηριστικά	27
3.3 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά	32
4. Συμπεράσματα	41
Βιβλιογραφία	42
Ελληνική	42
Ξενόγλωσση	42

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της διεξαγωγής του πειράματος ήταν η αξιολόγηση διαφορετικών καλλιεργητικών συστημάτων (συγκαλλιέργεια ψυχανθούς με πολυετή καλλιέργεια κεχριού) και η επίδραση της λίπανσης στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης ζωοτροφής. Το πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε ήταν των τυχαιοποιημένων υποτεμαχίων (split-plot design). Κύρια τεμάχια ήταν η ενδιάμεση καλλιέργεια ψυχανθούς και υποτεμάχια τα τρία επίπεδα λίπανσης (βασικής για τα ψυχανθή και αζωτούχου για το switchgrass) σε τρεις επαναλήψεις. Η εκτίμηση των εδαφικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε με δειγματοληψία και ανάλυση από διάφορα σημεία του πειραματικού αγρού σε βάθος 0-30 cm και 30-60 cm. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 60°C. Για την καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων του πειραματικού αγρού στο Βελεστίνο, χρησιμοποιήθηκε ο μετεωρολογικός σταθμός του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, ο οποίος έχει εγκατασταθεί στο αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, στο Βελεστίνο. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν την βροχόπτωση (mm) και την μέση θερμοκρασία (°C). Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας. Η σπορά των ψυχανθών πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο (10/12/2019), όπως και στους άλλους πειραματικούς αγρούς. Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία κτηνοτροφικού μπιζελιού “Όλυμπος” και η ποικιλία βίκου “Αλέξανδρος” με ποσότητα σπόρου 14 kg/στρέμμα και στα δύο φυτά. Στο πείραμα μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν τα ποσοτικά χαρακτηριστικά χλωρό - ξηρό βάρος, το ενσύρωμα (υγρασία 65%), η απομάκρυνση αζώτου (N) από το έδαφος, καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως πρωτεΐνη, λιπαρά, ασβέστιο κ.α. Από τα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων προκύπτει ότι η πρωτεΐνη ως προς τον κύριο παράγοντα τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά σημαντικά παρουσιάζει υπεροχή στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας switchgrass με βίκο. Επιπλέον, βρέθηκε ότι η απομάκρυνση αζώτου από το έδαφος διαφέρει στατιστικώς σημαντικά ως προς τον κύριο παράγοντα (συγκαλλιέργεια), όπου η συγκαλλιέργεια με ψυχανθή σε σχέση με το μάρτυρα (μονοκαλλιέργεια switchgrass). Το γεγονός ότι ο Βίκος παρουσιάζει επιπλέον καλά αποτελέσματα σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις, το καθιστά ως την περισσότερο αξιόλογη επιλογή για συστήματα συγκαλλιέργειας.

ABSTRACT

The aim of the experiment was to evaluate different cultivation systems (intercropping of legumes with perennial millet cultivation) and the effect of fertilization on the yield and quality characteristics of the produced feed. A split-plot design was used for the experimentation. The main plots were the intermediate cultivation of legumes and subplots the three levels of fertilization (basic for legumes and nitrogen for switchgrass) in three replications. The samples were dried in a dryer at a temperature of 60°C. The meteorological data of the experimental field in Velestino were recorded by meteorological station of the Agricultural Hydraulics Laboratory of the University of Thessaly, which has been installed in the farm of the Department of Agriculture, Plant Production and Rural Environment, in Velestino. These data related to rainfall (mm) and average temperature (°C). The final dry weight achieved the weight of the samples did not change from the previous measurement. The sowing of legumes took place on (10/12/2019). The used pea variety was "Olympus" and the vetch variety was "Alexander" at a quantity of the 140 kg of seeds per hectare, in both plants. The quantitative characteristics of fresh - dry weight, silage (biomass humidity 65%), as well as the qualitative characteristics such as protein, fat, calcium, etc. were measured and evaluated. The final dry weight achieved results shown that the protein in terms of the main factor, both numerically and statistically significant, is superior in the case of switchgrass in the intercropping with vetches. In addition, it was found that the removal of nitrogen from the soil differs statistically significantly in relation to the main factor intercropping where switchgrass in an intercropping system with legumes compared to the control (switchgrass monoculture) measurements, makes it the most valuable choice for polyculture systems.

1. Εισαγωγή

1.1 Συγκαλλιέργεια

Συγκαλλιέργεια ονομάζεται η γεωργική τεχνική κατά την οποία δύο ή περισσότερα είδη φυτών καλλιεργούνται ταυτόχρονα, στον ίδιο αγρό και την ίδια περίοδο. Η εφαρμογή της στον αγρό μπορεί να γίνει με την εφαρμογή διαφόρων συστημάτων. Τα είδη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα συνήθως είναι συνδυασμός από ετήσια είδη (πχ σιτηρό-ψυχανθές), πολυετή (στα οποία συμπεριλαμβάνονται και τα δένδρα) ή ετήσια και πολυετή μαζί (αγροδασοπονία). Όποιος συνδυασμός κι αν επιλεγεί κάθε φορά, είναι σημαντικό τα είδη των φυτών να μην ανταγωνίζονται μεταξύ τους, για να προκύψουν όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα από τη συγκαλλιέργειά τους. Τα βασικότερα συστήματα συγκαλλιέργειας διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες και είναι τα εξής (Anil et al., 1998):

- Ανάμεικτη ή μικτή συγκαλλιέργεια (mixed intercropping) στην οποία καλλιεργούνται δύο ή περισσότερα είδη φυτών ταυτόχρονα χωρίς να υπάρχουν διαφορετικές σειρές για το κάθε είδος. Τα φυτά σπέρνονται δηλαδή, χωρίς κάποια καθορισμένη διάταξη μέσα στον αγρό αλλά η τοποθέτησή τους είναι ανάμεικτη χωρίς να υπάρχει ξεχωριστή σειρά κάθε φυτού.
- Συγκαλλιέργεια σε σειρές (row intercropping) στην οποία καλλιεργούνται δύο ή περισσότερα είδη φυτών σε διαφορετικές σειρές. Τα φυτά σπέρνονται, δηλαδή, με καθορισμένη διάταξη μέσα στον αγρό και κάθε φυτό έχει ξεχωριστή σειρά.
- Συγκαλλιέργεια σε ζώνες (strip intercropping) στην οποία καλλιεργούνται δύο ή περισσότερα είδη φυτών σε διαφορετικές ζώνες. Μ' αυτό τον τρόπο επιτρέπεται η ανεξάρτητη καλλιέργεια, άλλα τα φυτά τοποθετούνται σε σχετικά στενές ζώνες για να υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Με αυτό το σύστημα οι διαφορετικές τεχνικές που χρειάζεται κάθε καλλιέργεια για φροντίδα, άρδευση κ.τ.λ. καθίστανται πολύ πιο εύκολες και διευκολύνεται, επιπλέον, και η μηχανοποίηση της παραγωγής.
- Χρονική συγκαλλιέργεια (relay intercropping) στην οποία καλλιεργούνται δύο ή περισσότερα είδη φυτών σε διαφορετικές χρονικές φάσεις του κύκλου ανάπτυξής τους άλλα υπάρχει αλληλοεπικάλυψη κατά τη διάρκεια της συγκαλλιέργειας

μεταξύ τους. Δηλαδή, το ένα φυτό μπορεί να έχει ωριμάσει ενώ το άλλο φυτό μόλις να έχει ανθίσει.

Η καλλιέργεια διαφορετικών φυτών στον ίδιο αγρό ονομάζεται πολυκαλλιέργεια ή συγκαλλιέργεια ή μικτή καλλιέργεια ή μίγμα. Μερικά από αυτά τα μίγματα μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικούς γενοτύπους από το ίδιο είδος ή και από διαφορετικά είδη. Η πολυκαλλιέργεια είναι ένα συνηθισμένο σύστημα εκμετάλλευσης στις τροπικές περιοχές του κόσμου (Αφρική, Ασία και Λατινική Αμερική) γιατί συνδέεται άμεσα με τη γεωργία αυτοσυντήρησης που εφαρμόζεται σε μικρές εκτάσεις σ' αυτές τις περιοχές. Οι παραγωγοί σ' αυτές τις περιοχές παράγουν τα προϊόντα που χρειάζονται για να ζήσουν από τους αγρούς τους. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί συνδυασμοί που μπορούν να συγκαλλιερηθούν στα φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

Στην Ελλάδα συνήθως όταν χρησιμοποιείται το σύστημα της συγκαλλιέργειας τότε χρησιμοποιούνται ένα ψυχανθές (βίκος) με ένα σιτηρό (κριθάρι ή βρώμη). Η συγκομιδή αυτού του μίγματος γίνεται για ενσίρωση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και επιτρέπει τη σπορά επίσπορου καλαμποκιού οπότε υπάρχει η δυνατότητα χρήσης του συστήματος της πολλαπλής καλλιέργειας. Μία επιπλέον περίπτωση συγκαλλιέργειας αποτελεί και η καλλιέργεια καλαμποκιού με σόγια ή καλαμπόκι με φασολιά ή κολοκύθες (Δόρδας, 2009) ή τέλος η συγκαλλιέργεια καλαμποκιού με φασόλι αναρριχώμενο και κολοκύθες και το σύστημα αυτό είναι γνωστό στην Αμερική και ως "The three sisters".

1.2 Μπιζέλι (*Pisum arvense* L.)

Το μπιζέλι είναι ετήσιο ποώδες φυτό, με ριζικό σύστημα που αποτελείται από μία κεντρική πασσαλώδη ρίζα από την οποία εκτείνονται άλλες πλάγιες. Ο βλαστός του είναι λεπτός, μη ισχυρός και κυμαίνεται από 45-120cm. Ωστόσο, υπάρχουν και αναρριχώμενες ποικιλίες στις οποίες το ύψος μπορεί να ξεπεράσει τα 2m. Τα φύλλα είναι σύνθετα, ενώ η ταξιανθία του είναι βότρυς, χρώματος λευκού, ροζ, ερυθρού ή και πορφυρού. Ο λοβός του είναι αρχικά πεπλατυσμένος και μετέπειτα γίνεται κυλινδρικός. Πρόκειται για αυτογονιμοποιούμενο φυτό, με χαμηλό ποσοστό σταυρογονιμοποίησης.

Το μπιζέλι προτιμά περιοχές με δροσερές θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία. Έχει πολλές ιδιότητες που το καθιστούν ελκυστική καλλιέργεια κατά τη διάρκεια ξηρασίας ή σε υγρές περιοχές, με κακή ποιότητα εδάφους και επικρατούσες ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες (Kosev & Vasileva, 2019). Η πλειονότητα των ποικιλιών παρουσιάζουν αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ αρνητική επίδραση στην απόδοση έχουν οι υψηλές θερμοκρασίες.

Η προσαρμοστικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες είναι ένας ακόμη λόγος ανάγκης της καλλιέργειας του κτηνοτροφικού μπιζελιού. Ορισμένες φορές αντέχει σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες που αντικατασθεί τον Βίκο. Το μπιζέλι αντίθετα είναι ευαίσθητο στις υψηλές θερμοκρασίες και γι' αυτό καλλιεργείται στις δροσερές περιοχές της γης. Γεγονός είναι ότι οι υψηλές θερμοκρασίες είναι βλαβερές, κυρίως κατά την εποχή της άνθησης και κατά την περίοδο του σχηματισμού των λοβών. Έτσι, το κτηνοτροφικό μπιζέλι καλλιεργείται για καρπό μόνο σε δροσερές περιοχές, σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη ή σε υψόμετρα.

Η ελάχιστη θερμοκρασία βλάστησης των σπόρων του μπιζελιού είναι 5,5-6°C, ενώ τα νεαρά φυτά αντέχουν σε ψύχος μέχρι 0°C, που σημαίνει ότι η καλλιέργεια μπορεί να αυξήσει τη βιομάζα της κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η βασική θερμοκρασία ανάπτυξης κυμαίνεται από 0 έως 6°C. Η προτεινόμενη ημερομηνία σποράς για τα Θεσσαλικά δεδομένα είναι αρχές έως μέσα Νοεμβρίου, έτσι ώστε περί τα μέσα της άνοιξης τα φυτά να βρίσκονται στο φαινολογικό στάδιο της ανθοφορίας, όπου και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άζωτο, εάν χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν ως χλωρή λίπανση.

Μία από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις για την αποδοτικότητα της παραγωγής τυπικών οσπρίων είναι η αναζήτηση και εισαγωγή ειδών ανθεκτικών στην ξηρασία με μικρή περίοδο βλάστησης. Η συγκαλλιέργεια των ειδών, των ποικιλιών και των μορφών των οσπρίων στην παραγωγή είναι μια σημαντική εναλλακτική λύση για το μέλλον της γεωργικής παραγωγής (Mihailovic et al., 2013).

Ο καρπός ζημιώνεται κατά κύριο λόγο από το Βρούχο, που ευνοείται από την υψηλή θερμοκρασία και υγρασία. Για χλωρή λίπανση και για σανό μπορεί και να καλλιεργηθεί και σε θερμές περιοχές. Στις χαμηλές θερμοκρασίες αντέχει μέχρι και 12°C κάτω από το μηδέν, ενώ κατά την εποχή της ανθήσεως είναι γεγονός ότι σε θερμοκρασίες 2-3°C κάτω από το μηδέν αποβαίνουν επιζήμιες (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Η σπορά γίνεται σε βάθος 3cm ώστε να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες συνθήκες υγρασίας για το φύτευμα. Το μπιζέλι έχει ανάγκες σε άρδευση και μάλιστα, υπό συνθήκες ξηρασίας περιορίζεται η ανάπτυξή του και αναστέλλεται η αζωτοδέσμευση. Τέλος, καλλιεργείται σε μεγάλο εύρος εδαφικών τύπων, με μεγαλύτερες αποδόσεις σε γόνιμα, αργιλοπηλώδη, πηλώδη εδάφη που στραγγίζουν καλά και έχουν επάρκεια ασβεστίου.

Το μπιζέλι ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών και ως εκ τούτου δεν έχει υπάρξει αναφορά αντίδρασής του στην αζωτούχο λίπανση, παρά μόνο στην περίπτωση όπου η αζωτοδέσμευση δεν επαρκεί για να εφοδιάσει το φυτό με το απαιτούμενο άζωτο. Επιπλέον, μικρή ποσότητα αζωτούχου λίπανσης ίσως χρειαστεί να λάβει μέρος σε φτωχά εδάφη, για την υποβοήθηση της πρώτης ανάπτυξης των φυτών.

Το μπιζέλι απορροφά μεγάλες ποσότητες φωσφόρου. Ο φώσφορος αποτελεί αναγκαίο στοιχείο για την αύξηση και την αζωτοδέσμευση του μπιζελιού και έχει αποδειχθεί ότι βοηθά στην αύξηση της φυλλικής επιφάνειας, της συνολικής βιομάζας, την παραγωγή καρπού, τη μάζα και τον αριθμό των φυματίων. Οι 6-9 μονάδες P δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στην περιεκτικότητα επί τοις εκατό αζώτου, σε όλα τα φυτικά τμήματα για τις περισσότερες ποικιλίες μπιζελιού (Jakobsen, 1985).

Ο εμβολιασμός των σπόρων με ριζόβια συνιστάται όταν το μπιζέλι καλλιεργείται για πρώτη φορά σε ένα χωράφι. Αναφέρεται επίσης ότι ο εμβολιασμός σε όξινο έδαφος στο οποίο υπάρχουν ενδογενή ριζόβια βελτιώνει το σχηματισμό φυματίων, την ανάπτυξη των φυτών και την αζωτοδέσμευση.

Η λίπανση εφαρμόζεται στα πεταχτά κατά την τελευταία προετοιμασία του εδάφους και στη συνέχεια ενσωματώνεται, ή εφαρμόζεται γραμμικά κατά τη σπορά, σε μικρή απόσταση από το σπόρο. Ο σπόρος δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με το λίπασμα για την αποφυγή εγκαυμάτων στα νεαρά φυτά (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Είναι φυτό σανοδοτικό και καρποδοτικό και αποτελεί άριστη ζωοτροφή. Χρησιμοποιείται για βόσκηση, σπανιότερα σε συγκαλλιέργεια με κάποιο σιτηρό για σανό ή καρπό, ενώ αποτελεί καλό φυτό για χλωρή λίπανση.

Είναι ένα πολύ παραγωγικό είδος, που καλλιεργείται ελάχιστα στην Ελλάδα και ο σανός του είναι κατάλληλος ιδιαίτερα για τη διατροφή βοοειδών, αλόγων, αλλά και για προβατίνες που θηλάζουν, εξαιτίας της μεγάλης του περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες. Είναι όμως και σημαντικό καρποδοτικό είδος, με καρπό πλούσιο σε πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και βιταμίνες, κατάλληλο για διατροφή

βοοειδών και αλόγων. Τέλος, το κτηνοτροφικό μπιζέλι, χρησιμοποιείται και για ενσίρωση.

Το μπιζέλι αποτελείται από το ριζικό σύστημα, το βλαστό, τα φύλλα, το άνθος, το λοβό και το σπόρο, τα οποία παρουσιάζονται πιο αναλυτικά παρακάτω. Το μπιζέλι έχει ισχυρό πασσαλώδες ριζικό σύστημα, το οποίο έχει την ικανότητα να διεισδύσει βαθιά μέσα στο έδαφος ανάλογα βέβαια με την υγρασία και τη φυσική κατάσταση του εδάφους. Η κύρια ρίζα του μπιζελιού φτάνει σε 100-120 cm, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται δευτερεύουσες ρίζες σε ακτίνα 25-40 cm γύρω από τον κεντρικό άξονα της ρίζας. Οι βλαστοί του μπιζελιού είναι λεπτοί, τρυφεροί, έχουν κοίλο σχήμα και συνήθως γωνιώδη διατομή. Κατά την πρώτη φάση της ανάπτυξής του, το κτηνοτροφικό μπιζέλι αναπτύσσεται δίνοντας την εντύπωση ορθόκλαδου φυτού και στη συνέχεια, κατά την εποχή του γεμίσματος των λοβών, σημειώνεται μείωση του ύψους των φυτών. Ο αριθμός των πλάγιων βλαστών, κυρίως καθορίζεται από την ποικιλία, αλλά επηρεάζεται και από τις επικρατούσες συνθήκες κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του μπιζελιού. Τέλος, οι βλαστοί καλύπτονται με κηρώδες επίχρισμα (Παπακώστα-Γασοπούλου, 2012).



Εικ. Μπιζέλι, φωτογραφία Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

1.3 Βίκος (*Vicia sativa*)

Με το όνομα βίκος είναι γνωστά περίπου 150 είδη φυτών, τα οποία ανήκουν στο γένος *Vicia*. Τα περισσότερα είδη που καλλιεργούνται παγκοσμίως κατάγονται από τις παραμεσόγειες περιοχές. Στην Ελλάδα ο βίκος είναι το πιο διαδεδομένο χειμερινό ψυχανθές, γιατί προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα διάφορα οικολογικά

περιβάλλοντα. Το είδος που καλλιεργείται αποκλειστικά είναι το *V. sativa* (κοινός βίκος) για παραγωγή καρπού και σανού. Η χρησιμοποίησή του για ενσίρωση ή βόσκηση είναι περιορισμένη. Θεωρείται από τα πιο κατάλληλα φυτά χλωρής λίπανσης και αμειψισποράς με τις καλλιέργειες των χειμερινών σιτηρών (Παπακώστα-Γασοπούλου, 2012).

Η καλλιέργεια του βίκου έχει την ικανότητα να αναπτύσσεται αργά το φθινόπωρο αλλά να αποσυντίθεται γρήγορα όταν μένει (υπολείμματα) ή με την ενσωμάτωσή του στο έδαφος ως χλωρή λίπανση (Hayden et al., 2012), έχοντας ταχεία απελευθέρωση N που μπορεί να οδηγήσει σε ανόργανες απώλειες N πρώιμης εποχής πριν από την πρόσληψη της καλλιέργειας (Rosecrance et al., 2000).

Ο βίκος είναι φυτό των δροσερών κλιμάτων. Αν και τα διάφορα είδη βίκου και οι ποικιλίες παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή στο ψύχος, γενικά ο βίκος θεωρείται φυτό με μειωμένη αντοχή στο ψύχος. Οι σπόροι βλαστάνουν σε θερμοκρασία 2-6°C και τα αναπτυγμένα φυτά αντέχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι -10°C. Η αντοχή των φυτών στις χαμηλές θερμοκρασίες, εκτός από το γενότυπο, εξαρτάται από το στάδιο ανάπτυξης, την ταχύτητα ανάπτυξης, την υγρασία του εδάφους και άλλους παράγοντες. Για την ανάπτυξη του φυτού πλέον κατάλληλες είναι οι μέτριες θερμοκρασίες.

Στην Ελλάδα ο βίκος δίνει τις μεγαλύτερες αποδόσεις με φθινοπωρινή σπορά. Σε βορειότερες χώρες, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα, σπέρνεται την άνοιξη όσο το δυνατόν πρωιμότερα. Οι ανάγκες του βίκου σε υγρασία εδάφους είναι σχετικά μεγάλες. Οι περιοχές όπου καλλιεργείται πρέπει να έχουν ετήσιο ύψος βροχής τουλάχιστον 400mm. Υποφέρει περισσότερο από την ξηρασία στα πρώτα στάδια ανάπτυξης και κατά το γέμισμα των σπόρων. Η απόδοση σε σπόρο βρέθηκε ότι σχετίζεται θετικά με την ποσότητα του νερού μετά την άνθηση (Goh et al, 2016).

Η ανάπτυξη του βίκου είναι έρπουσα ή αναρριχώμενη. Οι βλαστοί εκφύονται από τη βάση των φυτών (ο κεντρικός βλαστός παύει να επιμηκύνεται), είναι κοίλοι εσωτερικά, με τετράγωνη διατομή και το ύψος τους κυμαίνεται από 30 έως 80cm. Τα φύλλα είναι σύνθετα, αποτελούμενα από 5-8 ζεύγη αντίθετων φυλλαρίων και καταλήγουν σε διακλαδιζόμενη έλικα. Τα φυλλάρια στο άκρο τους φέρουν ένα μικρό αγκάθι. Τα άνθη εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων συνήθως κατά ζεύγη, σπανιότερα μεμονωμένα και μπορεί να έχουν έναν μικρό ποδίσκο.

Το χρώμα τους είναι μπλε-πορφυρό ή ροδόχρωμο. Το είδος *V. sativa* είναι αυτογονιμοποιούμενο φυτό, ενώ το *V. villosa* σταυρογονιμοποιούμενο. Οι λοβοί είναι

επιμήκεις, πεπλατυσμένοι, με μήκος 3-7cm, πλάτος 5-10mm και περιέχουν 4-12 σπόρους. Οι σπόροι έχουν σφαιρικό σχήμα, αλλά κάπως πεπλατυσμένο και χρώμα μαύρο ή γκρίζο, με οφθαλμό στενό, χρώματος ανοικτότερου από το περισπέρμιο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).

Ο βίκος είναι φυτό ποώδες, ετήσιο. Το ριζικό σύστημα αποτελείται από μία λεπτή πασσαλώδη ρίζα, η οποία φέρει πολυάριθμες διακλαδώσεις, όπου και σχηματίζονται άφθονα φυμάτια όταν υπάρχουν τα κατάλληλα ενδογενή ριζόβια βακτήρια.

Η αζωτούχος λίπανση δεν είναι απαραίτητη στα χειμερινά ψυχανθή, λόγω της ιδιότητας τους να αζωτοδεσμεύουν. Δοκιμές με καλιούχο λίπανση έδειξαν ότι δεν υπήρχε καμία αντίδραση των φυτών του βίκου, ενώ σε εδάφη που δεν ήταν επαρκώς εφοδιασμένα με φώσφορο η λίπανση με 6 kg P₂O₅/στρ είχε ευνοϊκή επίδραση στην απόδοσή του (Παπακώστα –Τασοπούλου, 2012).

Τέλος κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ότι ο βίκος (*Vicia sativa* L.) είναι το ψυχανθές εκείνο που χρησιμοποιείται για ζωοτροφές λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη και της μεγάλης ικανότητας για αζωτοδέσμευση, καθιστώντας την καλλιέργεια αυτή σημαντική για τη βιώσιμη γεωργία. Η ισπανική συλλογή σπόρων βίκου, διατηρημένη στο Ισπανικό Κέντρο Γενετικών Πόρων Φυτών (CRF), είναι μια από τις μεγαλύτερες συλλογές αυτού του είδους παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων των εκτάσεων, των άγριων συγγενών που συλλέγονται κυρίως στην Ισπανία και των εμπορικών ποικιλιών, αλλά και προσχωρήσεων διεθνούς προέλευσης (De la Rosa et al, 2021).

Τα μίγματα καλλιεργειών βίκου - δημητριακών έχουν αποδειχθεί ότι παρέχουν μεγαλύτερη παραγωγή βιομάζας πάνω από το έδαφος (Hayden et al., 2012), ανόργανη σάρωση N (Tosti et al., 2014), και καταστολή των ζιζανίων (Hayden et al., 2012, 2014) από τις μονοκαλλιέργειες βίκου και μεγαλύτερη υπέργεια περιεκτικότητα σε N από τις μονοκαλλιέργειες σίκαλης δημητριακών (Hayden et al., 2014).



Εικ Βίκος , GAIpedia

1.4 Switchgrass (*Panicum virgatum*) – πολυετές κεχρί

Με την επωνυμία "κεχρί" αποκαλούμε σιτηρά θερμών κλιμάτων που ανήκουν σε έξι διαφορετικά γένη (*Panicum*, *Setaria*, *Echinochloa*, *Paspalum*, *Pennisetum* και *Eleusine*). Από τα γένη αυτά, το *Eleusine* ανήκει στη φυλή *Chlorideae* (υποοικογένεια *Festucoideae*), ενώ τα πέντε υπόλοιπα στη φυλή *Paniceae* (υποοικογένεια *Panicoideae*). Τα είδη αυτά που παρουσιάζουν καλλιεργητικό ενδιαφέρον είναι τα εξής:

- *Panicum miliaceum* L. ($2n=4x=36$) (κοινό κεχρί - proso ή common millet)
- *Setaria italica* (L.) Beauv. ($2n=2x=18$) (ιταλικό κεχρί - italian ή foxtail millet)
- *Echinochloa frumentacea* (Roxb.) Link ($2n=4x=36$) (ιαπωνικό κεχρί - barnyard ή japanese millet)
- *Pennisetum typhoides* (Burm. f.) Stapf. & Hub. (= *P. americanum* (L.) Leeke) ($2n=2x=14$) (μαργαριτώδες κεχρί - pearl bulrush ή millet)
- *Eleusine coracana* Gaertn. ($2n=4x=36$) (δακτυλοειδές κεχρί - finger millet)

Σποραδικά επίσης καλλιεργούνται τα είδη *Paspalum scrobiculatum* L., *Panicum miliare* (κυρίως στις φτωχότερες και ξηρότερες περιοχές της Ινδίας) και *Panicum ramosum*. Η προέλευση του κοινού κεχριού δεν είναι βέβαιη: πιθανόν να έχει ως πρόγονο το αιθιοπικό είδος *Panicum callosum* Hochst. Εν τούτοις, δεν υπάρχουν μαρτυρίες για καλλιέργειά του σε γειτονικές προς την Αιθιοπία περιοχές κατά την αρχαιότητα. Το ιταλικό κεχρί προέρχεται πιθανόν από την ανατολική Ασία. Πρόγονός του πιθανόν να είναι το γνωστό ζιζάνιο *Setaria viridis*. Σήμερα καλλιεργείται στην Ινδία και κυρίως στην Κίνα όπου ακολουθεί σε σημασία το ρύζι και το σιτάρι. Επίσης καλλιεργείται σε χώρες της εγγύς και μέσης Ανατολής. Στην Ελλάδα καλλιεργούνταν παλιότερα κυρίως το κοινό κεχρί στις ορεινές περιφέρειες ως υποκατάστατο του ρυζιού. Ονομαζόταν και "βουρί" στην Πελοπόννησο ή "μπερνίτσα" στη Μακεδονία. Σήμερα καλλιεργείται ελάχιστα ή καθόλου. Το κεχρί καλλιεργείται για παραγωγή καρπού καθώς και για παραγωγή βιομάζας (Καραμάνος, 1999).

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να κερδίζει το ενδιαφέρον και το πολυετές κεχρί *Panicum virgatum* γνωστό και ως switchgrass, το οποίο είναι είναι φυτό C₄ και οι αποδόσεις του σε βιομάζα είναι αυξημένες.

Η καλλιέργεια του switchgrass είναι πολυετής και λόγω της πουέτης φύσης του έχει παρατηρηθεί ότι η καλλιέργεια φτάνει στη μέγιστη απόδοσή της στον τρίτο χρόνο, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι μπορεί να παράγει βιομάζα για χρονικό διάστημα έως και δώδεκα χρόνια.

Το switchgrass αποτελεί μια πολυετή πόα, θερμών κλιμάτων, με ύψος που κυμαίνεται από 1,5 ως και 3m σε ευνοϊκά περιβάλλοντα, με πλούσιο ριζικό σύστημα (Liebig *et al.*, 2005). Διαθέτει φύλλα λογχοειδή πάχους 6-12mm με ευδιάκριτο νεύρο αλλά και ύπαρξη τριχιδίων στην πάνω επιφάνεια του ελάσματος, γεγονός που βοηθάει στη μείωση της εξατμισοδιαπνοής. Φέρει γλωσσίδια μήκους 1,5-3mm μεμβρανώδη με τριχίδια. Η ταξιανθία είναι σύνθετος βότρυς, μήκους 15-45cm, με κατάληξη σε σταχίδια στις άκρες των μακρών κλάδων, τα οποία είναι ανθισμένα ανά δύο, ένα γόνιμο και ένα στείρο, μήκους 3-5,5mm.

Το switchgrass, αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια υψηλής παραγωγικότητας, που χαρακτηρίζεται από χαμηλές απαιτήσεις εισροών (Keshwani and Cheng, 2009). Η διαχείριση αλλά και επιλογή της ποικιλίας εξαρτάται κύρια από τις εδαφοκλιματικές συνθήκες της περιοχής (Fike *et al.*, 2006). Παρόλα αυτά, αποτελεί μία καλλιέργεια που χαρακτηρίζεται από υψηλή προσαρμοστικότητα και ανάπτυξη σε ευρύ φάσμα εδαφών, που όμως δεν έχει τη δυνατότητα να αναπτυχθεί στα πολύ βαριά αργιλώδη (Elbersen *et al.*, 2004).

Ως προς την έρευνα γύρω από τη λιπαντική αγωγή της καλλιέργειας, οι περισσότερες έρευνες έχουν επικεντρωθεί στην αζωτούχο λίπανση, επειδή συνήθως αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα στη θρέψη (Madakadze *et al.*, 1999; Muir *et al.*, 2001, Giannoulis *et al.*, 2013, Giannoulis *et al.*, 2016). Παρόλα αυτά, θα πρέπει να προσεχθεί και διατηρούνται τα βέλτιστα επίπεδα φωσφόρου και καλίου στο έδαφος, ενώ στην περίπτωση που παρατηρηθούν ελλείψεις σε φώσφορο (<10ppm) και σε κάλιο (<90ppm), τότε πρέπει να εφαρμοστούν και να ενσωματωθούν στο έδαφος πριν από τη σπορά οι απαραίτητες ποσότητες.

Κατά το πρώτο έτος της εγκατάστασης της καλλιέργειας, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή ποσότητας αζώτου που δεν υπερβαίνει τα 4,5 kg/στρ, ενώ οποιαδήποτε αζωτούχος παρέμβαση (λίπανση) θα πρέπει να πραγματοποιείται την άνοιξη και μετά το έτος εγκατάστασης (Guretzky *et al.*, 2010; Lindsay *et al.*, 2018).

Ως προς τις ανάγκες του σε νερό, το switchgrass μπορεί να σημειώσει ικανοποιητική παραγωγή σε περιοχές με μέση ετήσια βροχόπτωση άνω των 400 mm, ενώ υπό

συμπληρωματική άρδευση επιτυγχάνεται αύξηση των αποδόσεων σε βιομάζα (Γιαννούλης Κ.Δ., 2014).

Το switchgrass χρησιμοποιείται για βόσκηση από ορισμένα ζώα, για προστασία από τη διάβρωση του εδάφους, ως βιότοπος για την άγρια φύση, ως ζωοτροφή, παραγωγή ενέργειας και άλλα (Parrish *et al.*, 2005). Αποτελεί μια γευστική τροφή κυρίως για τα βοοειδή και η ποιότητά του ως κτηνοτροφή είναι παρόμοια με αυτή των περισσότερων αγρωστωδών και εξαρτάται κυρίως από την ωριμότητά του. Την άνοιξη, μετά την επαναβλάστησή του έχει περί το 15% περιεκτικότητα σε ακατέργαστες πρωτεΐνες και πάνω από 70% περιεκτικότητα σε εύπεπτες ξηρές ουσίες.



Εικ switchgrass (*panicum virgatum*) – πολυετές κερσί, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

1.5 Πλούσιες σε θρεπτικά ζωοτροφές

Οι ζωοτροφές διακρίνονται σε απλές και σύνθετες. Οι απλές ζωοτροφές αποτελούνται από μία και μόνο ζωοτροφή και διακρίνονται σε δυο μεγάλες υποκατηγορίες, πρώτον τις χονδροειδείς, με μικρή θρεπτική αξία και δυσκολία στη διάσπαση και δεύτερον τις συμπυκνωμένες ζωοτροφές που έχουν μικρό όγκο και είναι πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά ανά μονάδα βάρους.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, υπάρχουν σχεδόν 230 εκατομμύρια τόνοι πράσινης ζωοτροφής και τα ζώα πρέπει να αντιμετωπίσουν την καταστροφική έλλειψη περίπου 800 εκατομμυρίων τόνων πράσινης ζωοτροφής (Berikashvili *et al*, 2014). Η επιδείνωση της υγείας των ζώων και η βιωσιμότητά τους θα μπορούσαν επίσης να αποτελέσουν δυνητικό κίνδυνο για την ανθρώπινη ύπαρξη και τον βιοπορισμό τους. Αυτό απαιτεί τη χρήση ορισμένων εναλλακτικών επιλογών, όπως τα

υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και τα χόρτα (λιγνοκυτταρική βιομάζα) ως πηγές ζωοτροφών (Neifar et al,2013). Εάν χρησιμοποιηθούν με σύνεση, αυτό μπορεί να παρέχει αρκετή ενέργεια και θρεπτικά συστατικά στα ζώα. Ωστόσο, η υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη και η χαμηλότερη πεπτικότητα και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και η κακή γεύση των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και των χόρτων αποθαρρύνουν τη χρήση τους ως μοναδική ζωοτροφή. Η λιγνίνη, ως υλικό τσιμέντου στο κυτταρικό τοίχωμα των φυτών, περιορίζει την πλήρη προσβασιμότητα των υδατανθράκων, το αποθεματικό ενέργειας, στους μικροοργανισμούς μέσα στο έντερο των μηρυκαστικών ζώων. Παρά τη χρήση διαφόρων φυσικών, χημικών και φυσικοχημικών μεθόδων για την απομάκρυνση της λιγνίνης από τα υπολείμματα των φυτών, επί του παρόντος οι ερευνητικές προσπάθειες επικεντρώνονται σε βιολογικές, ιδιαίτερα επειδή είναι περιβαλλοντικά καλοήθειες και ευρέως αποδεκτές (Shrivastava et al, 2014).

Η διατροφική αξία κάθε ζωοτροφής προσδιορίζεται από το βαθμό, στον οποίο η ζωοτροφή αυτή ανταποκρίνεται στην προαγωγή του φαινομένου της θρέψης χωρίς να θίγει την υγεία του ζώου. Παράγοντες που επηρεάζουν την αξία αυτή είναι:

- Η θρεπτική της αξία η οποία εκφράζει το ενεργειακό περιεχόμενο της ζωοτροφής.
- Η πεπτικότητα της οργανικής ουσίας.
- Η περιεκτικότητα σε αζωτούχες ενώσεις η οποία αποτελεί κριτήριο της καταλληλότητας της ζωοτροφής για κάθε τύπο ζώου.
- Η περιεκτικότητα σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά όπως είναι οι ινώδεις ουσίες, το ασβέστιο Ca, ο φώσφορος P.
- Η καθαρότητα και η ελκυστικότητα, το ευστόμαχο της ζωοτροφής.

Στη δημιουργία των σιτηρεσιών συμμετέχουν τα κτηνοτροφικά ψυχανθή και τα αγρωστώδη (*Leguminosae* και *Graminae*). Τα ψυχανθή είναι πλούσια σε πρωτεΐνες, ανόργανα άλατα, Ca, P και βιταμίνες A και D, στοιχεία βασικά στη διατροφή των ζώων. Τα ποσοστά ενσωμάτωσης των σπερμάτων των κτηνοτροφικών ψυχανθών στα μείγματα συμπυκνωμένων ζωοτροφών, όπως και στα ολικά σιτηρέσια, ποικίλλουν και εξαρτώνται από το είδος του κτηνοτροφικού ψυχανθούς και το είδος του ζώου για το οποίο προορίζονται, συνεκτιμώντας την ηλικία του, την παραγωγική του κατεύθυνση, τη διαθεσιμότητα στην αγορά, την επιστημονική γνώση και εμπειρία

στη χρήση τους, την ανοχή του ίδιου ζώου στο χρησιμοποιούμενο ψυχανθές και το κόστος προμήθειάς τους.

Ο περιορισμός της χρήσης τους οφείλεται σε παράγοντες (ANF), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη μείωση της πρόσληψης τροφής, τη μείωση της πεπτικότητας και την παρεμπόδιση της αφομοίωσης των θρεπτικών συστατικών από το ζώο με αποτέλεσμα τον περιορισμό της ανάπτυξης και της παραγωγικότητάς του.

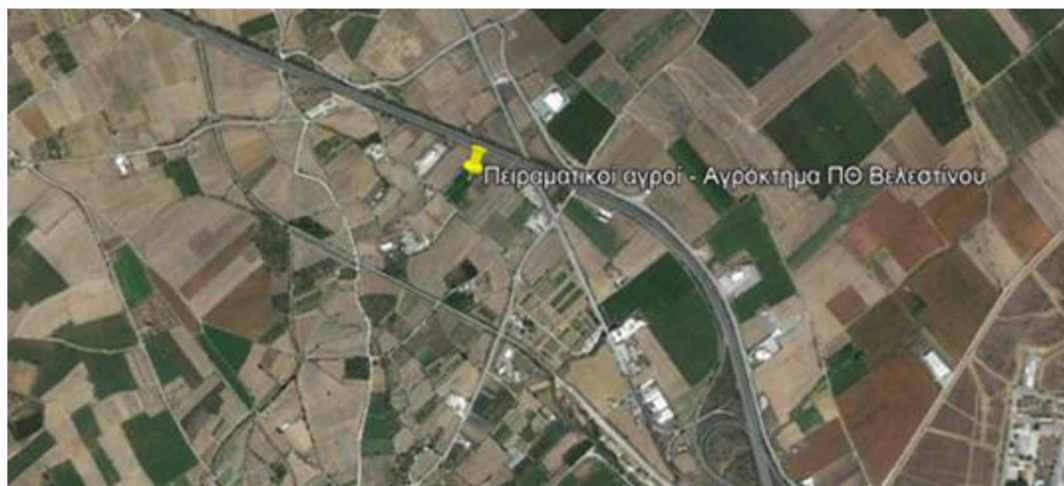
1.6 Σκοπός

Ο σκοπός της συγκεκριμένης διατριβής ήταν η αξιολόγηση διαφορετικών καλλιεργητικών συστημάτων (συγκαλλιέργεια ψυχανθούς με πολυετή καλλιέργεια κεχριού) και η επίδραση της λίπανσης στην απόδοση και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της παραγόμενης ζωοτροφής.

2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Εδαφικά και Μετεωρολογικά Δεδομένα

Για τους σκοπούς του ερευνητικού έργου εγκαταστάθηκαν πειραματικοί αγροί στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο την καλλιεργητική περίοδο 2018-2019 (Εικ. 1).



Εικόνα 1: Αγρόκτημα ΠΘ Βελεστίνου, πειραματικοί αγροί.

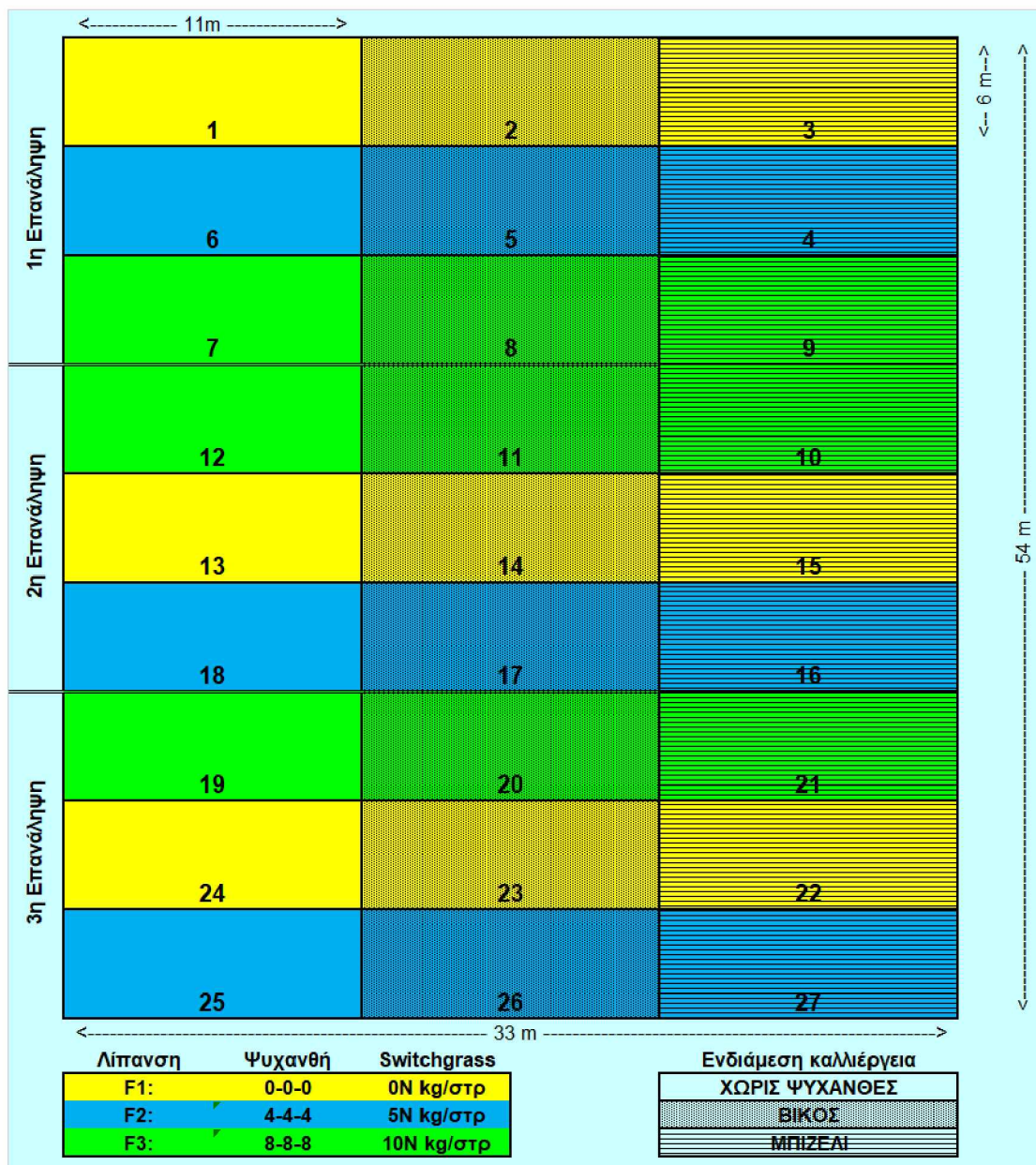
Η εκτίμηση των εδαφικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε με δειγματοληψία και ανάλυση από διάφορα σημεία του πειραματικού αγρού σε βάθος 0-30 cm και 30-60 cm.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής που είναι εγκατεστημένος στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

2.2 Πειραματικό Σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο (Εικ. 2) που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια του σόργου ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων με υποτεμάχια (split-plot design). Κύρια τεμάχια ήταν η ενδιάμεση καλλιέργεια ψυχανθούς και υποτεμάχια τα τρία επίπεδα λίπανσης (βασικής για τα ψυχανθή και αζωτούχου για το switchgrass) σε τρεις επαναλήψεις, συνολικά δηλαδή 27 τεμάχια.



Εικόνα 2: Πειραματικό σχέδιο ψυχανθών και switchgrass.

Λόγω του μεγάλου μεγέθους της σπαρτικής μηχανής ακαλλιέργειας του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Εικ. 3), κατέστη αδύνατη η τυχαιοποίηση του κύριου παράγοντα (ενδιάμεση καλλιέργεια). Αυτό στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα λόγω του μεγέθους του πειραματικού αγρού και της ομοιομορφίας του που προκύπτει και από προηγούμενες μελέτες.

2.3 Σπορά

Η σπορά των ψυχανθών πραγματοποιήθηκε το φθινόπωρο (10/12/2019), όπως και στους άλλους πειραματικούς αγρούς. Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία κτηνοτροφικού μπιζελιού “Όλυμπος” και η ποικιλία βίκου “Αλέξανδρος” με ποσότητα σπόρου 14 kg/στρέμμα και στα δύο φυτά.



Εικόνα 3: Εγκατάσταση ψυχανθών με σπαρτική μηχανή ακαλλιέργειας σε εγκατεστημένη φυτεία switchgrass στο Βελεστίνο.

2.4 Συγκομιδή

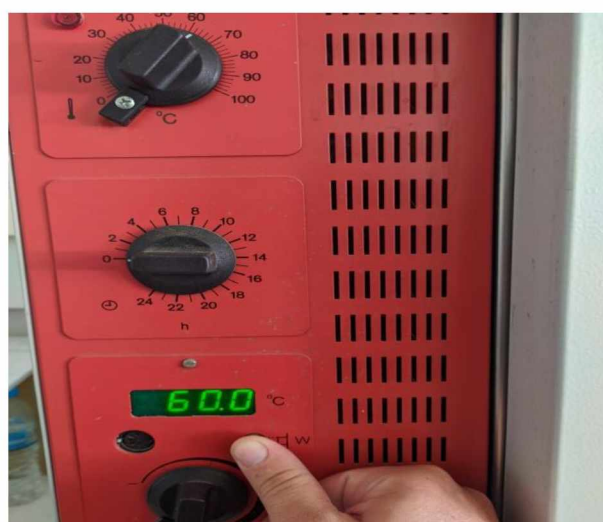
Η συγκομιδή των ψυχανθών και του switchgrass πραγματοποιήθηκε περί τα τέλη Μαΐου (25/05/2019).

2.5 Μετρήσεις

Για την εκτίμηση της απόδοσης των διαφορετικών καλλιεργειών στο τέλος του βιολογικού τους κύκλου, έγιναν δειγματοληψίες φυτών. Κάθε δειγματοληψία στα ψυχανθή και στο switchgrass περιλάμβανε την κοπή του υπέργειου τμήματος των φυτών που περικλείονταν εντός δύο τυχαίων τετράγωνων πλαισίων ($50\text{ cm} \times 50\text{ cm} = 0,25\text{ m}^2$) συνολικού εμβαδού $0,5\text{ m}^2$ από κάθε πειραματικό τεμάχιο. Αρχικά γινόταν καταγραφή του συνολικού χλωρού βάρους των φυτικών αυτών δειγμάτων. Στη συνέχεια επιλεγόταν ένα αντιπροσωπευτικό υπόδειγμα φυτών από το συνολικό δείγμα από κάθε τεμάχιο και ζυγίζοταν το χλωρό βάρος του πριν οδηγηθεί για ξήρανση. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 60°C (εικόνα 4). Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν:

- Μέτρηση χλωρού βάρους.
- Μέτρηση του ξηρού βάρους.



Εικόνα 4. Θάλαμος Ξήρανσης .

2.6 Εκτίμηση ποιοτικών χαρακτηριστικών φυτικών υλικών

Για την εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκε θρυμματισμός των αποξηραμένων φυτικών δειγμάτων (εικόνα 5) και στη συνέχεια με τη βοήθεια του αναλυτή NIR (DA 7250 NIRanalyzer, Perten Instruments, Hägersten, Sweden) πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών του φυτικού ιστού.



Εικόνα 5. Σφυρόμυλος

<https://www.mhxxanhmata.gr/loiipa/myloi-alesis-zootrofon/ilektrikos-mylos-alesis-zootrofon-metalliki-xoani-p-739.html>.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν (ως ποσοστό %) ήταν η τέφρα (ASH), η πρωτεΐνη, ο παράγοντας ουδέτερης αντιδράσεως ίνας (NDF), ο όξινης αντιδράσεως ίνας (ADF), οι ακατέργαστες ίνες (Crude fiber), τα λίπη (Fat), το ασβέστιο (Calcium) και ο φώσφορος (Phosphorus).

Οι παράγοντες ουδέτερης αντιδράσεως ίνας (NDF), όξινης αντιδράσεως ίνας (ADF) και ακατέργαστης ίνας (Crude fiber) υποδηλώνουν ποιοτικά χαρακτηριστικά του φυτού τα οποία σχετίζονται με την ηλικία και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Οι τιμές NDF και ADF εκτιμούν την περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε λιγνίνη, κυταρίνη, ημικυτταρίνες και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Για την εκτίμησή τους στο πρώτο χρησιμοποιείται διάλυμα ουδέτερης αντιδράσεως ενώ το δεύτερο χρησιμοποιείται διάλυμα όξινης αντιδράσεως.



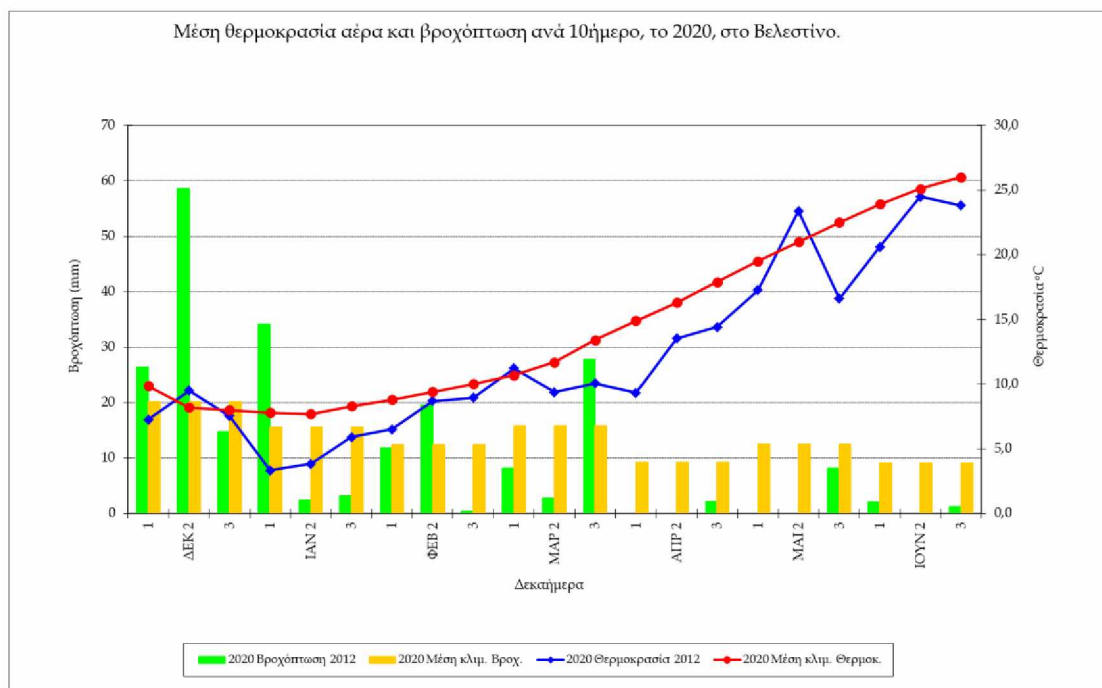
Εικόνα 4: Αναλυτής NIR (Φασματοφωτόμετρο).

2.7 Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο GenStat (7^η έκδοση) για την ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) για όλα τα δεδομένα, και χρησιμοποιήθηκε η ΕΣΔ_{0.05} ως κριτήριο δοκιμής για την εκτίμηση των διαφορών μεταξύ των μέσων όρων (Steel and Torrie, 1982).

3. Αποτελέσματα - Συζήτηση

3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα



Διάγραμμα 13 Η μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερα το 2020 στον πειραματικό αγρό στο Βελεστίνο. Τα δεδομένα αυτά αφορούν την βροχόπτωση (mm) και την μέση θερμοκρασία (°C).

Κατά τη σπορά (Δεκέμβριο) επικράτησαν φυσιολογικές για την εποχή θερμοκρασίες που σε συνδυασμό με τις βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν στο δεύτερο δεκαήμερο του Δεκεμβρίου είχαν ως αποτέλεσμα το φυσιολογικό και χωρίς προβλήματα φύτευμα σε ότι αφορά τον τελικό πληθυσμό φυτών, σχεδόν σε όλα τα πειραματικά τεμάχια και τελικά την επιτυχημένη εγκατάσταση της καλλιέργειας.

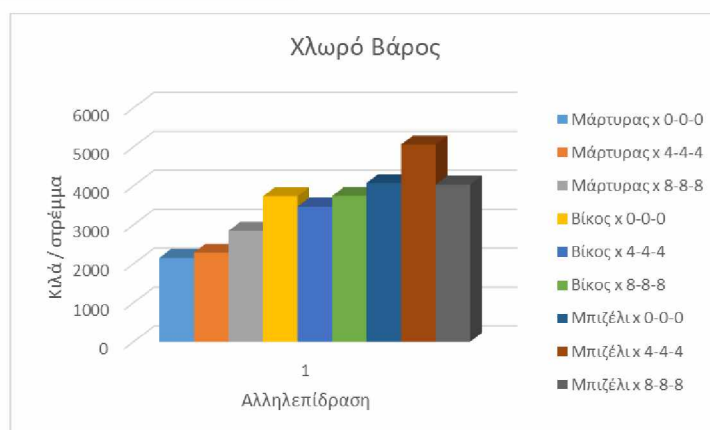
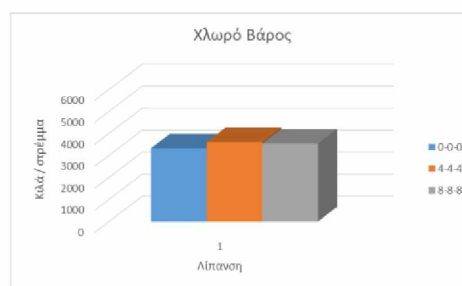
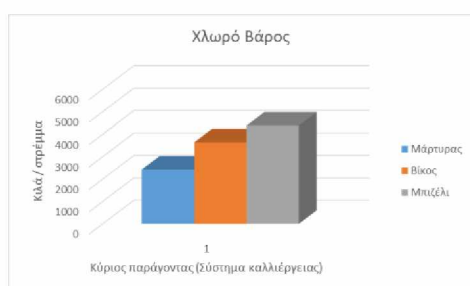
Η βροχόπτωση που σημειώθηκε στο πρώτο δεκαήμερο του Ιανουαρίου (περί τα 58 mm) όπου η καλλιέργεια ήταν στο βλαστικό στάδιο, έδωσε ώθηση στην καλλιέργεια που σε συνδυασμό με την επιφανειακή λίπανση προοιωνίζε καλή ανάπτυξη των καλλιεργειών. Ακολούθησε μια περίοδος με αρκετές βροχοπτώσεις (συνολικά 100 mm μέχρι μέσα Μαρτίου), όπως παρουσιάζονται στο διάγραμμα, οι οποίες βοήθησαν μεν στην επίτευξη παραγωγής ικανοποιητικής βιομάζας των καλλιεργειών. Οι τιμές των θερμοκρασιών ήταν φυσιολογικές για την ομαλή ανάπτυξη των καλλιεργειών κατά τους μήνες Μάρτιο-Απρίλιο.

3.2. Ποσοτικά χαρακτηριστικά

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι τιμές των ποσοτικών χαρακτηριστικών όπως χλωρό βάρος, ξηρό βάρος υγρασία και περιεκτικότητα σε άζωτο κατόπιν της στατικής επεξεργασίας σε σχέση με τον κύριο παράγοντα (Συγκαλλιέργεια), λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα συγκαλιέργεια και λίπανση ταυτόχρονα.

Μεταβλητές Παράγοντες		Χλωρό βάρος	Ξηρό βάρος	Ενσύρωμα 65% Υγρασία	Περιεκτικότητα σε N	Ξηρή ύλη	Υγρασία	
		(g/m ²)				%		
Συγκαλλιέργεια	Μάρτυρας	2429	256	1765	2,09	10,55	89,45	
	Βίκος	3647	704	2938	8,66	19,17	80,88	
	Μπιζέλι	4387	769	3463	8,49	17,69	82,31	
ΕΣΔ .05		1477,4	290,9	1189,8	4,497	1,29	1,29	
Λίπανση	0-0-0	3321	550	2592	5,84	16,14	83,86	
	4-4-4	3605	627	2833	7,29	16,14	83,86	
	8-8-8	3538	552	2730	6,11	15,07	84,93	
ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Συγκαλλιέργεια x Λίπανση	Μάρτυρας	0-0-0	2154	228	1566	1,87	10,61	89,39
		4-4-4	2288	248	1668	2,09	10,82	89,18
		8-8-8	2847	292	2062	2,3	10,24	89,76
	Βίκος	0-0-0	3734	708	2995	7,94	18,91	81,09
		4-4-4	3468	683	2808	8,93	19,56	80,44
		8-8-8	3740	721	3012	9,11	18,81	81,11
	Μπιζέλι	0-0-0	4074	714	3216	7,71	18,92	81,08
		4-4-4	5060	949	4056	10,84	18,06	81,94
		8-8-8	4028	643	3116	6,92	16,08	83,92
	ΕΣΔ .05		ns	ns	ns	ns	ns	ns

3.2.1. Χλωρό βάρος



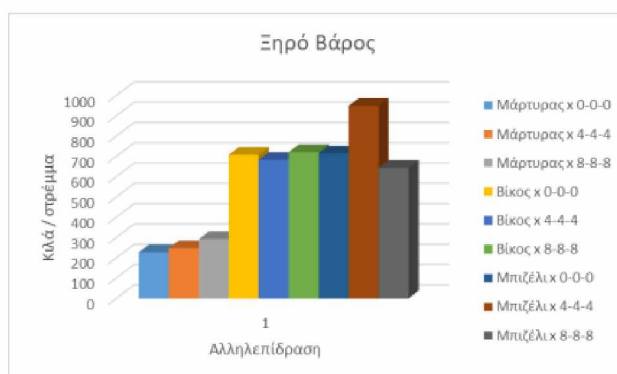
Διάγραμμα 1. Χλωρό βάρος στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Το χλωρό βάρος ως προς τον παράγοντα συγκαλλιέργεια παρουσιάζει υπεροχή στην περίπτωση τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας με ψυχανθή σε σχέση με το μάρτυρα με τιμές στα χλωρά βάρη σε βίκο και μπιζέλι 3647 και 4387 (κιλά / στρέμμα) αντίστοιχα.

Για τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές αλλά αριθμητική στην περίπτωση συγκαλλιέργειας switchgrass με μπιζέλι και λίπανση 4-4-4.

Μια υψηλή τιμή πιθανώς να οφείλεται σε κάποια ιδιαίτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας στο συγκεκριμένο σημείο. Το switchgrass είναι φυτό το οποίο γενικά εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία, με συνολικά πάνω απο 400mm νερού, με ιδιαίτερα κατά την κρίσιμη περίοδο της ανθοφορίας (Μάιος-Ιούλιος) είναι πιθανές οι αυξήσεις των τιμών τους.

3.2.2 Ξηρό βάρος

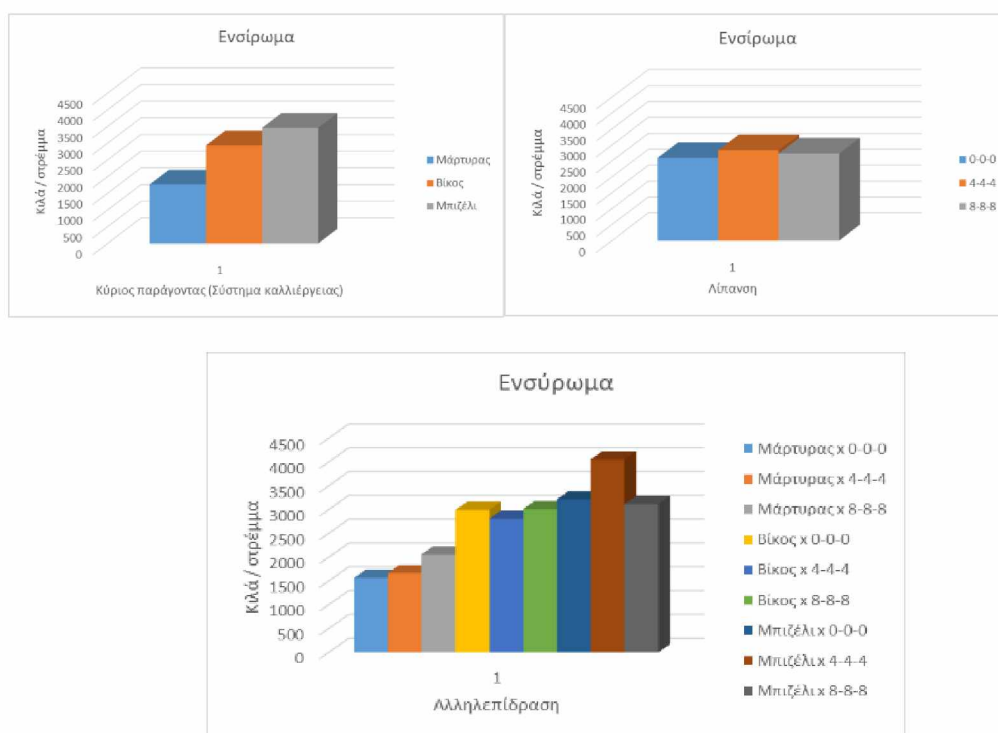


Διάγραμμα 2. Ξηρό βάρος στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Παρατηρείται ότι το ξηρό βάρος ως προς τον παράγοντα συγκαλλιέργεια παρουσιάζει υπεροχή τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας με ψυχανθή σε σχέση με το μάρτυρα με τιμές στο νωπό βάρος σε βίκο και μπιζέλι 704 και 769 (κιλά/ στρέμμα) αντίστοιχα. Ακόμη στην συγκαλλιέργεια με μπιζέλι η τιμή του ξηρού βάρους ήταν εξαιρετικά υψηλή. Για τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημειώθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές αλλά αριθμητική στην περίπτωση συγκαλλιέργειας switchgrass με μπιζέλι και λίπανση 4-4-4.

Η υψηλή τιμή είναι πιθανό να οφείλεται σε κάποια ιδιαίτερη ανάπτυξης της καλλιέργειας στο συγκεκριμένο σημείο καθώς ανάλογα με τον εδαφικό τύπο, η απόδοση μεγιστοποιείται, για τα ελαφρά και βαριά εδάφη, από την εγκατάσταση της καλλιέργειας. Η τελική του απόδοσή σε ξηρή βιομάζα γενικά ποικίλει, ανάλογα με τη γονιμότητα του εδάφους καθώς και η ποιότητά του λόγω, κυρίως της μικρότερης περιεκτικότητας σε επιβλαβή ανόργανα στοιχεία.

3.2.3 Ενσίρωμα

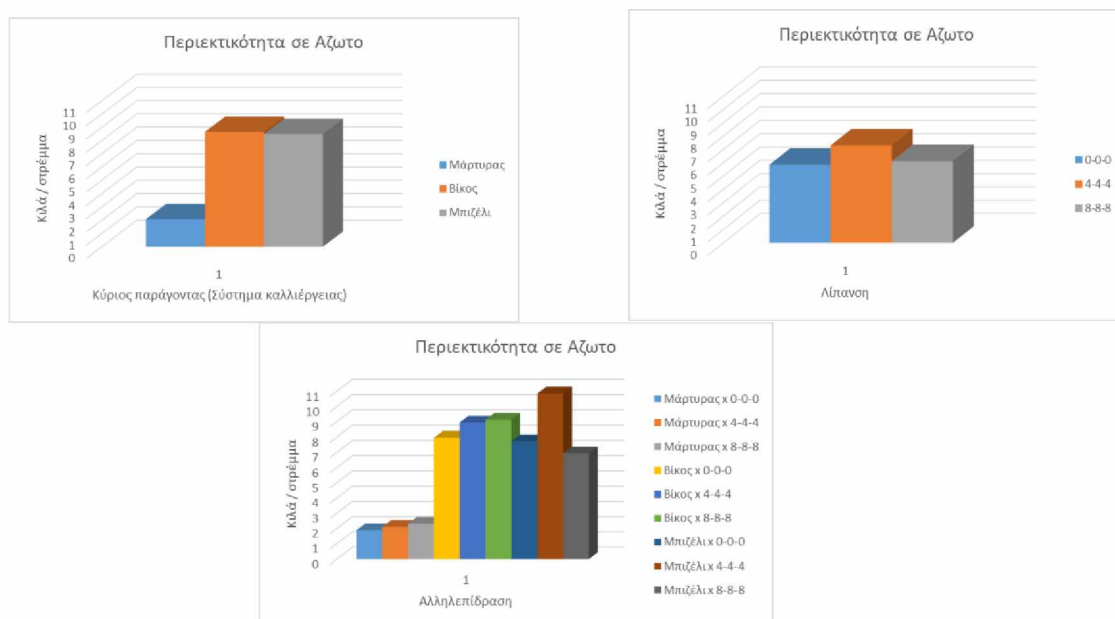


Διάγραμμα 3. Απόδοση σε ενσύρωμα υγρασίας 65% ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Σύμφωνα με το διάγραμμα 3 το ενσύρωμα ως προς τον παράγοντα συγκαλλιέργεια παρουσιάζει υπεροχή στην περίπτωση τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας με ψυχανθή σε σχέση με το μάρτυρα με τιμές στα νωπά βάρη σε βίκος και μπιζέλι 2938, 3463(κιλά/στρέμμα) αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι στην συγκαλλιέργεια με μπιζέλι η τιμή του ενσυρώματος ήταν εξαιρετικά υψηλή αποδεικνύοντας ότι για παραγωγή ενσυρώματος για μεγάλες αποδόσεις και εξοικονόμηση στρεμμάτων είναι η συγκαλλιέργεια switchgrass με μπιζέλι. Για τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές αλλά αριθμητική στην περίπτωση συγκαλλιέργειας switchgrass με μπιζέλι και λίπανση 4-4-4.

Η τιμή που παρουσιάζεται υψηλή είναι πιθανό να οφείλεται σε κάποια ιδιαίτερη ανάπτυξης της καλλιέργειας στο συγκεκριμένο σημείο. Κατά τη διάρκεια της άνοιξης, το switchgrass έχει σχεδόν 15% περιεκτικότητα σε ακατέργαστες πρωτεΐνες και πάνω από 70% περιεκτικότητα σε εύπεπτες ξηρές ουσίες. Επειδή, συνήθως, οι συγκεντρώσεις αυτές μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού μειώνονται και αυξάνονται, αντίστοιχα, είναι πιθανό να επηρέασαν την αποδοτικότητα σε άζωτο του ενσυρώματος δικαιολογώντας την παραπάνω τιμή.

3.2.4 Περιεκτικότητα σε άζωτο



Διάγραμμα 4. Περιεχόμενο άζωτο στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Η εικόνα που παρουσίασε το διάγραμμα 4 για την περιεκτικότητα σε άζωτο ως προς τον παράγοντα συγκαλλιέργεια παρουσιάζει υπεροχή στην τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας με ψυχανθή σε σχέση με το μάρτυρα με τιμές σε περιεκτικότητα αζώτου σε βίκο και μπιζέλι 866,849 (κιλα/στρέμμα) αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι στην συγκαλλιέργεια με βίκο η τιμή του περιεχόμενου αζώτου ήταν εξαιρετικά υψηλή. Το συμπέρασμα που προκύπτει από την συγκεκριμένη παράμετρο είναι η επιλογή του συγκεκριμένου τύπου συγκαλλιέργειας ως εμπλουτισμό του εδάφους με χλωρή λίπανση. Για τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές αλλά αριθμητική στην περίπτωση συγκαλλιέργειας switchgrass με μπιζέλι και λίπανση 4-4-4.

Αυτή η υψηλή τιμή είναι πιθανό να οφείλεται σε κάποια ιδιαίτερη ανάπτυξης της καλλιέργειας στο συγκεκριμένο σημείο καθώς επίσης και από κλιματολογικές συνθήκες. Ακόμη, η αποτελεσματικότητα της χρήσης του αζώτου (NUE) εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της διαθεσιμότητας αζώτου του εδάφους, την πρόσληψη και την αφομοίωση, και του λόγου άνθρακα-αζώτου (C/N).

3.3 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά

Στον πίνακα που ακολουθεί αναγράφονται οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως πρωτεΐνη επί ξηρού, λιπαρά, ασβέστιο κ.α., κατόπιν της στατιστικής επεξεργασίας σε σχέση με τον κύριο παράγοντα (συγκαλλιέργεια), τον δευτερεύον παράγοντα (λίπανση) αλλά και της αλληλεπίδρασή τους.

Μεταβλητές Παράγοντες		ΥΓΡΑΣΙΑ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ ΩΣ ΕΚΕΙ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ ΕΠΙ ΞΗΡΟΥ	ΣΤΑΧΤΗ ΩΣ ΕΚΕΙ	NDF ΩΣ ΕΚΕΙ	ADF ΩΣ ΕΚΕΙ	ΙΝΕΣ ΩΣ ΕΚΕΙ	ΛΙΠΑΡΑ	ΑΣΒΕΣΤΙΟ	ΦΩΣΦΟΡΟ	
		%										
Συγκαλλιέργεια	Μάρτυρας	7,93	4,76	5,17	4,68	47,65	28,22	32,12	1,77	0,23	0,15	
	Βίκος	7,83	6,97	7,56	4,85	48,72	28,85	34,53	1,71	0,25	0,14	
	Μπιζέλι	7,77	6,19	6,72	4,32	48,02	28,43	35,86	1,66	0,23	0,12	
ΕΣΔ _{.05}		<i>ns</i>	1,447	1,596	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	2,423	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
Λίπανση	0-0-0	7,67	5,78	6,26	4,5	48,03	28,43	34,71	1,71	0,23	0,13	
	4-4-4	7,96	6,15	6,68	4,66	47,01	28,23	33,91	1,73	0,2	0,14	
	8-8-8	7,77	5,99	6,5	4,69	48,55	28,85	34,28	1,69	0,2	0,14	
ΕΣΔ _{.05}		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
Συγκαλλιέργεια x Λίπανση	Μάρτυρας	0-0-0	7,71	4,75	5,14	4,66	48,14	28,59	33,26	1,74	0,22	0,15
		4-4-4	8,14	4,9	5,34	4,69	46,72	27,5	30,87	1,81	0,23	0,16
		8-8-8	7,95	4,62	5,02	4,7	48,1	28,58	32,22	1,74	0,23	0,15
	Βίκος	0-0-0	7,64	6,34	6,86	4,79	49,17	29,2	34,99	1,68	0,24	0,14
		4-4-4	7,97	7,38	8,03	4,85	48,36	28,52	35,21	1,71	0,25	0,13
		8-8-8	7,87	7,17	7,79	4,91	48,62	28,84	34,58	1,73	0,25	0,14
	Μπιζέλι	0-0-0	7,66	6,26	6,78	4,04	46,78	27,52	35,89	1,71	0,22	0,11
		4-4-4	7,77	6,15	6,67	4,44	48,35	28,66	35,65	1,67	0,23	0,12
		8-8-8	7,89	6,17	6,69	4,48	48,94	29,12	36,03	1,61	0,23	0,12
	ΕΣΔ _{.05}		<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

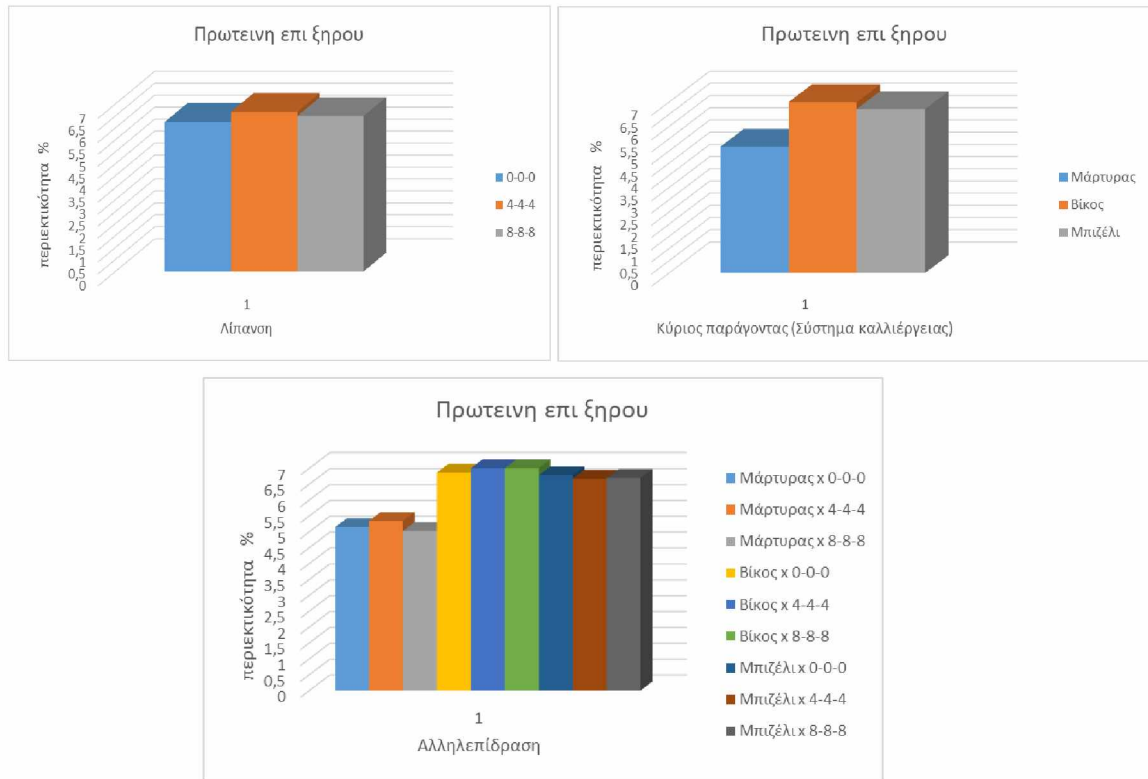
Πίνακας 1. Ποιοτικά χαρακτηριστικά συγκομισθέντας ζωτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

3.3.1 Πρωτεΐνη επί ξηρού

Η πρωτεΐνη επί ξηρού ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά σημαντικά παρουσιάζει υπεροχή στην περίπτωση συγκαλλιέργειας switchgrass με βίκο (συγκεκριμένα 7,56%, Πίνακας 1) γεγονός που καθιστά το συγκεκριμένο τύπο συγκαλλιέργειας πιο ανταγωνιστικό στην παράγωγή ζωτροφής υψηλής πρωτεϊνικής σύνθεσης. Το γεγονός αυτό συμφωνεί με τη βιβλιογραφία που αναφέρει ότι ο βίκος σε σμιγμό με δημητριακά παρέχει υψηλή παραγωγή υπέργειας βιομάζας πλούσια σε πρωτεΐνη (Hayden et al., 2012).

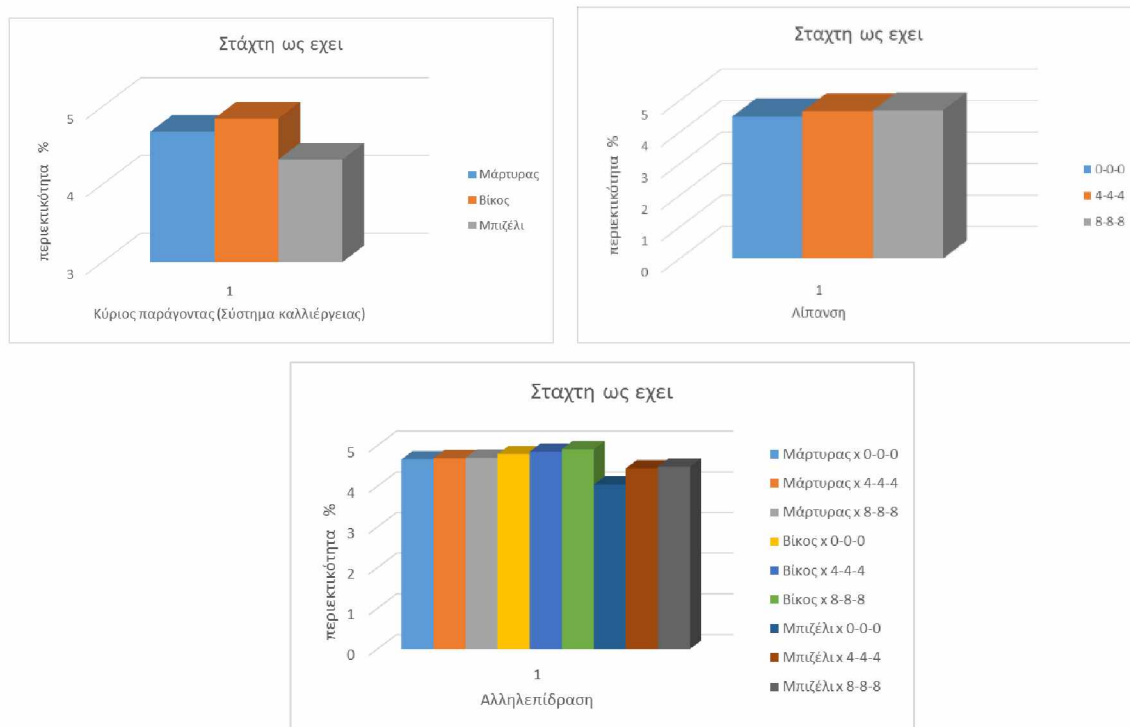
Ο παράγοντας λίπανσης αλλά και η αλληλεπίδραση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρά μόνο αριθμητικές. Τέλος, τα αποτελέσματα από την παρούσα έρευνα δείχνουν ότι το σύστημα μονοκαλλιέργειας του switchgrass με μηδενική λίπανση παράγει ζωτροφή με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ίση με 4,75%

που συμφωνεί απόλυτα με προηγούμενη έρευνα που διεξήχθη στην ίδια περιοχή αν και η καλλιέργεια ήταν σε μικρότερο έτος (Γιαννούλης Κ.Δ., 2014).



Διάγραμμα 5. Περιεχόμενη πρωτεΐνη στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

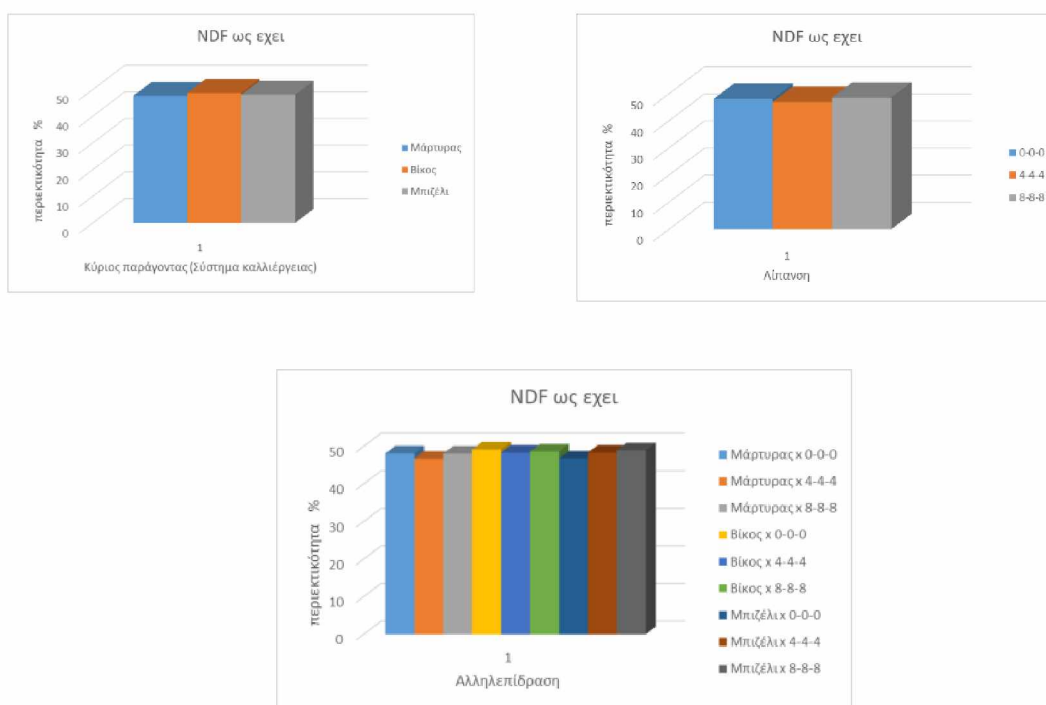
3.3.2. Στάχτη ως έχει



Διάγραμμα 6. Περιεχόμενη στάχτη στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6 η στάχτη επί ξηρού ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικώς όσο και στατιστικώς δεν σημείωσαν σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά τον παράγοντα της λιπάνσεως και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία ο παράγοντας της άρδευσης είναι εκείνος που φαίνεται ότι επηρεάζει τη % περιεκτικότητα σε στάχτη των βλαστών, με παράλληλη αύξηση της περιεκτικότητας σε στάχτη με την αύξηση της άρδευσης ενώ ο παράγοντας της λίπανσης συνήθως έχει ασυμπτωτική επίδραση στην περιεκτικότητα της στάχτης (Γιαννούλης Κ.Δ., 2014)

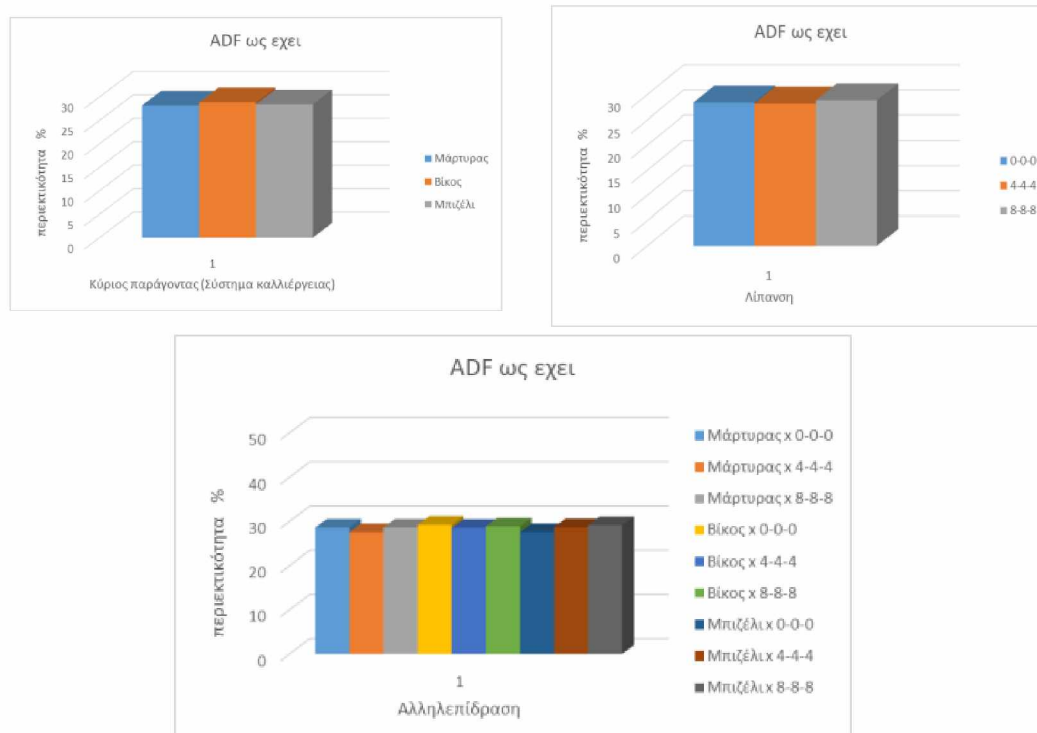
3.3.3 Ndf ως έχει



Διάγραμμα 7. Περιεχόμενη NDF στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Η Ndf ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικώς όσο και στατιστικώς δεν σημείωσαν σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

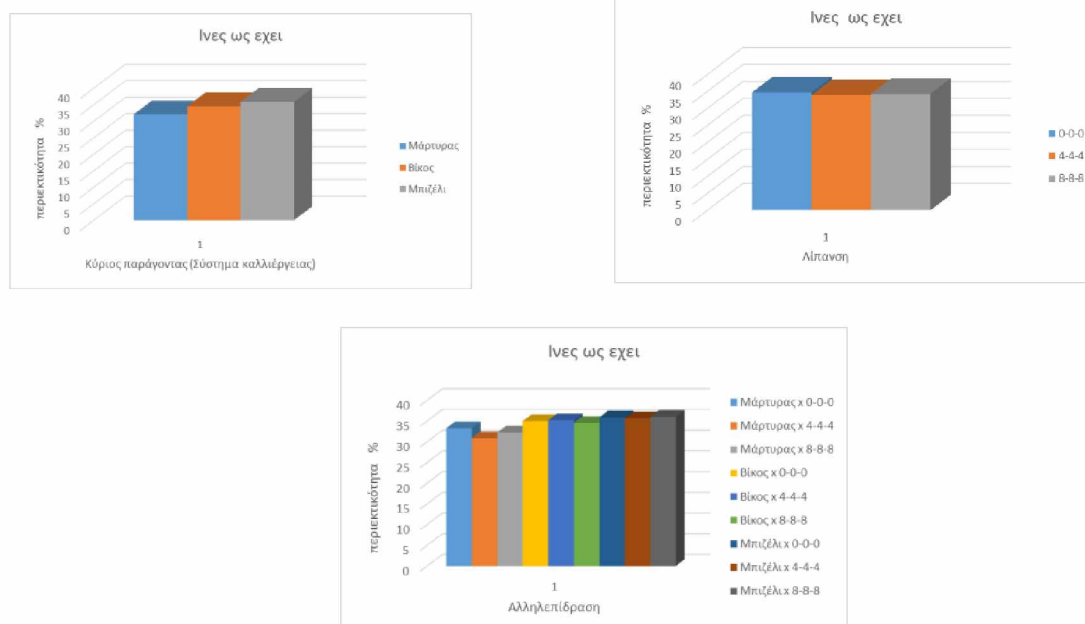
3.3.4 Adf ως έχει



Διάγραμμα 8. Περιεχόμενη ADF στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Η Adf ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικώς όσο και στατιστικώς δεν σημείωσαν σημαντικές διαφορές . Όσων αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές .

3.3.5 Ίνες ως έχει

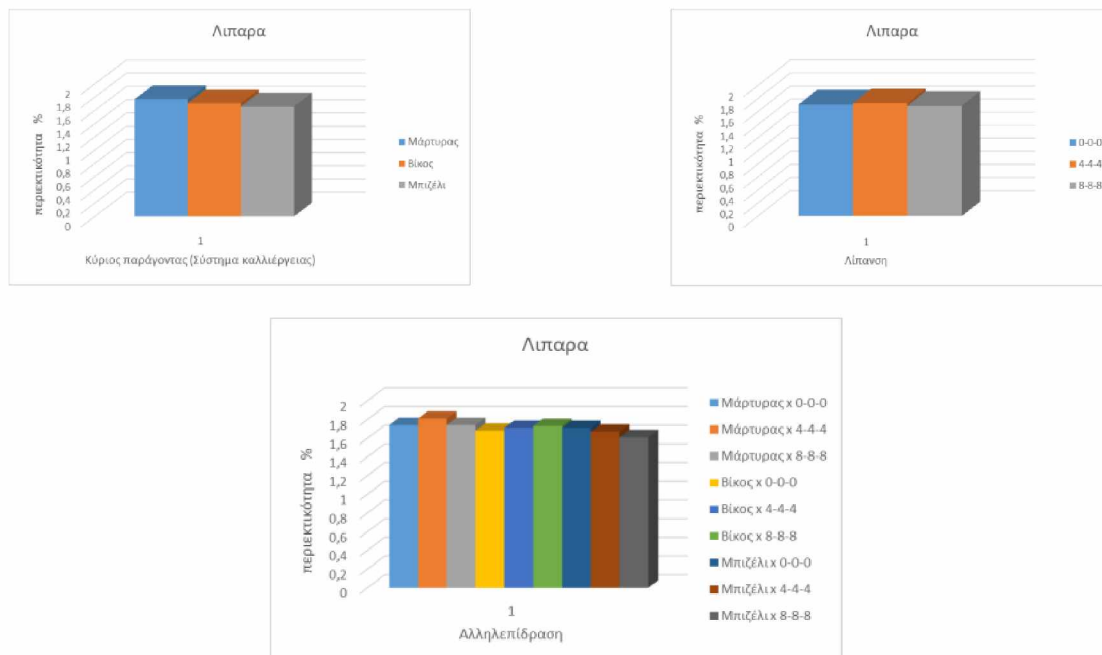


Διάγραμμα 9. Περιεχόμενες ίνες στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Οι ίνες ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά σημαντικά παρουσιάζει κάποια υπεροχή στην περίπτωση συγκαλιέργεια μπιζελιού και (switchgrass) με περιεκτικότητα (35,86%).

Οι φυτικές ίνες βοηθούν στην περίπτωση κατανάλωσης από ζώα εντατικής εκτροφής σε καλύτερη λειτουργία του εντέρου και καλύτερη απορρόφηση θρεπτικών συστατικών από τις τροφές που προσλαμβάνουν. Το switchgrass κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, αυξάνει η περιεκτικότητά του σε ίνες, κάτι που το καθιστά λιγότερο κατάλληλο για ζωοτροφή (Γιαννούλης Κ.Δ.,2014). Όσων αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές .

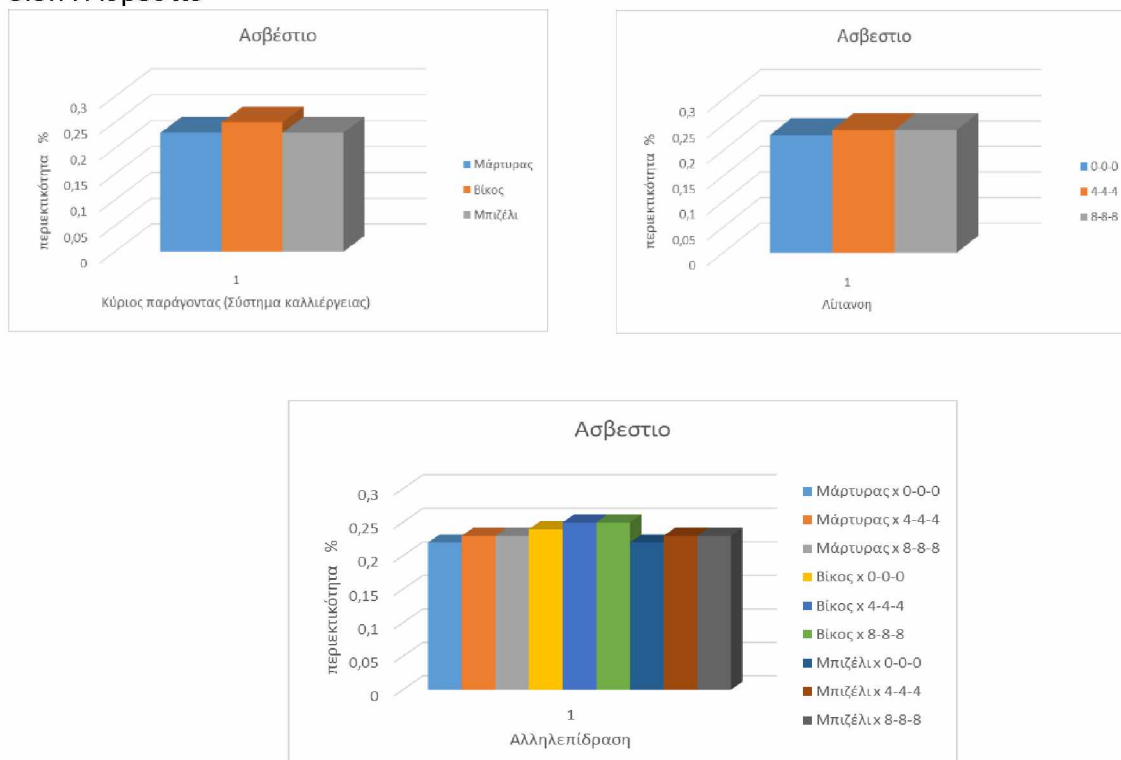
3.3.6 Λιπαρά



Διάγραμμα 10. Περιεχόμενη λιπαρά στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Τα λιπαρά όσων αφορά τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά σημαντικά δεν παρουσιάζει κάποια διαφορά . Όσων αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

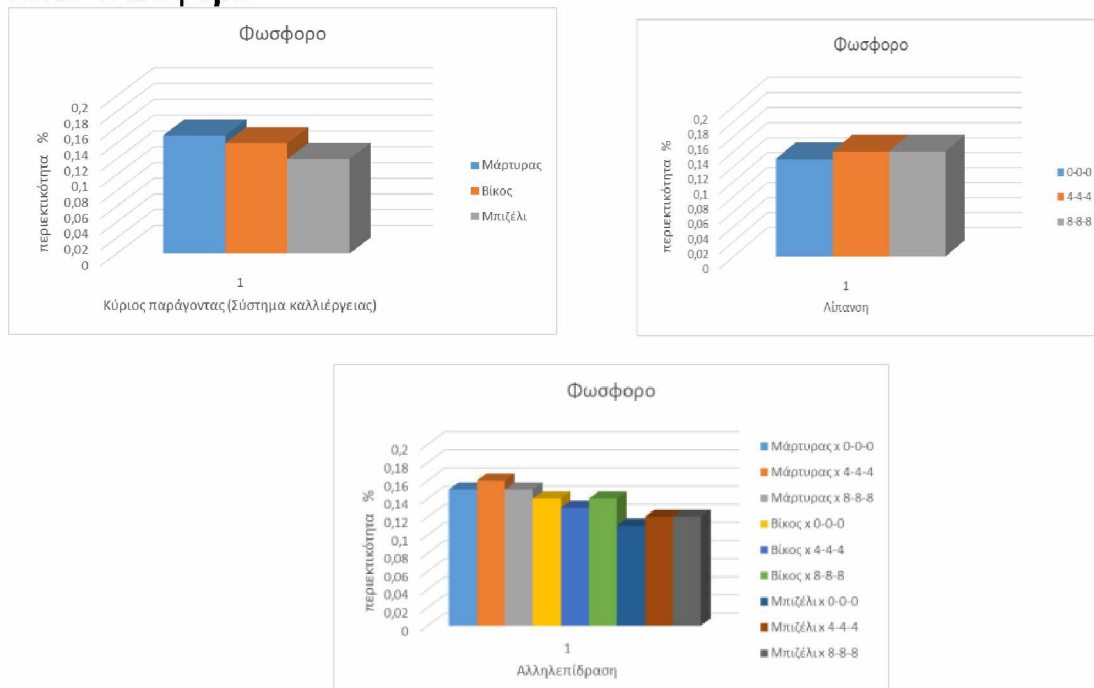
3.3.7. Ασβέστιο



Διάγραμμα 11. Περιεχόμενο ασβέστιο στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Το ασβέστιο ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές .

3.3.8 Φώσφορο



Διάγραμμα 12. Περιεχόμενη φώσφορο στη συγκομισθέντα ζωοτροφής του switchgrass για τα 3 διαφορετικά καλλιεργητικά συστήματα (συγκαλλιέργεια) και τις 3 διαφορετικές λιπάνσεις, (Μάρτυρας, Βίκος, Μπιζέλι; 0-0-0, 4-4-4, 8-8-8 kg N-P-K/στρ.).

Το φώσφορο ως προς τον κύριο παράγοντα (Σύστημα καλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά σημαντικά δεν παρουσιάζει κάποια διαφορά . Όσον αφορά τον παράγοντα λίπανση και τον δευτερεύοντα παράγοντα αλληλεπίδρασης σύστημα καλλιέργειας σε συνδυασμό με λίπανση δεν σημείωσαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές .

4.Συμπεράσματα

Από την πραγματοποίηση της παραπάνω έρευνας προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Για ξηρό βάρος και ενσύρωμα φαίνεται ότι υπάρχει παραγωγή υψηλή, κάτι που το επιθυμούν οι παραγωγοί και ειδικότερα όσοι καλλιεργούν λίγα στρέμματα και στοχεύουν σε μεγάλη παραγωγή. Βρέθηκε ότι η πρωτεΐνη που καταλαμβάνει την υψίστης σημασίας χαρακτηριστικό στη ζωοτροφή είναι μεγιστοποιείται στην περίπτωση της συγκαλλιέργειας καθιστώντας την παραγωγή μιας υπέργειας βιομάζας για ζωοτροφή πολύ θελκτική. Το γεγονός αυτό έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία ότι ο βίκος σε σμιγό με δημητριακά παρέχει υψηλή παραγωγή υπέργειας βιομάζας πλούσια σε πρωτεΐνη
- Οι τιμές των περιεχομένων λιπαρών, του ασβεστίου και φωσφόρου δεν επηρεάστηκαν από την συγκαλλιέργεια. Επιπλέον, βρέθηκε ότι ούτε η στάχτη δεν παρουσίασε διαφορές καθιστώντας την ασήμαντο ποιοτικό χαρακτηριστικό για την ζωοτροφή .
- Οι ίνες ως προς τον κύριο παράγοντα (σύστημα συγκαλλιέργειας) τόσο αριθμητικά όσο και στατιστικά παρουσιάζει υπεροχή .
- Τελικά ως γενικό συμπέρασμα θα μπορούσε να διεξαχθεί ότι η συγκαλλιέργεια του switchgrass με την καλλιέργεια των ψυχανθών που δοκιμάστηκαν, υπερτερεί τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά, καθιστώντας το σύστημα αυτό ως μια ιδανική λύση για την εξασφάλιση της παραγωγής ποιοτικής ζωοτροφής με προοπτική στην ενίσχυση της κτηνοτροφίας στη Ελλάδα.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Γιαννούλης Κ.Δ., 2014. Το switchgrass ως ενεργειακό φυτό: προσαρμοστικότητα στην κεντρική Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ 1-216 (xxiv, 216 σ., εικ., πιν., γραφ.).
- Δόρδας Χρήστος (2009) Μαθήματα γενικής γεωργίας, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ. Εκδότης: Σύγχρονη Παιδεία
- Καραμάνος Ανδρέας (1999) Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων Αραβόσιτος-Σόργο-Ρύζι-Κεχρί, Εκδόσεις Παπαζήση.
- Παπακώστα-Τασοπούλου Δέσποινα (2012) Ειδική γεωργία, Σιτηρά και ψυχανθή", Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ. Εκδότης: Σύγχρονη Παιδεία
- Παπασυλιανού Παναγιώτα Θηρεσία, Μπίλαλης Δημήτριος, Τραύλος Ηλίας Παπαθεοχάρη Αικατερίνη Γιολάντα (2015) *Ειδική Γεωργία II* Εαρινά σιτηρά-βιομηχανικά-ελαιούχα φυτά και εαρινά ζιζάνια, εκδοσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα

Ξενόγλωσση

- Anil L., Park J., Phipps R.M., Miller F.A., 1998, "Temperate intercropping of cereals for forage a review of the potential for the growth and utilization with particular reference to the U.K.", Department of agriculture
- Berikashvili, V., Jokharidze, T., Kachlishvili, E., Khardziani, T., Denchev, D., & Elisashvili, V. (2014). The comparison of white-rot basidiomycetes lignocellulolytic potential in wheat straw solid-state Fermentation. *Ecological Eng. Environ. Protection*, 1, 69-74.
- Ciampitti, I. A., Murrell, S. T., Camberato, J. J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P., et al. (2013). Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to plant density and N stress factors: I. vegetative phase. *Crop Sci.* 53, 2105–2119. doi: 10.2135/cropsci2013.01.0040

- De la Rosa, L., López-Román, M. I., González, J. M., Zambrana, E., Marcos-Prado, T., & Ramírez-Parra, E. (2021). Common Vetch, Valuable Germplasm for Resilient Agriculture: Genetic Characterization and Spanish Core Collection Development. *Frontiers in plant science*, 12, 282.
- DeBruin, J., and Butzen, S. (2014). Nitrogen uptake in corn. *Pioneer Crop Insights* 24.
- Dhall, R. K. (2017). Pea cultivation. *Bulletin No. PAU/2017/Elec/FB/E*, 29.
- Elbersen H.W., Christian D.G., Bassam N. El., Sauerbeck G., Alexopolou E., Sharma N., Piscioneri I., de Visser P and van den Berg (2004). A management guide for planting and production of switchgrass as a biomass crop n Europe. Final Report FAIR 5-CT97-3701.
- Fike, D. A., Grotzinger, J. P., Pratt, L. M., & Summons, R. E. (2006). Oxidation of the Ediacaran Ocean. *Nature*, 444(7120), 744–747. doi:10.1038/nature05345
- Giannoulis K.D., Karyotis T., Sakellariou-Makrantonaki M., Bastiaans L., Struik P.C., Danalatos N.G., 2016. Switchgrass biomass partitioning and growth characteristics under different management practices. *Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 61-67.
- Giannoulis K.D., Vlontzos G., Karyotis T., Bartzialis D., Danalatos N.G., 2013. Economic Efficiency of Different Agricultural Practices of “*Panicum virgatum* L. (switchgrass)” for Fodder Production. *Journal of Agricultural Science* 5(12), 132-144.
- Goh, C. H., Nicotra, A. B., & Mathesius, U. (2016). The presence of nodules on legume root systems can alter phenotypic plasticity in response to internal nitrogen independent of nitrogen fixation. *Plant, cell & environment*, 39(4), 883-896.
- Goron, T. L., Bhosekar, V. K., Shearer, C. R., Watts, S., & Raizada, M. N. (2015). *Whole plant acclimation responses by finger millet to low nitrogen stress. Frontiers in Plant Science*, 6. doi:10.3389/fpls.2015.00652
- Gupta, A. K., Guar, V. S., Gupta, S., and Kumar, A. (2013). Nitrate signals determine the sensing of nitrogen through differential expression of genes involved in nitrogen uptake and assimilation in finger millet. *Funct. Integr. Genomics* 13, 179–190. doi: 10.1007/s10142-013-0311-x
- Gupta, N., Gupta, A. K., Gaur, V. S., and Kumar, A. (2012). Relationship of nitrogen use efficiency with the activities of enzymes involved in nitrogen uptake and

- assimilation of finger millet genotypes grown under different nitrogen inputs. *Sci. World J.* 2012, 1–10. doi: 10.1100/2012/625731
- Gupta, S., Gupta, S. M., Gupta, A. K., Gaur, V. S., and Kumar, A. (2014). Fluctuation of Dof1/Dof2 expression ratio under the influence of varying nitrogen and light conditions: involvement in differential regulation of nitrogen metabolism in two genotypes of finger millet (*Eleusine coracana* L.). *Gene* 546, 327–335. doi: 10.1016/j.gene.2014.05.057
- Guretzky, J. A., Biermacher, J. T., Cook, B. J., Kering, M. K., & Mosali, J. (2010). Switchgrass for forage and bioenergy: harvest and nitrogen rate effects on biomass yields and nutrient composition. *Plant and Soil*, 339(1-2), 69–81. doi:10.1007/s11104-010-0376-4
- Hayden, J. K., Smiley, R. A., Alexander, M., Kardong-Edgren, S., & Jeffries, P. R. (2014). The NCSBN national simulation study: A longitudinal, randomized, controlled study replacing clinical hours with simulation in prelicensure nursing education. *Journal of Nursing Regulation*, 5(2), S3-S40.
- Hayden, M. S., & Ghosh, S. (2012). NF- κ B, the first quarter-century: remarkable progress and outstanding questions. *Genes & development*, 26(3), 203-234.
- Hayden, Z., M. Ngouajio, and D. Brainard. 2014. Rye–vetch mixture proportion tradeoffs: Cover crop productivity, nitrogen accumulation, and weed suppression. *Agron. J.* 106:904–914. doi:10.2134/agronj2013.0467
- Hayden, Z.D., D.C. Brainard, B. Henshaw, and M. Ngouajio. 2012. Winter annual weed suppression in rye–vetch cover crop mixtures. *Weed Technol.* 26:818–825. doi:10.1614/WT-D-12-00084.1
- Jakobsen, I. (1985). The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiol. Plant.* 64:190-196.
- Kasturikrishna, S., Ahlavat, P.S. (1999). Growth and yield response of pea (*Pisum sativum*) to moisture stress, phosphorus, sulphur and zinc fertilizers. *Indian J. Agron.* 44: 588-596.
- Keshwani, D. R., & Cheng, J. J. (2009). Switchgrass for bioethanol and other value-added applications: A review. *Bioresource Technology*, 100(4), 1515–1523. doi:10.1016/j.biortech.2008.09.035.
- Kosev, V. I., & Vasileva, V. M. (2019). Morphological characterization of Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) Varieties.

- Liebig, M. A., Johnson, H. A., Hanson, J. D. and Frank, A. B. (2005). Soil carbon under switchgrass stands and cultivated cropland. *Biomass Bioenergy*. 28: 347–354.
- Lindsay, K. R., Popp, M. P., West, C. P., Ashworth, A. J., Rocateli, A. C., Farris, R., Acosta-Gamboa, L. (2018). Predicted harvest time effects on switchgrass moisture content, nutrient concentration, yield, and profitability. *Biomass and Bioenergy*, 108, 74–89. doi:10.1016/j.biombioe.2017.09.017
- Madakadze IC, Radiotis T, Li J, Smith DL. (1999). Kraft pulping characteristics and pulp properties of warm season grasses. *Bioresource Technol.*, 69: 75-85.
- Mihailovic, I., Roy, A., & Zwaenepoel, W. (2013, November). X-stream: Edge-centric graph processing using streaming partitions. In *Proceedings of the Twenty-Fourth ACM Symposium on Operating Systems Principles* (pp. 472-488).
- Mihailovic, V., Mikic, A., Cupina, B., Krstic, D., Antanasovic, S. and Radojevic, V. (2013). Forage yields and forage yield components in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Journal Legume Research*. 36(1): 67-69. <http://www.arccjournals.com/journal/legume-research-an-international-journal/ARCC207>
- Muir AI, Chamberlain L, Elshourbagy NA, Michalovich D, Moore DJ, Calamari A, et al. (2001). AXOR12, a novel human G protein-coupled receptor, activated by the peptide KiSS-1. *J Biol Chem*. 2001;276:28969–28975.
- Neifar, M., Jaouani, A., Ayari, A., Abid, O., Salem, H. B., Boudabous, A., ... & Ghorbel, R. E. (2013). Improving the nutritive value of olive cake by solid state cultivation of the medicinal mushroom *Fomes fomentarius*. *Chemosphere*, 91(1), 110-114.
- Parrish D, Fike J (2005). The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24: 423–459.
- Polignano, G. B., Bisignano, V., Tomaselli, V., Ugenti, P., Alba, V. and Gatta, C. D. (2009). Genotype × Environment Interaction in Grass Pea (*Lathyrus sativus* L.) Lines. *International Journal of Agronomy*. 2009: 1-8. DOI: doi:10.1155/2009/898396.
- Pradhan, A., Thakur, A., Patel, S., and Mishra, N. (2011). Effect of different nitrogen levels on kodo and finger millet under rainfed conditions. *Res. J. Agric. Sci.* 2, 136–138.

- Rosecrance, R.C., G.W. McCarty, D.R. Shelton, and J.R. Teasdale. 2000. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. *Plant Soil* 227:283–290. doi:10.1023/A:1026582012290
- Shrivastava, B., Jain, K. K., Kalra, A., & Kuhad, R. C. (2014). Bioprocessing of wheat straw into nutritionally rich and digested cattle feed. *Scientific Reports*, 4(1), 1-9.
- Sidorova, K. K., Levko, G.D. and Shumny, V.K. (2013). Investigation of nodulation and nitrogen fixation in annual species and varieties of vetchling, genus *Lathyrus*. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 3(3): 197-202. DOI: <https://doi.org/10.1134/s2079059713030106>
- Steel RGD, Torrie JH, 1982. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach, 2nd ed., McGraw-Hill, Inc (eds), 633.
- Thilakarathna, M. S., and Raizada, M. N. (2015). A review of nutrient management studies involving finger millet in the semi-arid tropics of Asia and Africa. *Agronomy* 5, 262–290. doi: 10.3390/agronomy5030262
- Tosti, G., P. Benincasa, M. Farneselli, F. Tei, and M. Guiducci. 2014. Barley–hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. *Eur. J. Agron.* 54:34–39. doi:10.1016/j.eja.2013.11.012
- Yemane, A. Skjelvag, A.O. (2003). Effects of Fertilizer Phosphorus on Yield Traits of Dekoko (*Pisum sativum* var. *abyssinicum*) Under Field Conditions. *J. Agronomy & Crop Science* 189: 14-20.
- Yu, H. (2020). Arabidopsis-like C 4 model system. *Nature Plants*, 6(9), 1076-1077.
- Zhao, M., Tang, S., Zhang, H., He, M., Liu, J., Zhi & Diao, X. (2020). DROOPY LEAF1 controls leaf architecture by orchestrating early brassinosteroid signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(35), 21766-21774.