

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΜΣ: «Συστήματα ολοκληρωμένης – βιολογικής παραγωγής και πιστοποίησης»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά βιολογικής καλλιέργειας κουκιών *Vicia faba*



ΦΟΙΒΟΣ Θ. ΠΙΣΙΜΙΣΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΡΑΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΜΣ: «Συστήματα ολοκληρωμένης – βιολογικής παραγωγής και πιστοποίησης»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά βιολογικής καλλιέργειας κουκιών *Vicia faba*



ΦΟΙΒΟΣ Θ. ΠΙΣΙΜΙΣΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΡΑΥΛΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΜΣ: «Συστήματα ολοκληρωμένης – βιολογικής παραγωγής και πιστοποίησης»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Επίδραση της οργανικής λίπανσης σε ποιοτικά και αγρονομικά χαρακτηριστικά βιολογικής καλλιέργειας κουκιών *Vicia faba*

Εξεταστική επιτροπή:

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής Τραυλός Ηλίας

Μέλη: Καθηγητής Μπιλάλης Δημήτριος

Καθηγητής Σάββας Δημήτριος

ΦΟΙΒΟΣ Θ. ΠΙΣΙΜΙΣΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη	6
Abstract	8
1.Εισαγωγή	10
1.1 Γενικά για τα ψυχανθή.....	10
1.2 Ρόλος – σημασία των ψυχανθών.....	11
1.3 Σημασία του αζώτου	12
1.3.1 Μοριακό άζωτο.....	12
1.3.2 Αζωτοδέσμευση.....	12
1.3.3 Νιτροποίηση - απονιτροποίηση	14
1.3.4 Συμβιωτική αζωτοδέσμευση.....	14
1.3.5 Σχηματισμός του φυματίου.....	15
1.3.6 Ανταλλαγή μεταβολικών προϊόντων μεταξύ ριζόβιου-ψυχανθούς.....	17
1.3.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό φυματίων και την αζωτοδέσμευση.....	18
1.4 Τοπικές ποικιλίες και σημασία διατήρησής τους.....	20
1.4.1 Τοπική ποικιλία – Ορισμός.....	20
1.4.2 Η σημασία της διατήρησης και καλλιέργειας των τοπικών ποικιλιών	21
1.5 Κουκί.....	22
1.5.1 Ιστορικά στοιχεία - Καταγωγή.....	22
1.5.2 Κυάμωση.....	24
1.5.3 Βοτανική ταξινόμηση	27
1.5.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	29
1.5.4.1 Ριζικό σύστημα	29
1.5.4.2 Βλαστός.....	29
1.5.4.3 Φύλλα.....	30
1.5.4.4 Άνθη.....	30
1.5.4.5 Καρπός – Λοβός.....	31
1.5.4.6 Σπόρος.....	32
1.5.5 Κλιματικές απαιτήσεις.....	33
1.5.5.1 Θερμοκρασία	33

1.5.5.2 Υγρασία	33
1.5.5.3 Φωτοπερίοδος.....	34
1.5.6 Εδαφικές απαιτήσεις.....	34
1.5.7 Προετοιμασία του εδάφους.....	34
1.5.8 Λίπανση	35
1.5.9 Σπορά	36
1.5.10 Καλλιεργητικές περιποιήσεις.....	37
1.5.10.1 Καταπολέμηση ζιζανίων	37
1.5.10.2 Άρδευση.....	37
1.5.10.3 Παράχωμα.....	38
1.5.10.4 Κλάδεμα- Κορυφολόγημα	38
1.5.10.5 Εχθροί, ασθένειες και καταπολέμηση.....	38
1.5.11 Συγκομιδή	39
1.5.11.1 Τρόπος.....	39
1.5.12.1 Θρεπτική αξία	40
1.5.12.2 Αζωτοδεσμευτική ικανότητα	41
1.5.12.3 Προϊόντα	41
1.5.12.4 Στατιστικά στοιχεία και οικονομικό ενδιαφέρον	42
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	47
2.1 Πειραματικός αγρός – Πειραματικό σχέδιο.....	47
2.2 Φυτικό υλικό.....	50
2.3 Χάραξη πειραματικού αγρού – Σπορά.....	50
2.4 Καλλιεργητικές περιποιήσεις.....	50
2.5 Δειγματοληψίες εδάφους	50
2.5.1 Δειγματοληψίες υπέργειου τμήματος, λοβών και μετρήσεις ύψους.....	51
2.5.2 Μέθοδος εκχύλισης εδαφικών δειγμάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων NO_3^- και NH_4^+	51
2.5.3 Προσδιορισμός των νιτρικών στο έδαφος με την μέθοδο του καδμίου.....	52
2.5.4 Χρωματομετρικός προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) στο έδαφος με την μέθοδο της ινδοφαινόλης (Indophenolbluemethod)	56
2.5.5 Φασματοφωτόμετρο ορατού	58

2.5.6 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτομετρίας ορατού-υπεριώδους (UV-VIS)	59
2.6 Καταγραφή φαινολογικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών ανάπτυξης, απόδοσης και θρέψης	60
2.6.1 Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής.....	61
2.7 Στατιστική ανάλυση.....	62
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	63
3.1 Επίδραση του γενοτύπου κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό), σε φαινολογικά χαρακτηριστικά και παραμέτρους ανάπτυξης.	63
3.2 Επίδραση των διαφορετικών γενοτύπων κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό) στην υπέργεια βιομάζα	65
3.3 Επίδραση των διαφορετικών γενοτύπων κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό) στη ριζική βιομάζα και τη δημιουργία φυματίων.....	67
3.4 Διαφορές μεταξύ βάρους, μήκους και αριθμού νωπών λοβών, βάρους ξηρών σπόρων και περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε δύο ποικιλίες κουκιών (<i>Vicia Faba L.</i>), που καλλιεργήθηκαν σε βιολογικό και σε συμβατικό σύστημα καλλιέργειας	69
3.5 Επίδραση του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό) και του γενοτύπου κουκιού στις συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων σε δείγματα εδάφους (NO_3^- -N, NH_4^+ -N, P και K) και φυτικών ιστών (P και K στο υπέργειο τμήμα).....	71
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
Βιβλιογραφία	88

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Ηλία Τραυλό για την υπομονή, τις υποδείξεις και διορθώσεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας μελέτης. Ευχαριστώ επίσης τον Καθηγητή κ. Δημήτριο Μπιλάλη, για την ανάθεση της μελέτης και για την διδασκαλία του καθόλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Δημήτριο Σάββα, μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής και συντονιστή του προγράμματος EUROLEGUME, μέρος του οποίου αποτέλεσε το παρόν πείραμα, για την πολύτιμη επιστημονική βοήθεια και συντονισμό του πειράματος.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, την κα. Γεωργία Ντάτση, Διδάκτωρ του Γ.Π.Α. για την πολύτιμη συνεργασία της, την επιστημονική βοήθεια και ηθική στήριξη σε όλες τις πτυχές της μεταπτυχιακής μελέτης και της πειραματικής διαδικασίας

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στους συνεργάτες μου, υποψήφιο Διδάκτωρ Διονύσιο Υφαντόπουλο και τους επί πτυχίω φοιτητές, Φωτεινή Τσοροβού και Δημήτριο Κουκάκη, χωρίς τη φιλία, το μόχθο και τη συμβολή των οποίων η πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης θα ήταν αδύνατη. Σας ευχαριστώ θερμά.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω την υποψήφια Διδάκτωρ Ευσταθία Λαζαρίδη για την έμπρακτη συμβολή της στο πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης.

Επιπρόσθετα ευχαριστώ τους συμφοιτητές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα και τους φίλους μου για την φιλία και την στήριξη που μου παρείχαν αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου στην οποία αφιερώνω την παρούσα μελέτη, για την αγάπη, παιδεία και ανατροφή που μου παρείχαν. Η στήριξη και συμπαράστασή τους είναι καθημερινά παρούσα.

Περίληψη

Τα ψυχανθή είναι μια οικογένεια φυτών των οποίων η καλλιέργεια παρουσιάζει πολλαπλά οφέλη και κατέχουν περίοπτη θέση στη βιολογική γεωργία. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εξετάζει τις διαφορές μεταξύ της οργανικής λίπανσης και της συμβατικής σε δύο ποικιλίες κουκιών (*Vicia Faba L.*), της εμπορικής ποικιλίας «Aquadulce» και της παραδοσιακής ποικιλίας «Λευκάδα». Αντικείμενα μελέτης ήταν η επίδραση του γενότυπου και του συστήματος καλλιέργειας σε παραμέτρους ανάπτυξης (ημέρες έως την άνθηση-ωρίμανση, ύψος φυτών, βάρος φυτών-ρίζας), και στην ποιότητα και παραγωγικότητα (βάρος-αριθμός νωπών λοβών, βάρος ξηρού σπόρου, πρωτεΐνοπεριεκτικότητα). Η αξιολόγηση των παραπάνω πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών στη περιοχή της Κωπαΐδας (Αλίαρτος, Ν. Βοιωτίας).

Στη μελέτη αυτή η ποικιλία «Aquadulce» παρήγαγε νωπούς λοβούς μεγάλου μήκους και μικρού αριθμού σε αντίθεση με την ποικιλία «Λευκάδα» που παρήγαγε λοβούς μικρού μήκους αλλά σε μεγαλύτερο αριθμό. Το βάρος της συνολικής παραγωγής σε νωπούς λοβούς (17,93 tn/ha) και ξηρό σπόρο (3,38 tn/ha) δεν διέφερε ούτε μεταξύ των ποικιλιών ούτε μεταξύ των συστημάτων καλλιέργειας. Επίσης η ποικιλία «Λευκάδα» ωρίμασε 2 ημέρες αργότερα από την ποικιλία «Aquadulce» και επιπροσθέτως οι ξηροί σπόροι της είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, 31,38% σε σχέση με την «Aquadulce» 29,21%.

Όσον αφορά το βάρος τόσο σε νωπό όσο και ξηρό του υπέργειου τμήματος και του ριζικού συστήματος καθώς και το ύψος των φυτών κατά το στάδιο της άνθησης και οι δύο ποικιλίες ανταποκρίθηκαν καλύτερα στην οργανική λίπανση. Η ποικιλία «Aquadulce» είχε μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος από την ποικιλία «Λευκάδα».

Τα φυμάτια στις ρίζες ήταν περισσότερα στο οργανικό σύστημα καλλιέργειας (49,53 No/L), στην ποικιλία «Λευκάδα» και στις δύο μεταχειρίσεις (51,18 No/L) ενώ τα περισσότερα φυμάτια αναπτύχθηκαν στο οργανικό σύστημα στην ποικιλία «Λευκάδα» (54,54 No/L).

Στο έδαφος κατά το στάδιο της άνθησης η συγκέντρωση των NO_3^- -N ήταν μεγαλύτερη στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας ενώ το NH_4^+ -N δεν επηρεάστηκε ούτε από τον γενότυπο ούτε από το σύστημα καλλιέργειας. Αντίθετα το εδαφικό P και K ήταν μεγαλύτερα στην ποικιλία «Aquadulce».

Τέλος μεγαλύτερη συγκέντρωση P κατά το στάδιο της άνθησης εντοπίστηκε στην ποικιλία «Aquadulce».

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματά μας υποδεικνύουν ότι η οργανική λίπανση δεν υπολείπεται της συμβατικής καθώς οδήγησε σε παρόμοια και σε μερικές περιπτώσεις καλύτερα αποτελέσματα. Επίσης η τοπική ποικιλία «Λευκάδα» έδωσε παραγωγή παρόμοια με την εμπορική ποικιλία «Aquadulce» και σπόρους μεγαλύτερης πρωτεϊνοπεριεκτικότητας.

Λέξεις Κλειδιά: κουκί, *Vicia Faba L.*, Aquadulce, Λευκάδα, εμπορική ποικιλία, παραδοσιακή ποικιλία, βιολογική γεωργία, παράμετροι ανάπτυξης, ποιότητα, παραγωγικότητα, απόδοση

Abstract

Legumes are a family of plants whose cultivation has multiple benefits and occupy a prominent place in organic farming. The purpose of this study is to examine the differences between organic fertilization and the conventional in two varieties of broad beans (*Vicia Faba L.*), the commercial variety "Aquadulce" and the traditional variety "Lefkada". Objects of study were the effect of genotype and cultivation system on growth parameters (days to flowering-maturation, plant height, root-plant weight), and quality and productivity (weight-number of fresh lobes, dry seed weight, protein content). The evaluation of the above was carried out at the Farm of the Agricultural University of Athens in the area of Kopaida (Aliartos, N. Viotia).

In this study the 'Aquadulce' variety produced long and small number of fresh lobes, unlike the "Lefkada" variety, which produced short, but larger, lobes. The weight of total production in fresh lobes (17.93 tn / ha) and dry seed (3.38 tn / ha) did not differ either between varieties or between cultivation systems. Also the "Lefkada" variety matured 2 days later than the "Aquadulce" variety and in addition its dry seeds had a higher protein content of 31.38% compared to 29.21% in "Aquadulce".

With regard to both fresh and dry weight of the shoot and root system as well as the height of the plants during the flowering stage, both varieties responded better to organic fertilization. The "Aquadulce" variety had a larger fresh and dry weight of shoot than the "Lefkada" variety.

The nodules in the roots were more in the organic cultivation system (49.53 No / L), in the "Lefkada" variety in both treatments (51.18 N / L), while more nodules developed in the organic system in the Lefkada variety (54.54 No / L).

In the soil during the flowering phase the concentration of NO_3^- -N was higher in the "Aquadulce" variety while NH_4^+ -N concentration was not affected by either the genotype or the cultivation system. On the contrary, soil P and K were larger in the "Aquadulce" variety.

Finally, a higher P concentration during the flowering stage was found in the "Aquadulce" variety. In conclusion, our results indicate that organic fertilization is not inferior to conventional as it produced similar and in some cases better results. Also, the traditional variety "Lefkada" had similar production to the commercial variety "Aquadulce" and seeds of greater protein content.

Key Words: broad bean, *Vicia Faba L.*, Aquadulce, Lefkada, commercial variety, traditional variety
organic farming, growth parameters, quality, productivity, yield

1.Εισαγωγή



Εικόνα 1. Φυτό κουκιών

1.1 Γενικά για τα ψυχανθή

Τα ψυχανθή (Fabaceae) είναι μια οικογένεια φυτών με τεράστια σημασία για τον άνθρωπο, κατατάσσονται δεύτερα ως προς την σπουδαιότητάς τους μετά τα σιτηρά (Gramineae) και τρίτα ως προς τον αριθμό ειδών, καθώς αριθμούν περίπου 751 γένη και 19.000 γνωστά είδη (Christenhusz et al., 2016). Ετυμολογικά η ονομασία τους προκύπτει από τη σύνθεση των λέξεων ψυχή + άνθος, όπου ψυχή εννοείται η πεταλούδα όπως την ονόμαζαν οι αρχαίοι Έλληνες, καθώς τα άνθη τους μοιάζουν με πεταλούδες. Καλλιεργούνται κυρίως:

- Για την παραγωγή καρπών που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του ανθρώπου και των ζώων (σόγια, ρεβίθια, φασόλια, κουκιά, αρακάς - μπιζέλια).
- Για την παραγωγή χονδροειδών ζωοτροφών (μηδική, τριφύλλια).
- Ως φυτά χλωράς λίπανσης.

Είναι φυτά δικοτυλήδωνα, ετήσια ή πολυετή, ποώδη, θαμνώδη ή δενδρώδη, έρποντα ή αναρριχώμενα και έχουν τα ακόλουθα κοινά χαρακτηριστικά: τα φύλλα τους συνήθως είναι σύνθετα, τα σπέρματα τους ωριμάζουν μέσα σε λοβούς, τα άνθη τους όπως αναφέρθηκε μοιάζουν με πεταλούδες και έχουν την ικανότητα να αναπτύσσουν συμβιωτικές σχέσεις με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium*, τα λεγόμενα αζωτοβακτήρια.

1.2 Ρόλος – σημασία των ψυχανθών

Τα καρποδοτικά ψυχανθή κατέχουν εξέχουσα ιστορική θέση στην πορεία της ανθρώπινης εξέλιξης, καθώς από νωρίς αναγνωρίστηκε η υψηλή διατροφική τους αξία, ήδη από το 9.500 με 8.000 π.Χ. αναφέρεται η εξημέρωση της φακής στο Ιράν (Cohen, 1977, Bryan, 2000), όπως επίσης και τα ωφέλη που προσφέρουν στις επόμενες καλλιέργειες σε συστήματα αμειψισποράς όπως αναφέρεται ότι εφάρμοζαν οι Ρωμαίοι και άλλοι λαοί της Μέσης Ανατολής.

Ειδικότερα, τα ψυχανθή περιέχουν μεγάλα ποσοστά πρωτεϊνών που κυμαίνονται από 17% έως και 30%, έναντι των δημητριακών που κυμαίνονται περίπου στο 10%, γι' αυτό το λόγο θεωρούνται υποκατάστατα της ζωικής πρωτεΐνης και συχνά στις αναπτυσσόμενες χώρες είναι η κύρια πηγή πρωτεΐνης του γενικού πληθυσμού. Επίσης είναι πλούσια σε υδατάνθρακες, κυρίως άμυλο σε ποσοστό 60%, όπως και σε φώσφορο, σίδηρο και ασβέστιο και αποτελούν μια ικανοποιητική πηγή βιταμινών νιασίνης και θειαμίνης.

Στην διατροφή των ζώων χρησιμοποιούνται συχνά οι αποξηραμένοι σπόροι, τα υπολείμματα των φυτών μετά την συγκομιδή των καρπών και τέλος ολόκληρο το φυτό, με τους βλαστούς και τους καρπούς σε στάδιο του βιολογικού κύκλου που εξαρτάται από το είδος του φυτού και τη χρήση για παραγωγή: σανού (π.χ. βίκος, λαθούρι), ενσιρώματος (π.χ. βίκος, κουκιά, κτηνοτροφικό μπιζέλι) και σπανιότερα για βόσκηση.

Επίσης η μοναδική συμβιωτική σχέση που δημιουργούν με τα βακτήρια του γένους *Rhizobium* παίζει σπουδαίο ρόλο στην ανακύκλωση του αζώτου στη φύση. Τα βακτήρια δεσμεύοντας το ατμοσφαιρικό άζωτο ικανοποιούν μερικώς τις απαιτήσεις του φυτού σε άζωτο, μειώνοντας έτσι την εξάντληση του εδάφους, και εμπλουτίζει το έδαφος με άζωτο καθώς μέρος του δεσμευμένου ατμοσφαιρικού αζώτου παραμένει στο έδαφος κάνοντάς το διαθέσιμο στην επόμενη καλλιέργεια. Έτσι, η σημασία της ένταξης των ψυχανθών σε συστήματα αμειψισποράς είναι αδιαμφισβήτητη, εξασφαλίζοντας τη γονιμότητα του εδάφους και διατηρώντας τις εισροές αζωτούχων λιπασμάτων σε χαμηλά επίπεδα.

1.3 Σημασία του αζώτου

1.3.1 Μοριακό άζωτο

Το άζωτο είναι ένα ουσιαστικό συστατικό σε μεγάλο αριθμό βιομορίων μεγάλης σπουδαιότητας για τη διατήρηση της ζωής στο πλανήτη μας, όπως οι πρωτεΐνες, τα νουκλεϊκά οξέα και ποικίλα άλλα μόρια με ιδιαίτερο βιολογικό ρόλο. Στην ατμόσφαιρα το μοριακό άζωτο (N_2) απαντάται σε συχνότητα περίπου 80 % και είναι ένα στοιχείο με χαμηλή χημική δραστηριότητα εξαιτίας της ύπαρξης του ισχυρού τριπλού δεσμού στο μόριό του. Παρόλη την αφθονία του στη φύση το άζωτο σ' αυτή την κατάσταση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την πλειοψηφία των οργανισμών λόγω της μεγάλης ποσότητας ενέργειας που απαιτείται για την κατάλυση του τριπλού δεσμού και την ύπαρξη εξειδικευμένου ενζυμικού μηχανισμού. Η μετατροπή, του μοριακού αζώτου σε αφομοιώσιμη μορφή μπορεί να πραγματοποιηθεί με βιολογικές, φυσικές και ανθρωπογενείς διεργασίες.

1.3.2 Αζωτοδέσμευση

Στις φυσικές διεργασίες περιλαμβάνεται η αφομοίωση του μοριακού αζώτου μέσω οξειδίων του (NO_2^- , NO_3^-) που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια ατμοσφαιρικών ηλεκτρικών εκκενώσεων, τα οποία στη συνέχεια φτάνουν στο έδαφος με τη βοήθεια των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Δροσόπουλος, 1992). Η συνεισφορά, όμως των διεργασιών αυτών είναι πολύ μικρή για να στηρίξει τις ανάγκες των οικοσυστημάτων σε αφομοιώσιμο άζωτο.

Στις ανθρωπογενείς διεργασίες, περιλαμβάνεται η μετατροπή του μοριακού αζώτου σε αφομοιώσιμες μορφές (NH_3 , NO_3^- , CN_2^{-2}) και ο εμπλουτισμός του εδάφους με αυτές, με τη μορφή

χημικών λιπασμάτων. Η παραγωγή χημικών λιπασμάτων απαιτεί μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων ώστε να επιτευχθούν οι αναγκαίες συνθήκες υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση είναι η βασικότερη διαδικασία μέσω της οποίας το ατμοσφαιρικό άζωτο μετατρέπεται σε αφομοιώσιμες μορφές για τα φυτά και τα ζώα και συνεισφέρει 100-290 Kg αζώτου/εκτάριο/έτος στη βιόσφαιρα (Hsu and Buckley, 2009). Προσφέρει τα μεγαλύτερα ποσά αφομοιώσιμων μορφών αζώτου κι εκτιμάται ότι έχει διπλάσια συνεισφορά παγκοσμίως από το ποσό που δεσμεύεται μη βιολογικά. Οι αζωτοδεσμευτικοί οργανισμοί διαθέτουν όλοι το ενζυμικό σύστημα της νιτρογενάσης το οποίο είναι υπεύθυνο για την μετατροπή του μοριακού αζώτου σε αμμωνιακά ιόντα και χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τους ελεύθερα διαβιούντες που προσφέρουν λίγο στην βιολογική αζωτοδέσμευση, σε αυτούς που αναπτύσσουν συνεργιστικές σχέσεις με ανώτερα φυτά, διαβιώντας είτε σε στενή επαφή με τη ριζόσφαιρα είτε ακόμη και μέσα στους μεσοκυττάρους χώρους και τέλος στη σημαντικότερη κατηγορία αζωτοδεσμευτικών μικροοργανισμών οι οποίοι δημιουργούν συμβιωτικές σχέσεις με ανώτερα φυτά. Στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνονται βακτήρια που ανήκουν στα γένη *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Shinorhizobium*, *Bradyrhizobium* και *Azorhizobium*, τα οποία αναφέρονται συνολικά ως ριζόβια, καθώς και στο γένος *Frankia*. Τα ριζόβια ανήκουν στην οικογένεια Rhizobiaceae και επάγουν το σχηματισμό φυματίων σε φυτά της οικογένειας των ψυχανθών.

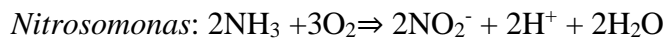
Αυτά τα βακτήρια με τη βοήθεια της νιτρογενάσης συνδυάζουν το ατμοσφαιρικό άζωτο με υδρογόνο και παράγουν αμμωνία, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε άλλες ενώσεις όπως νιτρώδη (NO_2^-) και νιτρικά (NO_3^-) ιόντα. Η νιτρογενάση είναι μια μεγάλη πρωτεΐνη δύο στοιχείων (σίδηρος και μολυβδαίνιο). Περιέχει τη Fe-δεσμεύουσα πρωτεΐνη και τη Mo/Fe-δεσμεύουσα πρωτεΐνη.

Τόσο οι βιολογικές όσο και οι χημικές διαδικασίες έχουν την ίδια γενική χημική αντίδραση αναγωγής του αζώτου: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

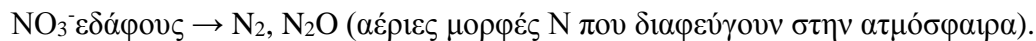
Στη συνέχεια το αμμωνιακό άζωτο το οποίο μπορεί να προέρχεται είτε από τη βιολογική αζωτοδέσμευση είτε από τη σαπροφυτική δράση άλλων μικροοργανισμών είτε με την προσθήκη αζωτούχων λιπασμάτων, οξειδώνεται σε νιτρώδη (NO_2^-) και τελικά σε νιτρικά (NO_3^-) ιόντα από μια ομάδα βακτηρίων που βρίσκονται σε μεγάλους πληθυσμούς στη βιόσφαιρα, τα νιτροποιητικά βακτήρια, με τη διαδικασία της νιτροποίησης. Τα φυτά μπορούν να προσλάβουν τόσο τα αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) όσο και τα νιτρικά (NO_3^-).

1.3.3 Νιτροποίηση - απονιτροποίηση

Η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου οφείλεται στην δράση δύο γενών βακτηρίων τα οποία μέσω της οξείδωσης των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρώδη αρχικά και στη συνέχεια σε νιτρικά καλύπτουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια. Τα βακτήρια αυτά είναι αυτότροφοι οργανισμοί αλλά δεν διαθέτουν χλωροφύλλη και επομένως δεν μπορούν να δεσμεύσουν απευθείας την φωτεινή ενέργεια, οπότε χρησιμοποιούν την ενέργεια που παράγεται από τις παρακάτω χημικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις οξείδωσης του αμμωνιακού σε νιτρικό άζωτο είναι οι εξής:



Η απονιτροποίηση προκαλείται από αναερόβιους μικροοργανισμούς σε σημεία του εδάφους που δεν αερίζονται καλά με συνέπεια να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες. Σχηματικά η απονιτροποίηση μπορεί να παρασταθεί ως εξής:



Η απονιτροποίηση επομένως έχει σαν συνέπεια την απώλεια αφομοιώσιμου για τα φυτά αζώτου από το έδαφος.

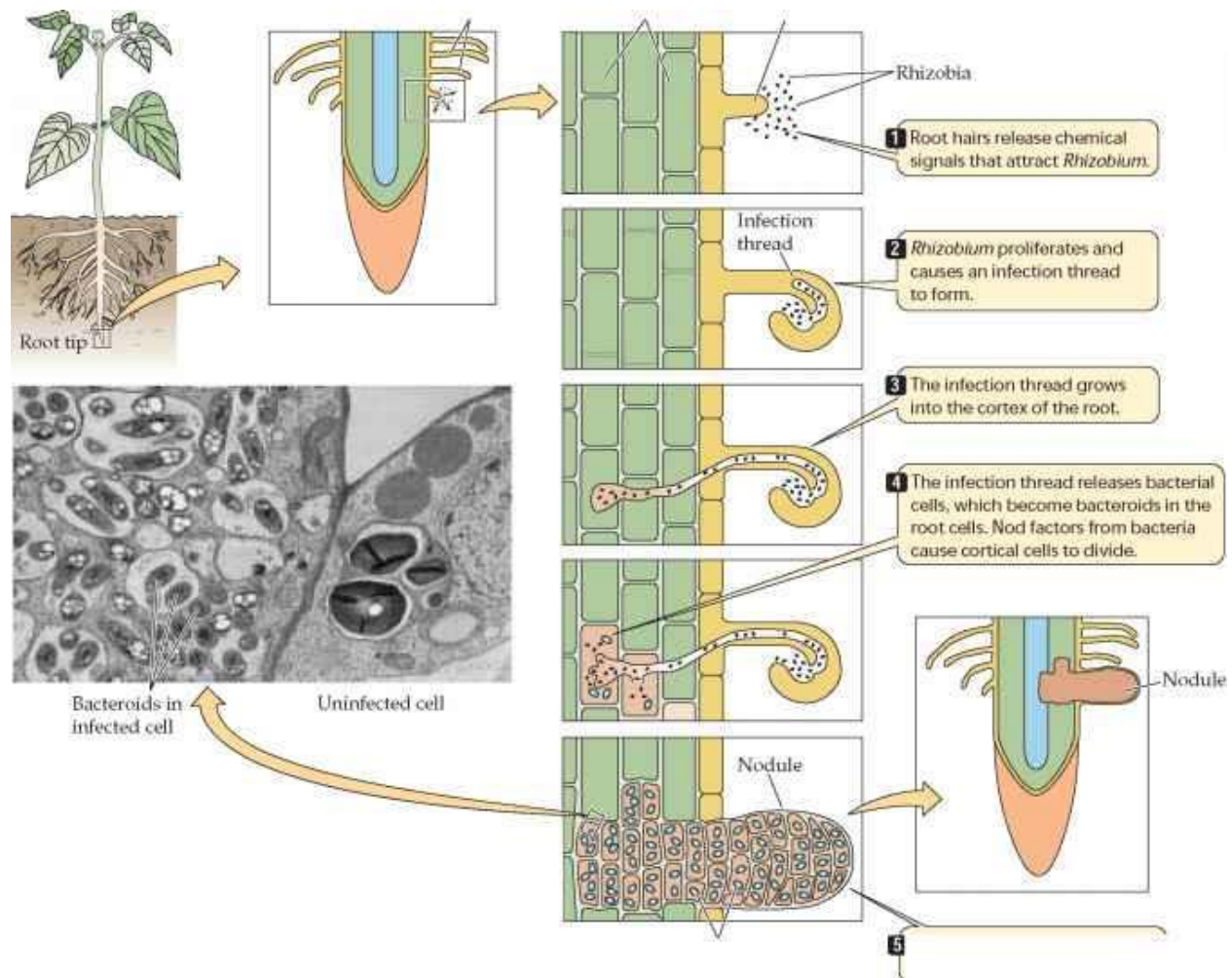
1.3.4 Συμβιωτική αζωτοδέσμευση

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η πλέον σημαντική μορφή βιολογικής αζωτοδέσμευσης είναι η συμβιωτική μεταξύ ριζόβιων βακτηρίων και ψυχανθών. Το αποτέλεσμα της συμβιωτικής αυτής σχέσης είναι ο σχηματισμός ενός νέου φυτικού ιστού, με ιδιαίτερα μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά, το οποίο ονομάζεται φυμάτιο. Εντός του φυματίου, οι διαφοροποιημένες μορφές των ριζοβίων, που ονομάζονται πλέον βακτηριοειδή, βρίσκουν το κατάλληλο περιβάλλον για να φέρουν σε πέρας τη βιοχημική μετατροπή του μοριακού αζώτου σε αμμωνία. Η παραπάνω σχέση αποβαίνει αμοιβαία επωφελής και για τους δύο συμβιώτες, αφού το φυτό παρέχει στα ριζόβια ένα περιβάλλον πλούσιο σε πηγές φωτοσυνθετικού οργανικού άνθρακα και απαλλαγμένο από τον ανταγωνισμό άλλων μικροοργανισμών, ενώ με τη σειρά τους τα ριζόβια καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών του φυτού σε αφομοιώσιμο άζωτο. Παρατηρείται

εξειδίκευση στη συμβιωτική σχέση μεταξύ μικροβίου και φυτού. Απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό φυματίου είναι το ριζόβιο να είναι συμβατό με το φυτό το οποίο καθορίζεται από γενετικούς ή χημικούς παράγοντες στα κυτταρικά τοιχώματα των ριζών των ψυχανθών, ή των βακτηρίων ή και στα δύο, που καθορίζουν τη συγγένεια ανάμεσα στο ψυχανθές και το είδος ή τη φυλή του βακτηρίου. Στην περίπτωση ασυμβατότητας είτε δε σχηματίζεται φυμάτιο είτε το φυμάτιο είναι μη λειτουργικό. Ορισμένα ριζόβια έχουν την ικανότητα να συμβιώνουν με ένα ευρύ φάσμα φυτών, ενώ άλλα με ένα πιο στενό.

1.3.5 Σχηματισμός του φυματίου

Η είσοδος των ριζοβίων στη ρίζα του φυτού είναι μια ελεγχόμενη μόλυνση η οποία ξεκινάει όταν υπάρχει ικανός αριθμός ριζοβίων στην ριζόσφαιρα. Η ρίζα εκκρίνει αρχικά φλαβονοειδή και άλλες ουσίες οι οποίες αναγνωρίζονται από τα ριζόβια και προάγουν τον πολλαπλασιασμό τους και με τη σειρά τους κάποιες ενώσεις οι οποίες ονομάζονται Nodπαραγόντες. Αυτές οι ενώσεις είναι διαφορετικές και χαρακτηριστικές για κάθε είδος ριζοβίων και επάγουντη συστροφή των ριζικών τριχιδίων του ξενιστή και τιςκυτταροδιαιρέσεις του φλοιώδους παρεγχύματος της ρίζας από τις οποίες προκύπτει το πρωτογενές μερίστωμα του φυματίου. Στη συνέχεια τα ριζόβια προσδένονται στα νεοαναπτυσσόμενα ριζικά τριχίδια με τη βοήθεια μιας ειδικής πρωτεΐνης που έχουν στο περίβλημά τους, την ρικασυκολλίνη η οποία είναι ασβεστοδεσμευτική και σχηματίζει σύμπλοκα με το ασβέστιο στην επιφάνεια των ριζικών τριχιδίων. Αφού προσδεθούν εισέρχονται στα ριζικά τριχίδια σχηματίζοντας ένα μολυσματικό νημάτιο που εκτείνεται ως το φλοιώδες παρέγχυμα της ρίζας, όπου διακλαδίζεται και μολύνει το πρωτογενές μερίστωμα του φυματίου. Τα ριζόβια πολλαπλασιάζονται, διαφοροποιούνται και σχηματίζουν τα βακτηριοειδή τα οποία διαφέρουν μορφολογικά από τα κύτταρα των ελεύθερων ζώντων ριζοβίων και μόνον αυτά έχουν την ικανότητα να ανάγουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε αμμωνιακά ιόντα. Τα βακτηριοειδή είναι απαλλαγμένα από το κυτταρικό τουστοίχωμα και ο όγκος τους μπορεί να είναι ακόμα και κατά δέκα φορές μεγαλύτερος από τονόγκο των ριζοβίων. Τα βακτηριοειδή περιβάλλονται από μία φυτικής προέλευσης μεμβράνη,την περιβακτηριακή μεμβράνη και έτσι χωρίζονται από το κυτταρόπλασμα των κυττάρων του ξενιστή μέσα σε ένα συμβιόσωμα.



Εικόνα 2. 1. Τα ριζικά τριχίδια απελευθερώνουν χημικά σήματα τα οποία προσελκύουν τα ριζόβια, 2. Τα ριζόβια πολλαπλασιάζονται, μολύνουν τα ριζικά τριχίδια και σχηματίζουν τις «ίνες προσβολής», 3. Ο ίνες προσβολής μεγαλώνουν και εισέρχονται στο φλοιώδες παρέγχυμα της ρίζας, 4. Οι ίνες προσβολής απελευθερώνουν βακτηριακά κύτταρα τα οποία μετασχηματίζονται σε βακτηριοειδή μέσα στα φυτικά κύτταρα και nod παράγοντες που προκαλούν την διαίρεση του φλοιώδους παρεγχύματος, 5. Τα βακτηριοειδή διογκώνονται και αυξάνονται σε αριθμό και το φυμάτιο παίρνει την τελική του μορφή

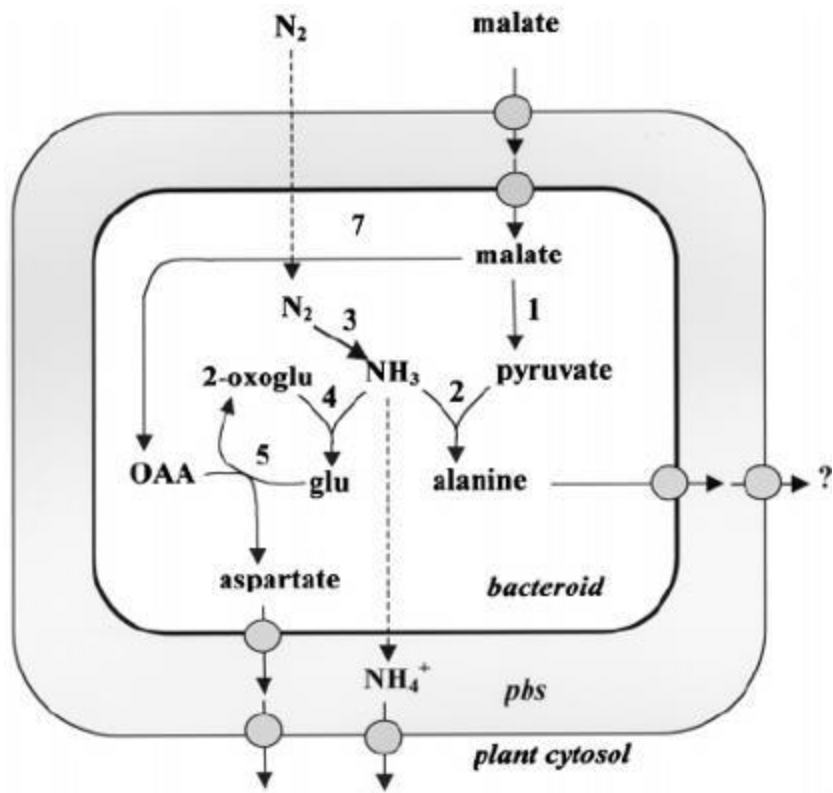
Μέσα σ' αυτό τα βακτηριοειδή είναι εμβαπτισμένα σε μια πρωτεΐνη που ονομάζεται leg-αιμογλοβίνη που παράγεται από την έκφραση γονιδίων του φυτού μετά από την επαφή της ρίζας του

με τους Nodπαράγοντες και είναι υπεύθυνη για το κόκκινο χρώμα των φυματίων, έτσι το κόκκινο χρώμα είναι ένδειξη ενεργών φυματίων. Η leg-αιμογλοβίνη δεσμεύει το οξυγόνο κι έτσι προστατεύει την νιτρογενάση, το ένζυμο που όπως αναφέρθηκε είναι υπεύθυνο για τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου, της οποια η δράση καταστέλλεται με την παρουσία οξυγόνου. Παρολαυτά υπάρχει αρκετό οξυγόνο για την αναπνοή των μικροοργανισμών καθώς αυτό τους είναι απαραίτητο αφού είναι αερόβιοι.

1.3.6 Ανταλλαγή μεταβολικών προϊόντων μεταξύ ριζόβιου-ψυχανθούς.

Η συμβίωση είναι ένα φαινόμενο αμοιβαίως επωφελές για τον ξενιστή και για τα βακτήρια. Ο μεν ξενιστής προσλαμβάνει τις πηγές αζώτου που παρέχουν τα βακτηριοειδή χωρίς να εξαρτάται από τα εδαφικά αποθέματα και τα δε βακτηριοειδή βρίσκονται σε ένα περιβάλλον προστατευμένο και χωρίς ανταγωνισμό. Παρόλο που τα βακτηριοειδή έχουν τους κατάλληλους μηχανισμούς για να αφομοιώσουν την αμμωνία που παράγουν, τα επίπεδα των ενζύμων που την καταλύουν είναι σε αρκετά χαμηλά επίπεδα ενώ αντίθετα η συνθετάση της γλουταμίνης, ένα ένζυμο το οποίο μετατρέπει την αμμωνία στο αμινοξύ γλουταμίνη, είναι σε πολύ υψηλά επίπεδα στο κυτταρόπλασμα των φυτικών κυττάρων. Φαίνεται επομένως ότι η αμμωνία που παράγεται από το βακτηριοειδές αφομοιώνεται κυρίως από το φυτό και κυρίως υπό τη μορφή του αμινοξέος γλουταμίνη. Από την άλλη το φυτό δίνει στα βακτηριοειδή την ενέργεια και τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για την αζωτοδέσμευση, την ανάπτυξη και συντήρησή τους.

Ως πηγή άνθρακα και ενέργειας προσφέρεται στα βακτηριοειδή κυρίως το μηλικό οξύ που προέρχεται από το μεταβολισμό της σακχαρόζης από τη συνθάση της σακχαρόζης και την ιμβερτάση, και μέσω της γλυκόλυσης μετατρέπεται σε φωσφοενολοπυροσταφυλικό, το οποίο καρβοξυλιώνεται προς οξαλοξικό και το τελευταίο ανάγεται σε μηλικό οξύ. Το μηλικό που εισέρχεται στα βακτηριοειδή οξειδώνεται από τον κύκλο του κιτρικού οξέος και χρησιμοποιείται ως πηγή ηλεκτρονίων κατά την παραγωγή ATP και μετά τη μετατροπή του σε πυροσταφυλικό, χρησιμεύουν ως τελική πηγή ηλεκτρονίων για την αναγωγή του N₂. Επίσης στα βακτηριοειδή μεταφέρονται αμινοξέα και μία σειρά από ανόργανα θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για τη λειτουργία τους όπως ο σίδηρος (Fe), το ασβέστιο (Ca), το βανάδιο (V), το μολυβδαίνιο (Mo), το νικέλιο (Ni) και το κοβάλτιο (Co). Επιπλέον, η διακίνηση ιόντων νατρίου (Na) και καλίου (K) έχει μεγάλη σημασία για την ιοντική και ωσμωτική ισορροπία κατά μήκος της βακτηριακής και περιβακτηριακής μεμβράνης.



Εικόνα 3. Διάγραμμα της δέσμευσης του αζώτου και της μεταφοράς του στο συμβίωση, 1. Μηλικό ένζυμο (malic enzyme), 2. Αφυδρογονάση της αλανίνης (alanine dehydrogenase), 3. Νιτρογενάση, 4. Αφυδρογονάση του γλουταμινικού (glutamate dehydrogenase), 5. Ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (aspartate amino transferase), 7. Μηλική αφυδρογονάση (malate dehydrogenase). Οι διακεκομμένες γραμμές υποδηλώνουν παθητική διάχυση. PBS = περιβακτηριακός χώρος, (Day et al. 2001)

1.3.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τον σχηματισμό φυματίων και την αζωτοδέσμευση

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το σχηματισμό και την εύρυθμη λειτουργία των φυματίων μπορεί να οφείλονται στον ξενιστή, στα ριζόβια και στο αβιωτικό περιβάλλον.

α) Άζωτο: Σε εδάφη όπου το άζωτο είναι άφθονο και σε αφομοιώσιμη μορφή παρατηρείται μικρή ή και καθόλου δέσμευση αζώτου από τα αζωτοβακτήρια καθώς τα φυτά φαίνεται να προτιμούν να χρησιμοποιούν το ωφέλιμο άζωτο του εδάφους, ενώ τα αζωτοβακτήρια δεν ενθαρρύνονται στην αζωτοδεσμευτική τους δράση. Μείωση της αζωτοδέσμευσης παρατηρείται και όταν το άζωτο που δεσμεύεται είναι περισσότερο από αυτό που το φυτό χρειάζεται οπότε δραστηριοποιούνται μηχανισμοί που παρεμποδίζουν τη δράση της αζωτοδέσμευσης.

β) Θρεπτικά στοιχεία: Η έλλειψη των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων όπως καλίου, φωσφόρου, ασβεστίου, είναι επίσης υπεύθυνα για την απουσία τους ή τους μικρότερους αριθμούς αζωτοβακτηρίων στο έδαφος. Το ασβέστιο χρειάζεται στα πρώτα στάδια της εισόδου των βακτηρίων αφού όπως αναφέρθηκε προσελκύει την ρικασυκολλιλίνη για την πρόσδεση των βακτηρίων στη ρίζα όπως επίσης και αυξάνει τον αριθμό των φυματίων. Το βόριο χρειάζεται στα φυμάτια σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε σχέση με άλλους ιστούς του φυτού (Carpera et al 2000, Lowter and Loneragan 1968). Ο αριθμός των φυματίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βόριο (Redondo-Nieto et al. 2001) και την διαθεσιμότητα του ασβεστίου (Lowter and Loneragan 1968). Άλλα στοιχεία όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, το μολυβδαίνιο και το κοβάλτιο παίζουν ρόλο στα φυμάτια που τα αζωτοβακτήρια τους δεσμεύουν άζωτο.

γ) Οξύτητα του εδάφους: Η φάση της εισόδου των αζωτοβακτηρίων στις ρίζες είναι το πιο ευαίσθητο στάδιο στην οξύτητα κι ενδεικτικά ο σχηματισμός φυματίων μειώνεται σε $pH < 5$. Η δυσμενής επίδραση της οξύτητας στην αζωτοδέσμευση προκύπτει από την περιορισμένη επιβίωση των ριζοβίων καθώς μερικοί βιότυποι αζωτοβακτηρίων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην οξύτητα του εδάφους και οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων υδρογόνου προκαλούν το θάνατο τους. Επίσης παρεμποδίζεται η λειτουργικότητα των φυματίων κυρίως από την έλλειψη Mo που συνήθως παρατηρείται στα όξινα εδάφη (Jayasundara et. al., 1998).

δ) Υγρασία του εδάφους: Τα διάφορα είδη αζωτοβακτηρίων παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ανάμεσά τους ως προς την αντοχή τους στην ξηρασία. Η περίσσεια ή η έλλειψη υγρασίας επηρεάζουν την δέσμευση του αζώτου δια της επιδράσεως που ασκούν στην ανάπτυξη του φυτού. Εδαφικές συνθήκες υγρασίας πέρα από τις άριστες μπορεί να μειώσουν την φωτοσύνθεση, να περιορίσουν τη μεταφορά του δεσμευόμενου αζώτου από τα φυμάτια και να μειώσουν την δέσμευση του αζώτου λόγω της μείωσης της διάχυσης του οξυγόνου.

ε) Αλατότητα: Τα ριζόβια δεν είναι ευαίσθητα στην αλατότητα του εδάφους, η παρεμπόδιση του σχηματισμού φυματίων οφείλεται κυρίως στη μείωση του αριθμού και της πλάγιας ανάπτυξης των ριζικών τριχιδίων, στη δυσκολία δημιουργίας των «ανών προσβολής» και σε παρεμπόδιση της συστροφής του άκρου των ριζικών τριχιδίων. Από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν τα ριζόβια στο ριζικό σύστημα του ξενιστή, η επίδραση της αλατότητας είναι ίδια τόσο για τα φυτά που «αζωτοδεσμεύουν» όσο και για εκείνα που καλύπτουν τις ανάγκες τους από το άζωτο του εδάφους. Σημαντικό ρόλο συνεπώς στην αποτελεσματική αζωτοδέσμευση αποτελεί η αντοχή του φυτού-ξενιστή στην αλατότητα.

στ) Οι υψηλές θερμοκρασίες, η μειωμένη ένταση φωτισμού, η αποφύλλωση και οποιαδήποτε αιτία που μειώνει τη φωτοσύνθεση και άρα την ικανότητα στα φυτά-ξενιστές να προμηθεύσουν υδατάνθρακες στα βακτηριοειδή, έχουν δυσμενή επίδραση στην αζωτοδέσμευση. Ορισμένα ριζόβια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην επίδραση φυτοφαρμάκων (εντομοκτόνα εδάφους, απολυμαντικά σπόρων ζιζανιοκτόνα). Επίσης, τα φυτοφάρμακα μειώνουν και το σχηματισμό των φυματίων. Απολύμανση του εδάφους και εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων αρκετά πριν από τη σπορά, μειώνει τις δυσμενείς επιδράσεις. Η δέσμευση του αζώτου μειώνεται επίσης όταν τα φυτά εισέλθουν από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο καθώς όπως φαίνεται οι καρποί των ψυχανθών και τα βακτηριοειδή ανταγωνίζονται για τα προϊόντα της φωτοσυνθέσεως.

1.4 Τοπικές ποικιλίες και σημασία διατήρησής τους

1.4.1 Τοπική ποικιλία – Ορισμός

Γενικά η τοπική ποικιλία–landrace είναι μια εξημερωμένη, τοπικά προσαρμοσμένη παραδοσιακή ποικιλία ενός είδους φυτού η οποία αναπτύχθηκε με το πέρασ του χρόνου, μέσω της προσαρμογής της στο φυσικό και γεωργικό περιβάλλον και λόγω της απομόνωσής της από πληθυσμούς άλλων ειδών. Οι τοπικές ποικιλίες διαχωρίζονται γενικά από τις ποικιλίες με την καθιερωμένη έννοια της λέξης. Επίσης τα άτομα μιας τοπικής ποικιλίας τείνουν να έχουν μια σχετική γενετική ομοιομορφία, αλλά διαφέρουν περισσότερο απ' ό τι τα άτομα μιας τυποποιημένης ποικιλίας.

Το 2005 προτάθηκε ο εξής ορισμός από τον Camacho Villa et al: «τοπική ποικιλία είναι ένας δυναμικός πληθυσμός ή πληθυσμοί ενός καλλιεργούμενου φυτού ο οποίος έχει ιστορική καταγωγή, διακριτή ταυτότητα και στερείται κλασσικής γεωργικής βελτίωσης, καθώς και συχνά είναι γενετικά ποικίλος, τοπικά προσαρμοσμένος και σχετίζεται με παραδοσιακά συστήματα καλλιέργειας».

Ένα παλαιότερος ορισμός είχε προταθεί το 1975 από τον J. R. Harlan που έλεγε ότι: «οι πληθυσμοί των τοπικών ποικιλιών συχνά ποικίλουν πολύ στην εμφάνιση, αλλά είναι μορφολογικά διακριτοί και έχουν μια σχετική γενετική ακεραιότητα. Οι αγρότες τους δίνουν συνήθως τοπικά ονόματα. Μια τοπική ποικιλία έχει συγκεκριμένες ιδιότητες ή χαρακτηριστικά. Κάποιες θεωρούνται πρώιμες και κάποιες ώσιμες. Η καθεμιά έχει τη φήμη προσαρμογής σε συγκεκριμένους τύπους εδαφών σύμφωνα με την παραδοσιακή «χωριάτικη» ταξινόμηση, π.χ. βαρύ ή ελαφρύ, ζεστό ή κρύο, στεγνό ή υγρό, δυνατό ή αδύναμο. Μπορούν επίσης τα κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με την προσδοκούμενη χρήση. Στα δημητριακά, διαφορετικές τοπικές ποικιλίες χρησιμοποιούνται για αλεύρι, για χυλό, για «πλιγούρι» και για βύνη για να φτιάξουν μπύρα κ.α. Όλα τα μέρη του (φυτικού) πληθυσμού είναι προσαρμοσμένα στις τοπικές κλιματικές συνθήκες, καλλιεργητικές πρακτικές, ασθένειες κι εχθρούς» και συνεχίζει: «Αλλά πιο σημαντικό, είναι γενετικά ποικίλος. Είναι ισορροπημένοι πληθυσμοί – μεταβλητοί, σε ισορροπία τόσο με το περιβάλλον όσο και με τα παθογόνα και γενετικά δυναμικοί ».

1.4.2 Η σημασία της διατήρησης και καλλιέργειας των τοπικών ποικιλιών

Από τους άγριους προγόνους προήλθαν οι πρωτόγονες ποικιλίες από τις οποίες δημιουργήθηκαν οι παραδοσιακές ποικιλίες. Αυτές οι πρωτόγονες ποικιλίες είχαν στενή γενετική βάση και η γενετική ροή ανάμεσα σε άγριους συγγενείς και καλλιεργούμενες μορφές διεύρυνε την γενετική βάση. Λόγω της προσαρμοστικότητας και των διαφορετικών επιλογών των γεωργών, έχουμε την εξέλιξη των γενετικών παραλλαγών και τη δημιουργία νέων τοπικών. Οι τοπικές κοινωνίες των διαφόρων περιοχών της Ελλάδας, επιβίωσαν επί χιλιετίες καλλιεργώντας παραδοσιακές ποικιλίες φυτών μεγάλης καλλιέργειας, κηπευτικών και άλλων καλλιεργούμενων ειδών. Οι ποικιλίες αυτές χρειάστηκαν αιώνες για να προσαρμοστούν γενετικά στις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής, όπως για παράδειγμα η έλλειψη νερού, οι έντονοι άνεμοι, το φτωχό σε θρεπτικά συστατικά έδαφος, τα τοπικά φυτοπαθογόνα. Η γεωγραφική απομόνωση κυρίως των νησιών και άλλων ηπειρωτικών περιοχών, οδήγησε στην ανάπτυξη μεγάλου αριθμού διαφορετικών τοπικών ποικιλιών, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στις εδαφοκλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Έτσι μπορούν να αναπτύσσονται έχοντας καλές αποδόσεις, περιορισμένες ανάγκες σε νερό και θρεπτικά συστατικά,

ενώ μπορούν να αμύνονται στους φυσικούς τους εχθρούς.

Η μακροχρόνια αυτή εξέλιξη λοιπόν προσφέρει μοναδικές δυνατότητες τόσο στον καλλιεργητή όσο και στον καταναλωτή. Η σημασία της καλλιέργειας των παραδοσιακών ποικιλιών έγκειται στο ότι είναι ποικιλίες κατάλληλες για γεωργία χαμηλών εισροών και έχουν ευρεία γενετική αντοχή σε καταπονήσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προγράμματα βελτίωσης, μπορούν να παραχθούν προϊόντα υψηλής ποιότητας τοπικής ονομασίας με προστιθέμενη αξία, να διευρύνουν το δικαίωμα επιλογής του καταναλωτή, καθώς επίσης προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία σε οργανοληπτικές και γαστριμαργικές επιλογές.

Πέρα όμως από τις άμεσες οικονομικές απολαβές που προσφέρουν οι παραδοσιακές ποικιλίες τίθενται και θέματα οικολογίας, ακόμα και επιβίωσης του ανθρώπου καθώς τα τελευταία 50 χρόνια παρατηρείται η εγκατάλειψη και επομένως η εξαφάνιση των παραδοσιακών ποικιλιών. Αίτια της εγκατάλειψης ήταν η βιομηχανική ανάπτυξη και η αστυφιλία οι οποίες απομάκρυναν τους ανθρώπους από την ύπαιθρο, αφήνοντας πίσω τις τοπικές ποικιλίες οι οποίες ξεχάστηκαν και χάθηκαν με το πέρασμα των χρόνων. Στη συνέχεια η απαίτηση της αγοράς για ομοιόμορφες, μηχανοποιημένες και με υψηλές αποδόσεις ποικιλίες παραγκώνησαν και αντικατέστησαν τις τοπικές ποικιλίες. Αυτό οδήγησε στη γενετική διάβρωση, δηλαδή οριστική απώλεια ποικίλου γενετικού υλικού. Αποτέλεσμα είναι η γενετική ευπάθεια σε εχθρούς, ασθένειες και αβιοτικές καταπονήσεις, η έλλειψη ποικιλότητας για ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ποιότητας και η διατάραξη του αγρο-οικοσυστήματος.

Ενώ χρειάζονται αιώνες για να εξελιχθούν οι τοπικές ποικιλίες φυτών, σε λίγες μόνο δεκαετίες βλέπουμε ότι σε ολόκληρη την Ελλάδα, οι τοπικές ποικιλίες εξαφανίζονται με ιδιαίτερα ανησυχητικούς ρυθμούς. Επίσης, πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι μόνο το 2-3 % των ποικιλιών λαχανικών που υπήρχαν πριν 50 χρόνια στην Ελλάδα έχει διασωθεί υπό καλλιέργεια μέχρι τις μέρες μας.

1.5 Κουκιά

1.5.1 Ιστορικά στοιχεία - Καταγωγή

Τα κουκιά είναι ψυχανθή των οποίων η γεωγραφική περιοχή καταγωγής πιθανολογείται ότι είναι μεταξύ των χωρών της Ανατολικής Μεσογείου με το Αφγανιστάν. Η καλλιέργεια τους εντοπίζεται στη Μέση Ανατολή κατά τη Νεολιθική εποχή και στη συνέχεια κατά την εποχή του Χαλκού

εξαπλώθηκε στην Ευρώπη. Σπόροι του φυτού έχουν βρεθεί στους πρώτους ανθρώπινους οικισμούς καθώς και σε οικισμούς στην Ελβετία και στην Αγγλία.

Στα αρχαία χρόνια η χρήση τους ήταν ποικίλη. Στην Αίγυπτο οι ανώτερες τάξεις το θεωρούσαν κατώτερο είδος διατροφής των κοινών ανθρώπων ενώ ο Ηρόδοτος μας πληροφορεί ότι οι ιερείς τους το θεωρούσαν ακάθαρμο φυτό . Οι Ρωμαίοι το χρησιμοποιούσαν σε νεκρικές τελετές, στις ψηφοφορίες, λευκό για θετική ψήφο και μαύρο για αρνητική, ενώ ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος το ανέφερε ως καθαρτικό και υποδοχέα των ψυχών των νεκρών. Οι αρχαίοι Έλληνες το ονόμαζαν κύαμο, λέξη η οποία χρησιμοποιείται και σήμερα, και εκτός από είδος διατροφής για τους ανθρώπους και τα ζώα χρησιμοποιούνταν και στις ψηφοφορίες. Ως μέρος της λατρείας των Ορφικών και των Ελευσίνιων Μυστηρίων απαγορευόταν στους ιερείς η επαφή, κατανάλωση ακόμα και αναφορά στα κουκιά. Ο Πυθαγόρας ο Σάμιος ακολουθώντας αυτό το δόγμα φέρεται να είπε το περίφημο «κύαμων απέχου». Υπάρχουν πολλές θεωρίες σχετικά με αυτή την απαγόρευση. Ο Πλούταρχος θεωρεί ως αιτία τη χρήση του συγκεκριμένου οσπρίου σε νεκρικές τελετές και επικλήσεις. Ο Λουκιανός και ο Αριστοτέλης πιστεύουν ότι η ομοιότητα του άνθους με γεννητικά όργανα προκαλούσε ζωώδεις σκέψεις στους μύστες. Ο Άγιος Γρηγόριος ο Ναζιανζηνός πρότεινε τη θεωρία ότι αυτή η ρήση ήταν μια παραίνεση στους ακολούθους του Πυθαγόρειου φιλοσοφικού-θρησκευτικού συστήματος, για αποχή από την πολιτική καθώς τα κουκιά χρησιμοποιούνταν ως μέσω ψηφοφορίας. Το δόγμα της μετεμψύχωσης, το οποίο πρεύσβευε ο Πυθαγόρας και η συσχέτιση των κουκιών με τους υποδοχείς των ψυχών των νεκρών είναι μια ακόμα εξήγηση. Επίσης υπάρχει η άποψη ότι ο Πυθαγόρας αφού είχε μνηθεί στα μυστήρια της Αιγύπτου για δέκα ολόκληρα χρόνια επηρεάστηκε από την αποστροφή των ιερέων τους προς τα κουκιά.

Στην ελληνική λαογραφία τα κουκιά συναντώνται συχνά με τη μορφή παροιμιών. Μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμε εκφράσεις όπως, «κουκιά μετρημένα» όταν ένας υπολογισμός είναι ακριβής και δεν επιδέχεται αμφισβήτησης, «κουκιά τρως, κουκιά μολογάς» χρησιμοποιείται όταν κάποιος είναι αφελής και δεν εμβαθύνει στην ουσία των πραγμάτων, «τι κάνεις Γιάννη; Κουκιά σπέρνω» δηλώνει καταστάσεις ασυνεννοησίας ενώ το «Το κουκί και το ρεβύθι» είναι μια τυποποιημένη φόρμουλα αρχής
παραμυθιού.

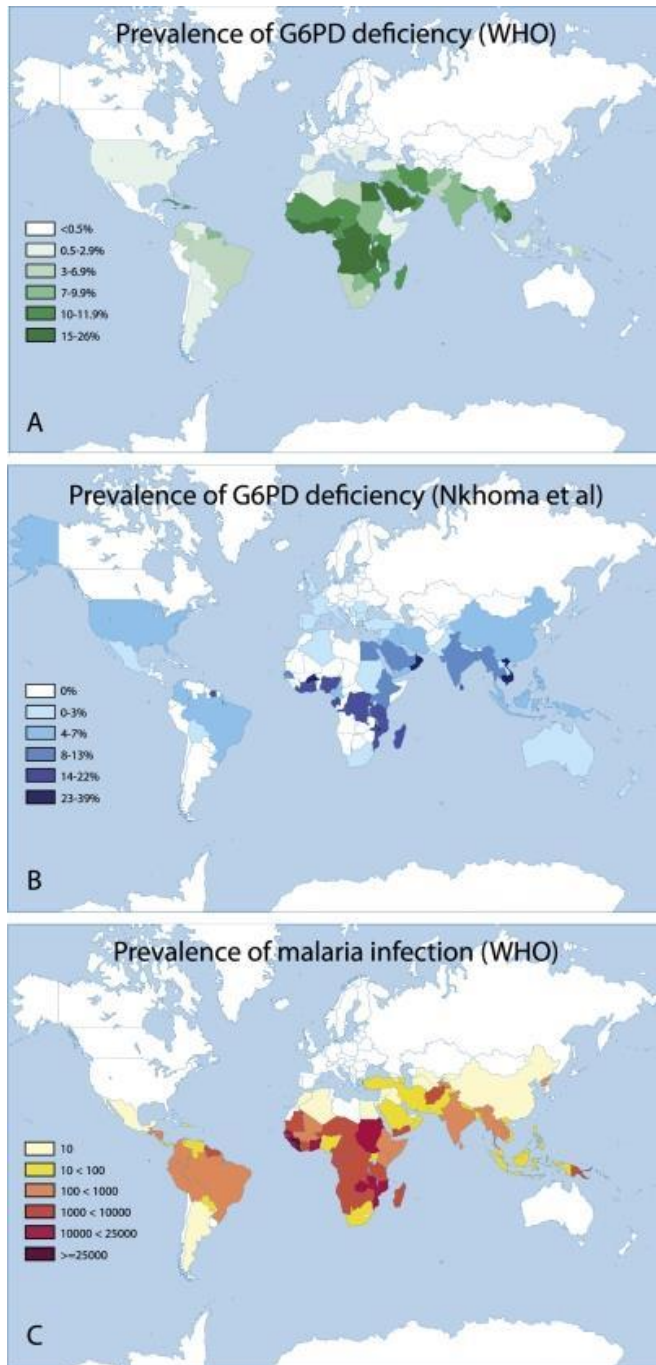
1.5.2 Κυάμωση

Τα κουκιά περιέχουν μεταξύ άλλων τα αλκαλοειδή βισίνη (vicine) και κονβισίνη (convicine) τα οποία μπορούν να προκαλέσουν αιμολυτική αναιμία στα άτομα που πάσχουν από την έλλειψη του ενζύμου Αφυδρογονάση της 6-Φωσφορικής Γλυκόζης ή εν συντομία G6PD (Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase). Η πάθηση αυτή είναι κληρονομική και οφείλεται στη μετάλλαξη ενός υπολειπόμενου γονιδίου στο X χρωμόσωμα καθιστώντας έτσι τους άντρες συχνότερους φορείς της ασθένειας απ' ότι τις γυναίκες. Η μετάλλαξη αυτή προκαλεί ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα του ενζύμου G6PD το οποίο είναι υπεύθυνο για το μεταβολισμό της γλυκόζης μέσω της μεταβολικής οδού της φωσφορικής πεντόζης, μιας διεργασίας ιδιαίτερα σημαντικής στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Τα περισσότερα άτομα που πάσχουν από έλλειψη του G6PD είναι ασυμπτωματικά και οι ασθενείς που παρουσιάζουν συμπτώματα είναι κατά συντριπτική πλειοψηφία άντρες. Τα πιο συχνά συμπτώματα είναι ο ίκτερος στα βρέφη και η οξεία αιμολυτική αναιμία. Ο βρεφικός ίκτερος μπορεί να προκαλέσει νευρολογική ζημιά ακόμα και το θάνατο. Η οξεία αιμολυτική αναιμία μπορεί να προκληθεί από έναν αριθμό φαρμάκων, από κάποια λοίμωξη ή από τη βρώση κουκιών. Ο μηχανισμός της αιμόλυσης δεν είναι πλήρως γνωστός, είναι όμως αδιαμφισβήτητο αποτέλεσμα της αδυναμίας των ελαττωματικών ερυθρών αιμοσφαιρίων να ανταπεξέλθουν στην οξειδωτική βλάβη που προκαλείται από τους παραπάνω παράγοντες.

Ως κυάμωση ή φαβισμός ονομάζεται η αιμολυτική απόκριση του οργανισμού έπειτα από κατανάλωση κουκιών. Παρόλο που όλα τα άτομα που πάσχουν από κυάμωση έχουν έλλειψη του ενζύμου G6PD, όσα άτομα έχουν την έλλειψη του G6PD δεν παρουσιάζουν κυάμωση. Πέρα του ότι η κυάμωση είναι συχνότερη στα νεογνά και τα παιδιά και ότι η γενετική παραλλακτικότητα του G6PD μπορεί να επηρεάζει την χημική ευαισθησία, δεν είναι πλήρως κατανοητή η χημική συσχέτιση μεταξύ της κυάμωσης και του G6PD. Εκτός από την αποφυγή της βρώσης κουκιών δεν υπάρχει γνωστή θεραπεία.

Εκτιμάται ότι 400 εκατομμύρια άνθρωποι πάσχουν από την έλλειψη G6PD, καθιστώντας τη την πιο κοινή ενζυμοπάθεια. Η εμφάνισή της είναι πιο συχνή στην Μεσόγειο, στην τροπική Αφρική, στη Μέση Ανατολή, στην τροπική και υποτροπική Ασία και στην Παπούα Νέα Γουινέα. Ιδιαίτερα συχνή είναι στον κουρδικό πληθυσμό καθώς 1 στους 2 άντρες πάσχει και το ίδιο ποσοστό γυναικών είναι φορέας της νόσου. Η γεωγραφική εξάπλωση της μετάλλαξης του G6PD είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα καθώς συμπίπτει με περιοχές στις οποίες η ελλονοσία ήταν ή είναι ενδημική

ασθένεια. Κλινικά δεδομένα και invitroπειράματα έχουν αποδείξει αυτόν τον συσχετισμό, εξάλλου παρόμοια συσχέτιση υπάρχει μεταξύ της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας και της ελλανοσίας. Σύμφωνα, λοιπόν με τις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί βάσει των πειραμάτων, τα ερυθρά αιμοσφαίρια των ατόμων που έχουν την έλλειψη G6PD καθίστανται «αφιλόξενα» για τα παρασιτικά πρωτόζωα του γένους *Plasmodium* τα οποία είναι υπεύθυνα για τη νόσο της ελλανοσίας και ειδικότερα για το *P. falciparum* το οποίο είναι και το πιο επικίνδυνο καθώς είναι υπεύθυνο για τους περισσότερους θανάτους.



Εικόνα 4. (A) Παγκόσμια εξάπλωση της έλλειψης G6PD σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (B) Παγκόσμια εξάπλωση της έλλειψης G6PD σύμφωνα με τους Nkhoma et al. (2009) (C) Παγκόσμια εξάπλωση της ελλονοσίας, εκφραζόμενη ως αριθμός προσβολών ανά 100.000 ανθρώπους, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (2009), (Peters et al. 2009)

1.5.3 Βοτανική ταξινόμηση

Τα κουκιά ονομάζονται επιστημονικά *Vicia faba L.* ή *Faba vulgaris Moench*, (Κύαμος ο κοινός), ανήκουν στο γένος *Vicia*, στη φυλή Fabaeae, στην οικογένεια Fabaceae, στην τάξη Fabales. Είναι δικοτυλήδονα, διπλοειδή (n=12), ετήσια, ποώδη φυτά. Στα αγγλικά έχει ποικίλες ονομασίες, όπως **broadbean, favabean, fababean, fieldbean, bellbean, Englishbean, horsebean, Windsorbean, pigeonbean** και **tic(k) bean**, κάποιες απ' τις οποίες χρησιμοποιούνται ως συνώνυμες ή άλλες για να περιγράψουν τη χρήση και το μέγεθος του σπόρου.

Τα κουκιά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν είτε ως προς το μέγεθος και βάρος των σπόρων τους είτε ως προς τη χρήση τους.

A. Η Muratona το 1931 διαχώρισε τα κουκιά σε 2 υποείδη, ανάλογα με τον ανώτατο αριθμό φυλλαρίων ανά φύλλο και τα συναφή χαρακτηριστικά, το ssp. *Faba* με περισσότερα από 4 φυλλάρια ανά φύλλο και το ssp. *paucijuga* με λιγότερο από 4. Στο υποείδος *Faba* ξεχώρισε 3 ποικιλίες με βάση την αναλογία του πάχους του σπόρου ως προς το μήκος του, δείκτης ο οποίος σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος του σπόρου. Έτσι καθόρισε την ποικιλία *minor* της οποίας οι σπόροι είναι ελλειψοειδής με βάρος μικρότερο από 0,6 gr., την ποικιλία *equina* με σπόρους σχετικά πεπλατυσμένους βάρους 0,6 έως 0,9 gr. και την ποικιλία *major* με πολύ μεγάλους και πεπλατυσμένους σπόρους έως 2 gr.. Το υποείδος *paucijuga* είναι μια σπάνια μορφή του φυτού η οποία καλλιεργείται και απαντάται μόνο στο Πακιστάν και στη Βορειοδυτική Ινδία και θεωρείται ως κατάλοιπο της άγριας μορφής των κουκιών η οποία όμως καλλιεργήθηκε. Οι ποικιλίες που ανήκουν στην κατηγορία *major* χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για ανθρώπινη κατανάλωση καθώς οι λοβοί τους είναι μαλακότεροι και οι σπόροι τους γλυκύτεροι. Αντίθετα για κτηνοτροφική χρήση όλοι οι τύποι χρησιμοποιούνται, αλλά κατά κύριο λόγο οι *equine* και *minor*.

B. Ο Cubero το 1974 βασιζόμενος στο σύστημα ταξινόμησης της Muratona πρότεινε ως πιο σωστή την κατηγοριοποίηση σε 4 ισότιμες ομάδες, τις *paucijuga, minor, equine* και *major* (Πίνακας 1)

Βοτανική ομάδα	Βάρος σπόρου και σχήμα	Χαρακτηριστικά λοβού
Major	M.B* \geq 0,1 gr. Πολύ πεπλατυσμένος	Μικρός έως μεγάλος (2-10 σπόρους). Πεπλατυσμένος, παχύς, μη διαρρηγμένος λοβός.
Equina	0,1 < M.B. < 0,5 gr. Πεπλατυσμένος	Μεσαίο μέγεθος (3-5 σπόρους) Πεπλατυσμένος λοβός.
Minor	0,3 < M.B. < 0,5 gr. Κυλινδρικός έως στρογγυλός	Μικρός με 3-4 σπόρους. Κυλινδρικής μορφής λοβός.
Paucijuga	0,2 < M.B. < 0,3 gr. Στρογγυλός έως ελλειψοειδής	Πολύ μικρός διαρρηγμένος λοβός.

*Μέσο βάρος σπόρου

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση των κουκιών κατά τον Cubero 1974

Γ. Παρόλο που οι παραπάνω κατηγοριοποιήσεις είναι χρήσιμες και είναι σε χρήση ακόμα και σήμερα καθώς είναι ένα σημαντικό εργαλείο συνεννόησης μεταξύ των επιστημόνων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα ως μέσο διαχωρισμού των ποικιλιών οι κύριες χρήσεις τους. Έτσι ξεχωρίζουμε τις ποικιλίες ως:

1. Λαχανοκομικές. Οι νεαροί λοβοί και οι ανώριμοι σπόροι χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο ως νωποί, κατεψυγμένοι, κονσερβοποιημένοι. Οι ώριμοι αποξηραμένοι σπόροι αποθηκεύονται και είτε μαγειρεύονται ολόκληροι αφού προηγηθεί εμβάπτιση σε νερό και πολλές φορές αποφλοιώση, είτε θραύονται ή αλέθονται και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων (π.χ. φάβα, ψωμί σε ανάμειξη με άλλα άλευρα κ.α.).

2. Κτηνοτροφικές. Οι ώριμοι αποξηραμένοι σπόροι χρησιμοποιούνται ως υψηλής πρωτεϊνικής αξίας ζωοτροφή και θεωρείται ως σημαντικό συστατικό στη διατροφή των μονογαστρικών αγροτικών ζώων. Οι ποικιλίες ανάλογα με το μέγεθος του σπόρου, διακρίνονται δύο κατηγορίες, μικρόσπερμες και μεγαλόσπερμες. Επιπλέον ολόκληρο το φυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σανός ή ως ενσίρωμα.

1.5.4 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1.5.4.1 Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα των κουκιών είναι πασσαλώδες, με πλάγιες διακλαδώσεις και αρκετά ανεπτυγμένη. Το μέγιστο βάθος στο οποίο εισχωρούν οι ρίζες κυμαίνεται από 50 έως 90 cm (σπάνια ξεπερνά το 1m) και εξαρτάται από το γενότυπο, τη διαθεσιμότητα του νερού και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Μεγαλύτερο βάθος και πυκνότητα ριζών παρατηρείται σε ξηρικές συνθήκες ανάπτυξης. Τα φυμάτια είναι μεγάλα, σχεδόν σφαιρικά και βρίσκονται τόσο στην κύρια ρίζα όσο και στις πλάγιες διακλαδώσεις.



Εικόνα 5 . Κύρια ρίζα με πλάγιες διακλαδώσεις και φυμάτια

1.5.4.2 Βλαστός

Ο βλαστός είναι όρθιας ανάπτυξης, ισχυρός και δεν πλαγιάζει. Από τον κύριο βλαστό αναπτύσσονται από τις μασχάλες των φύλλων πλευρικοί βλαστοί, με γωνιώδη διατομή. Κατά μήκος του βλαστού από τον 5ο έως 10ο κόμβο, ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης, υπάρχουν μόνο φύλλα, ενώ πιο πάνω από τους οφθαλμούς στη βάση των φύλλων, αναπτύσσονται οι ταξιανθίες. Το ύψος του φυτού κυμαίνεται από 50 έως 150 cm, ανάλογα με την ποικιλία.



Εικόνα 6. Βλαστός κουκιών (Κωπαΐδα 2016)

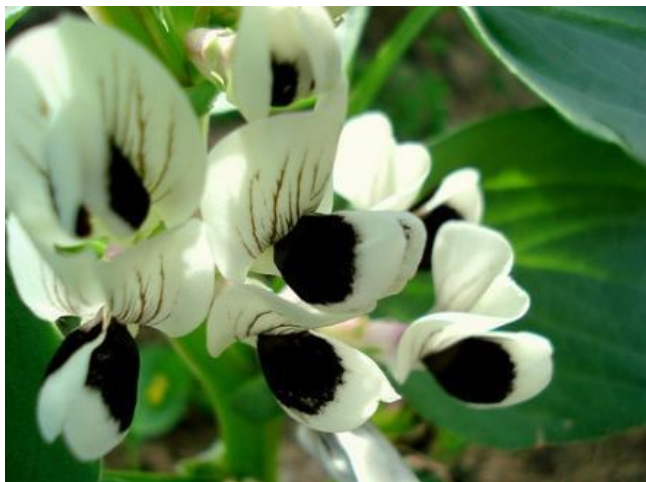
1.5.4.3 Φύλλα

Τα φύλλα είναι αρκετά σε αριθμό, πτερωτά και άρτια. Είναι σύνθετα και στη βάση τους υπάρχουν δύο μικρά, πλατειά, οδοντωτά παράφυλλα. Ο αριθμός των φυλλάριων ανά φύλλο αυξάνεται από 2 που είναι στη βάση του φυτού σε 6-8 στην κορυφή και είναι μεγάλα, πλατειά, ακέραια και σαρκώδη. Το χρώμα των φύλλων αρχικά είναι γκριζοπράσινο (γλαυκό) και με την αύξηση της ηλικίας αποκτούν πιο σκούρο χρωματισμό.

1.5.4.4 Άνθη

Εμφανίζονται σε ομάδες από 2-6 σε ταξιανθίες βότρυ με κοντό άξονα οι οποίες εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων μετά τον 5^ο κόμβο. Έχουν στεφάνη με 5 ανόμοια πέταλα τελείως λευκά, καστανόχρωμα ή ιόχρωμα με πτέρυγες μεγάλες, οι οποίες φέρουν ένα μαύρο στίγμα. Ο κάλυκας φέρει 5 άνισα σέπαλα (οδόντες), φέρει 10 στήμονες, επιφυή ωοθήκη και μακρύ στύλο. Τα άνθη έχουν μια δυνατή και γλυκιά μυρωδιά η οποία προσελκύει τους επικονιαστές οι οποίοι επιτελούν το

μεγαλύτερο μέρος της γονιμοποίησης αν και το ίδιο το άνθος λόγω της κατασκευής του μπορεί να αυτογονιμοποιηθεί εύκολα.



Εικόνα 7. Άνθη κουκιών

1.5.4.5 Καρπός – Λοβός

Οι λοβοί διαφέρουν ως προς το μέγεθος και τον τρόπο έκφυσης, ανάλογα με την ποικιλία. Στους τύπους *minor* και *raucijuga* έχουν μικρό μήκος, είναι συνήθως κυλινδρικοί, όρθιοι (σχεδόν εφάπτονται στο βλαστό) και φέρουν 3-4 σπόρους, ενώ στον τύπο *major* έχουν μεγάλο μήκος, είναι κεκλιμένοι, πεπλατυσμένοι και φέρουν 3-8 σπόρους. Οι τύποι *equina* έχουν ενδιάμεσο μέγεθος λοβών με 4-8 σπόρους. Σε κάθε γόνατο, ανάλογα με την καρπόδεση, μπορούν να σχηματισθούν από 1 έως 8 λοβοί. Πριν από την ωρίμανση οι λοβοί είναι εξωτερικά πράσινοι, λείοι και εσωτερικά χνουδωτοί, με σπογγώδη υφή. Κατά την ωρίμανση το χνούδι εξαφανίζεται, ο λοβός παίρνει χρώμα μαύρο ή σκούρο καφέ και γίνεται εύθραυστος. Σε ορισμένες ποικιλίες, με την ωρίμανση ανοίγουν οι λοβοί πριν τη συγκομιδή και οι σπόροι πέφτουν στο έδαφος.



Εικόνα 8. Λοβοί κουκιών της ποικιλίας Λευκάδα (Κωπαΐδα 2016)

1.5.4.6 Σπόρος

Οι σπόροι διαφέρουν ως προς το χρώμα, το μέγεθος και το σχήμα ανάλογα με τον τύπο. Στον τύπο *major* (λαχανοκομικά) είναι μεγάλοι, μέχρι 2-3 cm και πεπλατυσμένοι, ενώ στον τύπο *minor* (κτηνοτροφικά) είναι μικροί, περίπου 1 cm, με σχήμα σχεδόν σφαιρικό. Το χρώμα τους μπορεί να είναι κίτρινο, μπεζ, πρασινωπό, καφετί, μαύρο, ιώχρουν. Οι σπόροι μερικές φορές φέρουν καφετί κηλίδες, στίγματα ή ραβδώσεις γύρω από τον οφθαλμό.



Εικόνα 9. Σπόροι κουκιών διαφόρων μεγεθών, σχημάτων και χρωμάτων

1.5.5 Κλιματικές απαιτήσεις

1.5.5.1 Θερμοκρασία

Βέλτιστες θερμοκρασία για την ανάπτυξη των κουκιών θεωρούνται οι 15-20°C. Καλλιεργούνται στην εύκρατη ζώνη κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και στις τροπικές περιοχές σε μεγάλα υψόμετρα (άνω των 2500 μέτρων). Οι σπόροι του φυτού αρχίζουν να φυτρώνουν σε θερμοκρασία εδάφους τουλάχιστον 3-4°C και γενικά τα νεαρά φυτά αντέχουν σε χαμηλές θερμοκρασίες -4 έως -6°C, ενώ τα πιο ώριμα και σκληραγωγημένα, μέχρι -10°C. Η αντοχή στο ψύχος εξαρτάται από τον γενότυπο της ποικιλίας και την εποχή σποράς. Έτσι οι φθινοπωρινές ποικιλίες κατά μέσο όρο αντέχουν έως -12 °C, ενώ οι ανοιξιάτικες μέχρι -6 °C. Επίσης σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες του χειμώνα πέφτουν πολύ χαμηλά, οι εποχές σποράς μετατοπίζονται προς τις αρχές της άνοιξης. Οι χαμηλές θερμοκρασίες κατά την άνθηση καταστρέφουν τα άνθη ενώ επιζήμιες είναι και οι θερμοκρασίες άνω των 25°C καθώς αναστέλλουν την άνθηση και προκαλούν ξήρανση και πτώση των ανθέων, με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της παραγωγής και ειδικότερα όταν συνοδεύονται από μειωμένη εδαφική υγρασία.

1.5.5.2 Υγρασία

Είναι φυτό ανθεκτικό στην έλλειψη υγρασίας, για να επιτευχθεί όμως υψηλή παραγωγή και καλής ποιότητας προϊόντα πρέπει να υπάρχει υψηλή υγρασία καθόλη τη διάρκεια της ανάπτυξης του φυτού. Πλέον ευαίσθητο στάδιο θεωρείται η έναρξη γεμίσματος του λοβού. Ξηρασία κατά το στάδιο αυτό μπορεί να επιφέρει μέχρι και 50% μείωση της απόδοσης (Mwanamwenge et al., 1999). Επίσης κατά την άνθηση η έλλειψη υγρασίας προκαλεί ανθόπτωση και καρπόπτωση ενώ η ζεστή και ξηρή άνοιξη περιορίζει την ανάπτυξη των φυτών και συνοδεύεται από επιδημία μαύρων αφίδων, που μπορούν να μειώσουν σημαντικά την παραγωγή. Αντίθετα οι υπερβολικές βροχοπτώσεις κατά το χειμώνα δεν είναι επιθυμητές, γιατί τότε είναι αυξημένος ο κίνδυνος γενίκευσης των προσβολών από σκληρωτίνια. Επομένως για την καλή ανάπτυξη των φυτών και την αποφυγή προσβολών οι βροχοπτώσεις είναι πιο ευεργετικές όταν κατανέμονται ομαλά από το φθινόπωρο έως την άνοιξη. Η αντιμετώπιση της ξηρασίας σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όπως η χώρα μας, γίνεται με πρόωπη σπορά και χρήση ποικιλιών που ανθίζουν νωρίς την άνοιξη πριν εξαντληθεί η υγρασία του εδάφους

που αποθηκεύτηκε από τις φθινοπωρινές βροχές. Τέλος τα κουκιά είναι φυτά ευαίσθητα στην κατάκλυση.

1.5.5.3 Φωτοπερίοδος

Αναφορικά με την αντίδραση στη φωτοπερίοδο, αρκετές ποικιλίες δεν επηρεάζονται από το μήκος της ημέρας, υπάρχουν όμως και ποικιλίες που απαιτούν μεγάλες φωτοπεριόδους για άνθιση. Στην Ελλάδα τα κουκιά καλλιεργούνται για όψιμη φθινοπωρινή, χειμερινή και ανοιξιιάτικη παραγωγή.

1.5.6 Εδαφικές απαιτήσεις

Τα κουκιά προσαρμόζονται σε μεγάλη ποικιλία τύπων εδαφών, από τα πιο φτωχά έως τα πιο γόνιμα. Αναπτύσσονται όμως καλύτερα σε σχετικά βαριά πηλώδη ασβεστούχα εδάφη που συγκρατούν το νερό της βροχής, αλλά με πολύ καλή αποστράγγιση, γιατί δεν αντέχουν στην υπερβολική εδαφική υγρασία για μεγάλο διάστημα. Τα εδάφη που είναι πλούσια σε οργανική ουσία επιτελούν άριστα αυτό τον σκοπό. Μπορούν να καλλιεργηθούν και σε φτωχά εδάφη καθώς παρουσιάζουν μεγάλη αζωτοδεσμευτική ικανότητα, αλλά στην περίπτωση αυτή χρειάζονται οπωσδήποτε λίπανση με φώσφορο και απαιτούν αρκετή υγρασία. Η καλλιέργεια τότε δίνει μικρότερες, αλλά πρωιμότερες αποδόσεις. Σε πολύ γόνιμα και υγρά εδάφη αναπτύσσουν υπερβολική βλάστηση, που τελικά αποβαίνει σε βάρος της καρποφορίας. Είναι ευαίσθητα στα όξινα εδάφη με τις καταλληλότερες τιμές του pH κοντά στο 7 ενώ σε pH μικρότερο του 6 η ανάπτυξη του φυτού μειώνεται και εδάφη με τιμές pH κάτω του 5,5 απαιτούν την προσθήκη ασβεστίου. Αντίθετα, παρουσιάζουν αντοχή στην αυξημένη αλατότητα και αλκαλικότητα του εδάφους.

1.5.7 Προετοιμασία του εδάφους

Η εγκατάσταση μιας φυτείας με κουκιά ξεκινά από το τέλος του καλοκαιριού και επεκτείνεται τους φθινοπωρινούς μήνες. Εκείνη την περίοδο φυσικό είναι το έδαφος να είναι ξηρό κατά την προετοιμασία. Θα χρειαστεί να γίνει ένα καλό πότισμα του εδάφους και όταν έρθει στον ρώγο του, τότε να ακολουθείται όργωμα με υνί σε βάθος περίπου 10-15 cm, σβάρνισμα με οδοντωτή σβάρνα ή δισκοσβάρνα και μετά φρεζάρισμα για ψιλοχωμάτισμα και ισοπέδωση του εδάφους. Στη πραγματικότητα, για τα κουκιά δεν χρειάζεται πολύ ψιλοχωμάτισμα, γιατί οι σπόροι είναι μεγάλοι

σε μέγεθος. Η δημιουργία καλής δομής και υφής στο έδαφος, σε συνδυασμό με την καλή στράγγιση, συμβάλλουν στην καλή ανάπτυξη και ικανοποιητική απόδοση των κουκιών.



Εικόνα 10. Προετοιμασία πειραματικού αγρού στην Κωπαΐδα (όργωμα).

1.5.8 Λίπανση

Τα κουκιά έχουν χαμηλές απαιτήσεις σε άζωτο καθώς έχουν υψηλή αζωτοδεσμευτική ικανότητα, παρολαυτά μικρή ποσότητα αζώτου μπορεί να προστεθεί στην έναρξη της καλλιέργειας καθώς τα φυτά στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους έχουν ανάγκη από μικρή παρουσία αφομοιώσιμου αζώτου, ενώ δεν έχουν κατορθώσει ακόμη να αναπτύξουν αρκετές αποικίες βακτηρίων στις ρίζες τους, όπως επίσης και στην περίπτωση εδαφών όπου απουσιάζουν τα αζωτοβακτήρια όπως συμβαίνει σε χωράφια που έχουν δεχθεί μονοκαλλιέργεια σιτηρών επί πολλά χρόνια. Μεγαλύτερες απαιτήσεις έχει το φυτό σε φώσφορο και κάλιο. Στην Ελλάδα συνιστάται η προσθήκη λίπανσης σε ποσότητες:

25-30 κιλά/στρέμμα 0-48-0 σε φώσφορο

20-30 κιλά/ στρέμμα 0-0-48 σε κάλιο

Αλλά και 20-30 κιλά 26-0-0 αζώτου/στρ., 1/3 κατά την σπορά και 2/3 επιφανειακά, μέχρι να εγκατασταθούν τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια.

Η προσθήκη ταυτόχρονα και 2-3 τον/στρ. καλά χωνεμένης κοπριάς συμβάλλει στη βελτίωση των αποδόσεων.

1.5.9 Σπορά

Τα κουκιά πολλαπλασιάζονται με σπόρο. Η σπορά στις νότιες περιοχές γίνεται από τέλη Σεπτέμβρη μέχρι και αρχές Νοέμβρη, αλλά στα βορειότερα σε ψυχρά και ορεινά μέρη Φλεβάρη-Μάρτη.

Για τα κτηνοτροφικά κουκιά ως καλύτερη εποχή σποράς για τις ποικιλίες χειμερινού τύπου στη χώρα μας, θεωρείται η μεταξύ **20 Οκτωβρίου και 10 Νοεμβρίου**. Οι ανοιξιάτικου τύπου ποικιλίες, που σε άλλες χώρες σπέρνονται πολύ νωρίς, δεν έχουν δοκιμαστεί στην Ελλάδα. Η σπορά γίνεται με κοινές σπαρτικές των σιτηρών λόγω του ότι συνήθως οι κτηνοτροφικές ποικιλίες έχουν μικρό μέγεθος σπόρου. Για τη χώρα μας, τα κτηνοτροφικά κουκιά με βάρος 1000 σπόρων μικρότερο των 400gr, σπέρνονται γραμμικά σε αποστάσεις 40-50cm μεταξύ των γραμμών και γύρω στα 10-12cm επί της γραμμής. Έτσι, η ποσότητα σπόρου που πρέπει να σπαρθεί ανά στρέμμα είναι 14-20 Kg, ανάλογα με το μέγεθος του σπόρου κάθε ποικιλίας και με αυτόν τον τρόπο σπέρνεται πληθυσμός 35000-50000 φυτών ανά στρέμμα (Ποδηματάς, 1994).

Για τα λαχανοκομικά κουκιά η σπορά μπορεί να ξεκινά αρχές του φθινοπώρου (Σεπτέμβριο-Οκτώβριο) και να συνεχίζεται σταδιακά μέχρι και τέλος του χειμώνα (Φεβρουάριο-Μάρτιο-Απρίλιο, στις ψυχρές περιοχές για συγκομιδή Μάιο-Ιούνιο) έτσι ώστε να υπάρχει συνεχής τροφοδοσία της αγοράς με νωπό (φρέσκο) προϊόν με ή χωρίς το λοβό. Με τη διαδικασία αυτή θα υπάρχει συγκομιδή χλωρού προϊόντος σε όλη τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης προς το πρώιμο καλοκαίρι. Για πρώιμη παραγωγή χλωρών κουκιών η σπορά αρχίζει από τον Αύγουστο μήνα και η συγκομιδή από τον Δεκέμβριο (3-4 μήνες μετά). Για μικρές εκτάσεις η σπορά γίνεται με το χέρι. Ανοίγονται μικρού βάθους αυλάκια και τοποθετούνται οι σπόροι στις επιθυμητές αποστάσεις επί της γραμμής και ακολουθεί παράχωμα. Όταν θα σπαρθούν μεγάλες εκτάσεις, υπάρχει πρόβλημα στη χρησιμοποίηση των συνηθισμένων σπαρτικών μηχανών των κηπευτικών, διότι ο σπόρος είναι μεγάλος. Χρησιμοποιούνται ειδικές σπαρτικές μηχανές ή τροποποιημένες φυτευτικές μηχανές των βολβών ή της πατάτας.

Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών είναι 50-70 εκ. και επί των γραμμών 20-25 εκ. και σε βάθος 4-5 εκ. Επίσης, μπορεί να σπαρθεί και σε διπλές γραμμές με αποστάσεις πιο μικρές μεταξύ των διπλών γραμμών 25-30 εκ. και με απόσταση 60-80 εκ. μεταξύ των διπλών γραμμών. Επί των γραμμών σε απόσταση 20-225 εκ. Η αναγκαία ποσότητα σπόρου ανά στρέμμα ανέρχεται στα 12-15 κιλά,

ανάλογα με το μέγεθος του σπόρου και τις αποστάσεις φύτευσης. Άλλοι συνιστούν αποστάσεις μεταξύ των γραμμών 140-170 εκ και επί γραμμών 40-60 εκ., όταν η καλλιέργεια είναι περισσότερο μηχανοποιημένη (π.χ. μηχανικά σκαλίσματα κλπ.).

Πάντως, θα πρέπει να έχουμε πάντα υπόψη μας ότι στα κουκιά, που είναι σε μεγάλο ποσοστό (από 35% έως 65% περίπου ανάλογα με την ποικιλία) σταυρογονιμοποιούμενο εντομόφιλο είδος, δεν πρέπει να προτιμάται η πυκνή σπορά, για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας των μελισσών, οι οποίες κυρίως γονιμοποιούν τα άνθη, ώστε να εξασφαλίζεται πλούσια καρπόδεση. Επίσης έτσι διευκολύνονται οι ψεκασμοί εναντίον εχθρών, ασθενειών ή ζιζανίων κι ακόμη ενδεχόμενη μηχανική ζιζανιοκτονία.

1.5.10 Καλλιεργητικές περιποιήσεις

1.5.10.1 Καταπολέμηση ζιζανίων

Τα κουκιά είναι ευαίσθητα ως προς τον ανταγωνισμό με τα ζιζάνια, γι' αυτό ο έλεγχός τους είναι απαραίτητος ώστε να επιτευχθούν υψηλές αποδόσεις καθώς μπορούν να προκαλέσουν απώλειες έως και 50% (Frenda et al. 2013). Επειδή η σπορά είναι σχετικά αραιή, ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης των φυτών τα ζιζάνια αναπτύσσονται ταχύτερα και σχεδόν ανεμπόδιστα, χωρίς ανταγωνισμό από τα νεαρά φυτά. Η καταπολέμηση γίνεται με σκαλίσματα και βοτανίσματα, όπως και σε πολλά άλλα κηπευτικά και με την χρήση εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, όπως: το Butralin και το Isopropalin, προσπαρτικά ή προφυτρωτικά και το Bentazone και Glycloxydim μεταφυτρωτικά σε βλαστημένα ζιζάνια. Το πιο διαδεδομένο και σοβαρό πρόβλημα αποτελεί η οροβάγχη – *Orobanche crenata*.

1.5.10.2 Άρδευση

Τα κτηνοτροφικά κουκιά καλλιεργούνται ως ξηρική καλλιέργεια στη χώρα μας ενώ αντίθετα τα λαχανοκομικά παρόλο που είναι μια χειμερινή καλλιέργεια, προκειμένου να προσφέρουν υψηλές αποδόσεις αναγκαία είναι η άρδευση, αφού οι βροχοπτώσεις κατά τους μήνες αυτούς δεν έχουν ομαλή κατανομή. Έτσι οι αρδεύσεις γίνονται ανάλογα με το ύψος της βροχόπτωσης και όταν η υγρασία στο έδαφος είναι μειωμένη και ειδικά στο στάδιο της άνθισης όπου η άρδευση πρέπει να εφαρμόζεται στο 50% της ιδατοϊκανότητας.

Συγκεκριμένα οι ανάγκες σε νερό μιας καλλιέργειας ενός στρέμματος για παραγωγή νωπών κουκιών

ανέρχονται σε 220-300 m³ σε 5 αρδεύσεις κατά μέσο όρο κατά τους μήνες Σεπτέμβριο και Οκτώβριο (με 75% αποτελεσματικότητα στη μέθοδο άρδευσης με εκτοξευτήρες χαμηλής παροχής). Υπάρχουν αρκετοί καλλιεργητές, οι οποίοι εφαρμόζουν και τη μέθοδο στάγδην για την άρδευση της καλλιέργειας.

1.5.10.3 Παράχωμα

Προς αποφυγή πλαγιάσματος των φυτών ειδικά κατά την καρποφορία, συνιστάται η συσσώρευση χώματος (ελαφρό παράχωμα) στη βάση του φυτού σε όλη τη γραμμή, ώστε να στηρίζεται το φυτό.

1.5.10.4 Κλάδεμα- Κορυφολόγημα

Όταν η έκταση καλλιέργειας είναι σχετικά μικρή και η συγκομιδή γίνεται με το χέρι, συνιστάται να αφαιρείται μέρος των πλευρικών βλαστών (αφήνονται 3-4/φυτό) και οι βλαστοί που παραμένουν κορυφολογούνται, όταν καρποδένουν τα πρώτα άνθη, για την αύξηση της παραγωγής και επίτευξη ομοιομορφίας στην καρπόδεση, για να ενθαρρυνθεί πρώιμο γέμισμα των λοβών και να μειωθεί η εξάπλωση της μαύρης αφίδας, η οποία ως γνωστό τρέφεται πάνω στις τρυφερές κορυφές.

1.5.10.5 Εχθροί, ασθένειες και καταπολέμηση

Τα κουκιά είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις ανοιξιάτικες προσβολές από την μαύρη αφίδα, *Aphis fabae*, όπως και μιας ευρείας ποικιλίας άλλων αφίδων όπως τα *Aphis spp.*, *Acyrtosiphon pisum*, και *Myzus persicae*, τα οποία σε οξείες προσβολές προκαλούν χλώρωση, συστροφή, νεκρωτικές κηλίδες στα φύλλα και μείωση της ανάπτυξης των βλαστών.

Ο βρούχος των κουκιών, *Bruchus rufimanus*, είναι ένα έντομο των αποθηκών το οποίο διαχειμάζει στον σπόρο του κουκιού αφήνοντας οπές και υποβαθμίζοντας την ποιότητα του σπόρου.

Πέρα από τους εντομολογικούς εχθρούς, συχνότερες ασθένειες στην κουκιά είναι:

- ο βοτρυτής, *Botrytis cinerea* και *Botrytis fabae*
- ο περονόσπορος, *Peronospora viciae*
- η σκωρίαση του κουκιού, *Uromyces viciae-fabae var. viciae-fabae*
- η ασκοχύτωση, *Ascochyta fabae*
- η σκληρωτίνια, *Sclerotinia sclerotiorum*

Για την αποφυγή των ασθενειών και των εντομολογικών προσβολών, εφαρμόζονται προληπτικοί και θεραπευτικοί .

1.5.11 Συγκομιδή

1.5.11.1 Τρόπος

Η συγκομιδή των κτηνοτροφικών κουκιών γίνεται με τις κοινές θεριζοαλωνιστικές μηχανές των σιτηρών, ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση των στροφών τυμπάνου-αντιτυμπάνου και χρήση του κατάλληλου κόσκινου για την κάθε ποικιλία. Ο θεραλωνισμός γίνεται απευθείας όπως στα σιτηρά. Ο καθορισμός του σταδίου της πλήρους ωρίμανσής τους γίνεται όταν οι λοβοί και τα στελέχη των φυτών αποκτήσουν χαρακτηριστικό καστανό χρώμα ενώ τα φύλλα έχουν πέσει σχεδόν σε όλα από τα φυτά. Το στάδιο αυτό, για τις πρώιμες χειμερινού τύπου ποικιλίες και για τις συνθήκες της χώρας μας, είναι μέσα στον Ιούνιο. Αμέσως μετά τη συγκομιδή, για την εξασφάλιση καλής αποθήκευσης του σπόρου πρέπει να φροντίσουμε για τον επιμελή καθαρισμό του και τον αερισμό του, ώστε η σχετική υγρασία του να περιοριστεί γύρω στο 14-15% και τέλος την απολύμανσή του με υποκαπνιστικά φωσφινούχα εντομοκτόνα, για την απαλλαγή του από εχθρούς.

Η συγκομιδή των λαχανοκομικών κουκιών, για νωπό προϊόν (φρέσκα κουκιά) γίνεται με το χέρι, σε πολλά «χέρια», συγκομίζοντας κάθε φορά τους λοβούς που έχουν αποκτήσει το επιθυμητό εμπορεύσιμο μέγεθος και θα πρέπει τόσο ο λοβός να είναι πράσινος, όσο και οι σπόροι να είναι τρυφεροί, τελείως υγιείς χωρίς συμπτώματα ασθενειών, καθώς φυτά και χλωροί λοβοί προσβεβλημένοι από ασθένειες μπορούν να προκαλέσουν δηλητηριάσεις στους καταναλωτές. Συνηθίζεται ο διαχωρισμός των φρέσκων σπόρων από τον λοβό και η πώληση μόνο των σπόρων. Στην περίπτωση που οι σπόροι προορίζονται για μεταποίηση (κατάψυξη ή κονσερβοποίηση), τότε δύναται η συγκομιδή να γίνει με μηχανικά μέσα. Ανάλογα με την ποικιλία (πρώιμη, μεσοπρώιμη, όψιμη) και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν από την σπορά μέχρι την έναρξη της συγκομιδής απαιτούνται 90-140 ημέρες και η διάρκεια συγκομιδής είναι 2-2,5 μήνες. Συνολικά η καλλιέργεια διαρκεί 5-6 μήνες.

1.5.11.2 Αποδόσεις

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια τα κουκιά επηρεάζονται από ένα σύνολο βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, με κύριο λόγο τα ζιζάνια, τη θερμοκρασία και την εδαφική και ατμοσφαιρική υγρασία. Εξαιτίας αυτών των παραγόντων παρουσιάζουν ασταθή απόδοση από έτος σε έτος στη λεκάνη της Μεσογείου. Έτσι στην Ελλάδα η μέση στρεμματική απόδοση σε ναπούς λοβούς κυμαίνεται από 300- 500 Kg/στρέμμα, σε σπόρο από 40 – 300 Kg/στρέμμα και σε σανό φτάνει έως 500 Kg/στρέμμα.

1.5.12 Χρήσεις και σημασία

Τα κουκιά είναι από τα σημαντικότερα ψυχανθή και καλλιεργούνται ως φυτά ψυχρής εποχής για ανθρώπινη κατανάλωση, ως ζωοτροφή και ως χλωρή λίπανση.

1.5.12.1 Θρεπτική αξία

Είναι ψυχανθή με μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, περίπου 30%, οι οποίες αποτελούνται κυρίως από γλοβουλίνες, αλβουμίνες, γλουτελίνες και προλαμίνες. Τα σπέρματα περιέχουν υδατάνθρακες σε ποσοστό 51-68% των οποίων το μεγαλύτερο μέρος αποτελεί το άμυλο, 41-53%. Επίσης περιέχουν βιταμίνη Α, Βιταμίνη Β, Βιταμίνη C, φλαβονοειδή και καροτενοειδή, φολικό οξύ, ανόργανα στοιχεία όπως σίδηρο, ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο, ινώδεις ουσίες, φυτάσες, ταννίνες, αλκαλοειδή, σαπωνίνες, διαλυτά σάκχαρα καθώς και το αμινοξύ L-dopa το οποίο χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση της νόσου του Parkinson. Εκτός όμως από την πληθώρα θρεπτικών συστατικών που περιέχουν τα κουκιά υπάρχουν, όπως και στα περισσότερα αν όχι όλα τα φυτά, και αντιδιαιτητικοί παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί βρίσκονται στις φυτικές πρωτεΐνες και είτε παρεμποδίζουν τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών είτε είναι επιβλαβείς για τον άνθρωπο ή το ζώο. Συγκριτικά οι πρωτεΐνες των δημητριακών περιέχουν μικρό ποσοστό αντιδιαιτητικών παραγόντων ενώ τα ψυχανθή συνήθως υψηλό. Τέτοιοι παράγοντες είναι στα κουκιά οι ταννίνες, η βικίνη και η κονβικίνη, οι λεκτίνες, οι παρεμποδιστές πρωτεασών, οι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες και οι σαπωνίνες. Ο κυριότερος από αυτούς είναι οι ταννίνες, οι οποίες εντοπίζονται κυρίως στο περισπέρμιο, είναι ενώσεις φαινολικού χαρακτήρα και προκαλούν διαταραχές στην πέψη, μειώνουν την πεπτικότητα της τροφής και σχηματίζουν δεσμούς με διάφορες ενώσεις. Μια συνήθης πρακτική

για την μείωση των ταννινών είναι η αποφλοιώση. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ του άσπρου χρώματος των λουλουδιών και της μείωσης των ταννινών, που ελέγχεται τουλάχιστον από δύο υποτελή γονίδια (Duc, 1997).

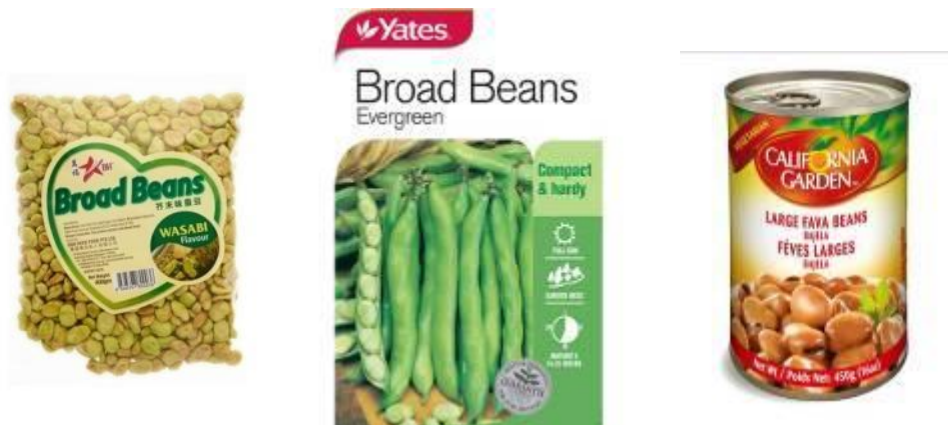
1.5.12.2 Αζωτοδεσμευτική ικανότητα

Σύμφωνα με έρευνες τα κουκιά είναι ψυχανθή με τεράστια αζωτοδεσμευτική ικανότητα, καθώς μπορεί να δεσμεύσουν έως και 200 Kg αζώτου ανά εκτάριο (Neugschwandtner et al. 2015) ενώ έως και 90% του περιεχόμενου αζώτου προέρχεται από την ατμόσφαιρα (Hauggaard-Nielsen et al. 2009), γι' αυτό και θεωρούνται σημαντικά φυτά κατάλληλα για συστήματα αμειψισποράς και για χλωρή λίπανση. Η ικανότητα αζωτοδεύσμευσης καθώς και η δημιουργία φυματίων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως τη λίπανση σε άζωτο, φώσφορο, θείο και μολυβδαίνιο, την παρουσία αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων, την ύπαρξη ζιζανίων, τον γενότυπο, την αλατότητα και διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η υγρασία. Συγκεκριμένα σε μια πρόσφατη έρευνα αναφέρθηκε ότι όταν τα φυτά αναπτύχθηκαν κάτω από βέλτιστες συνθήκες υγρασίας η αζωτοδεύσμευση έφτασε τα 219 Kg αζώτου ανά εκτάριο ενώ αντίθετα υπό συνθήκες ξηρασίας έφτασε μόλις τα 63 Kg/ha, μειώθηκε δηλαδή πάνω από 70% (Neugschwandtner et al., 2015).

1.5.12.3 Προϊόντα

Για ανθρώπινη κατανάλωση οι καρποί των κουκιών καταναλώνονται νωποί (άνωριμοι λοβοί και σπόροι) με περιορισμένη σχετικά ζήτηση, όμως όλο και περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι χλωροί σπόροι υπό τη μορφή του κατεψυγμένου ή κονσερβοποιημένου προϊόντος. Το βρώσιμο τμήμα του φυτού από λαχανοκομικής άποψης είναι οι νεαρές ηλικίας άνωριμοι λοβοί (κουκιά φρέσκια) μαζί με τους άνωριμους σπόρους ή μόνο οι άνωριμοι σπόροι και καταναλώνονται μαγειρεμένοι ή ωμοί. Είναι τροφή μεγάλης θρεπτικής αξίας λόγω της υψηλής πρωτεϊνοπεριεκτικότητας. Επίσης όταν ωριμάσουν οι σπόροι (όσπρια) καταναλώνονται βραστοί, ολόκληροι ή μετά από διαχωρισμό στις δύο κοτυληδόνες (κουκιά κούννες) ή μετά από πολτοποίηση (φάβα κουκιών). Ακόμα, μετά από καβούρδισμα, οι ξηροί σπόροι χρησιμοποιούνται για τη νόθευση του καφέ και ως συνοδευτικό ποτών.

Στην κτηνοτροφία χρησιμοποιούνται κυρίως τα σπέρματα υπό την μορφή αλεύρου αλλά και η φυτική μάζα υπο μορφή σανού.

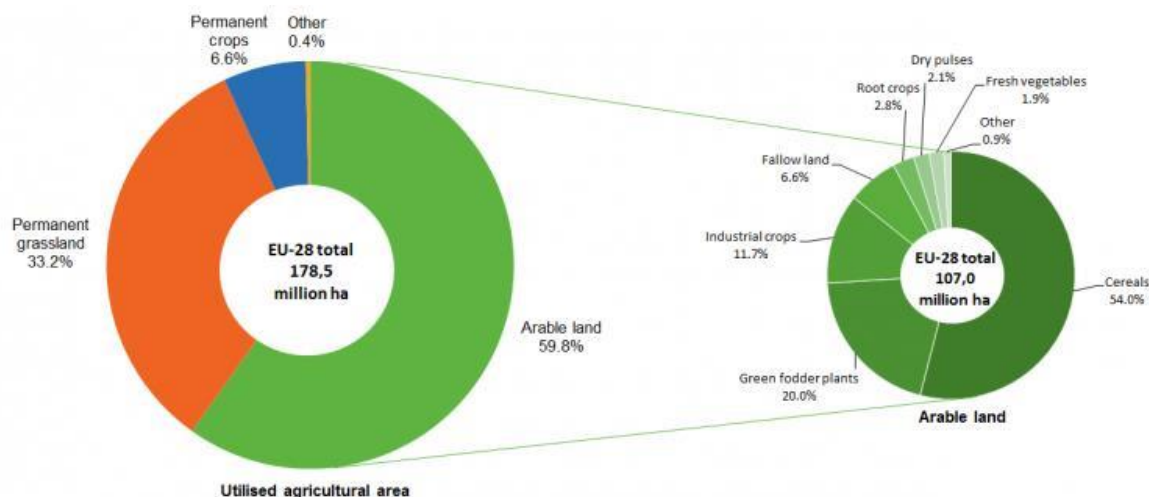


Εικόνα 11. Προϊόντα κουκιών

1.5.12.4 Στατιστικά στοιχεία και οικονομικό ενδιαφέρον

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat) με δεδομένα που ελήφθησαν τον Οκτώβριο και Νοέμβριο του 2016 το μεγαλύτερο ποσοστό αρδεύσιμης γης στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2015 καταλαμβάνουν τα δημητριακά με ποσοστό 54% (57,78 εκατομμύρια εκτάρια) και μόνο το 2,1% (2,2 εκατομμύρια εκτάρια) αφιερώνεται για την καλλιέργεια οσπρίων (ξηρών σπερμάτων ψυχανθών) είτε για ανθρώπινη είτε για ζωική χρήση (Εικόνα 12). Επισημαίνει μάλιστα ότι ενώ τα προηγούμενα χρόνια υπήρχε μια ομαλή διακύμανση στην έκταση καλλιέργειας των οσπρίων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, από το 2013 έως το 2015 παρατηρήθηκε αύξηση 64,7 % την οποία αποδίδει στην νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) η οποία τέθηκε σε ισχύ από το 2015 και συγκεκριμένα ορίζει ότι το 5% της αρδεύσιμης γης των αγροτών που κατέχουν πάνω από 150 στρέμματα πρέπει υποχρεωτικά να καλύπτεται με αζωτοδεσμευτικές καλλιέργειες όπως τα όσπρια. Τη μεγαλύτερη έκταση κατέχουν τα μπιζέλια με 34,2 %, αμέσως μετά τα κουκιά με 28,7%, τρίτα τα λούπινα με 11,9% και τελευταία τα υπόλοιπα όσπρια, όπως φακές, ρεβύθια, φασόλια κ.α., με 26,4%. Όσον αφορά τα κουκιά, μεγαλύτερη έκταση επί της αρδεύσιμης γης που καλλιεργείται με όσπρια καταλαμβάνει στο Ηνωμένο Βασίλειο με 27.2 %, με δεύτερη τη Γαλλία με 13,8% και τρίτη τη Λιθουανία με 9,8%. Αντίστοιχα το Ηνωμένο Βασίλειο παράγει 740.000 τόνους κουκιών το οποίο

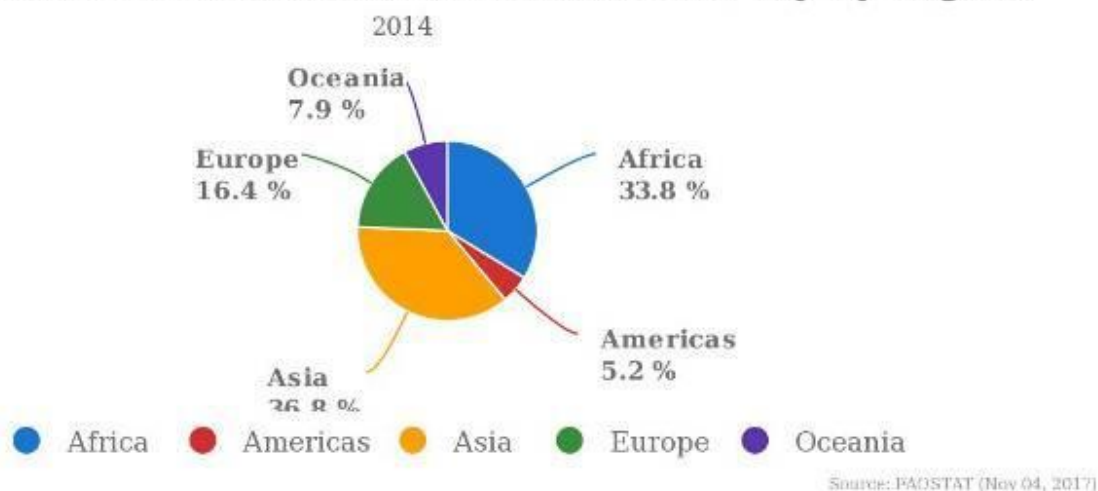
αντιστοιχεί στο 37,8% της συνολικής παραγωγής κουκιού και πολύ πιο πίσω ακολουθεί η Γαλλία με 12,8% και η Λιθουανία με 9,8%. Η Ελλάδα το 2015 καλλιέργησε όσπρια σε ποσοστό 2,4% επί της αρδεύσιμης γης της το οποίο αντιστοιχεί σε 66.900 εκτάρια και παρήγαγε 97.000 τόνους. Από αυτά τα κουκιά κατείχαν το 6,9% περίπου της έκτασης των οσπρίων, δηλαδή 4.600 εκτάρια και αποτελούσε περίπου το 6,5 % της παραγωγής οσπρίων με 6.000 τόνους.



Εικόνα 12. Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση, αρόσιμη γη και χρήση γης για το έτος 2015, Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία (Eurostat)

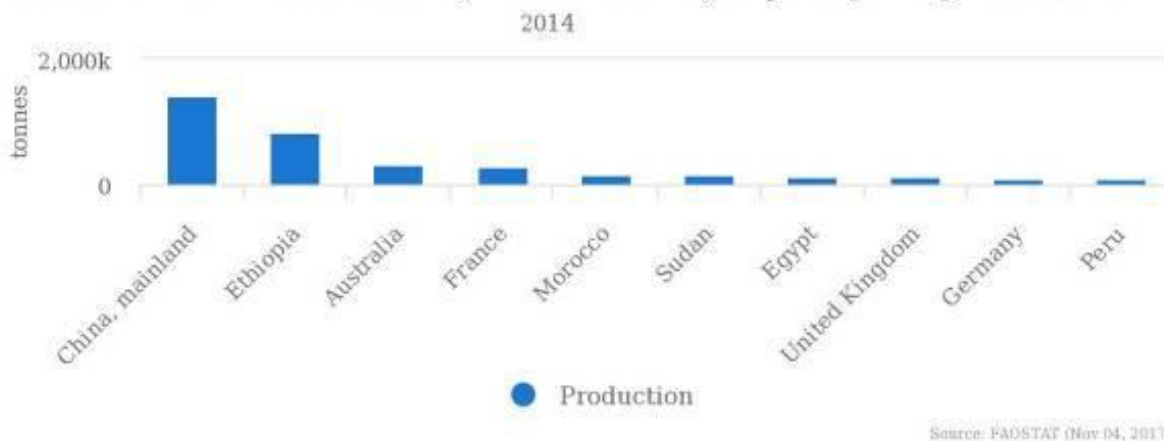
Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.), παγκοσμίως το μεγαλύτερο μερίδιο παραγωγής στα κουκιά κατέχει η Ασία, η οποία παράγει το 36,8% ακολουθούμενη από την Αφρική με 33,8% και την Ευρώπη με 16,4% (Εικόνα 13). Η Κίνα κατέχει την πρώτη θέση παγκοσμίως με παραγωγή το 2014 που έφτανε τους 1,4 εκατομμύρια τόνους, τη δεύτερη η Αιθιοπία με 0,84 εκατομμύρια τόνους και την τρίτη η Αυστραλία με 0,33 εκατομμύρια τόνους (F.A.O 2014), (Εικόνα 14).

Production share of Broad beans, horse beans, dry by region



Εικόνα 13. Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής κουκιών για ξηρό σπόρο ανά ήπειρο για το έτος 2014, Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.), (<http://www.fao.org/faostat/>)

Production of Broad beans, horse beans, dry: top 10 producers

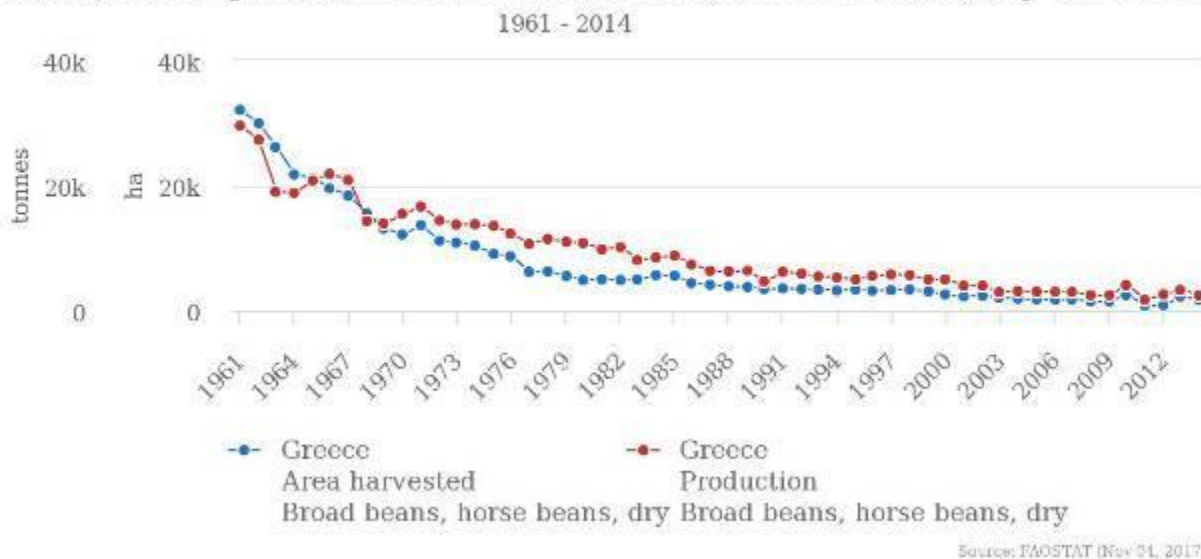


Εικόνα14. 10 χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή κουκιών για ξηρό σπόρο για το έτος 2014, Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.), (http://www.fao.org/faostat)

Σύμφωνα με στοιχεία του Διεθνή Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.) η καλλιέργεια

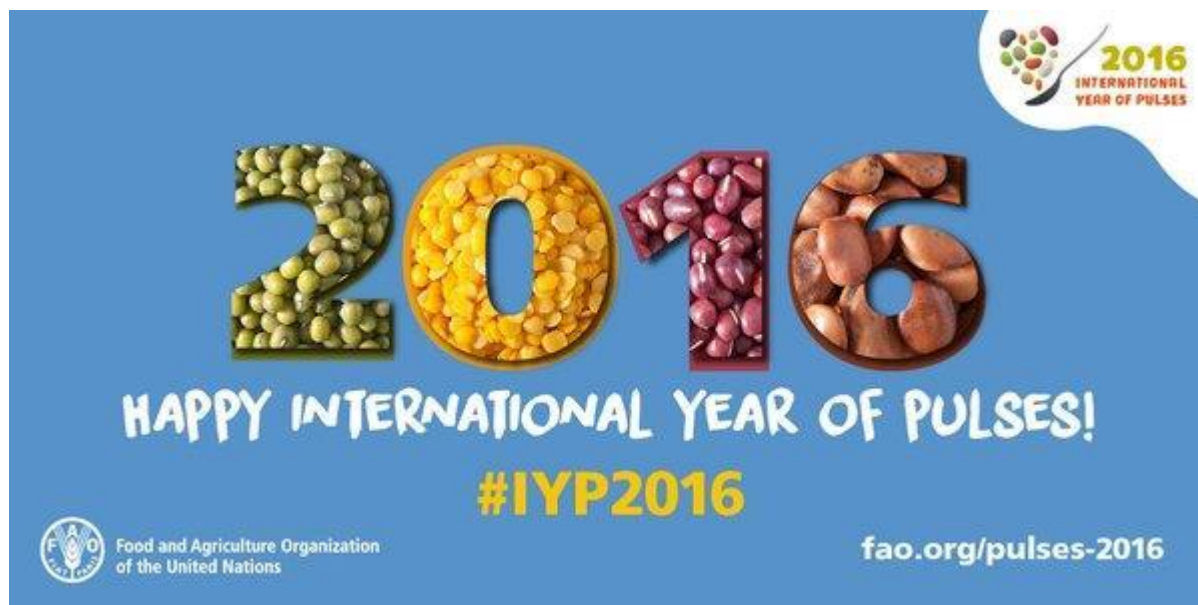
κουκιών στην Ελλάδα ακολούθησε μια ραγδαία πτώση από το 1961 έως το 1977 καθώς μειώθηκε από τα 32.000 εκτάρια περίπου το 1961 στα 6.200 εκτάρια το 1977 και στη συνέχεια κινήθηκε με σταθερή πτωτική πορεία, με μικρές εξαιρέσεις, για να καταλήξει το 2014 στα 1.760 εκτάρια (Εικόνα 15).

Production/Yield quantities of Broad beans, horse beans, dry in Greece



Εικόνα 15. Έκταση και ύψος παραγωγής των κουκιών στην Ελλάδα για τα έτη 1961-2014, Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.), (<http://www.fao.org/faostat>)

Η Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UN General Assembly) στην 68^η συνεύλευσή της ανακήρυξε το έτος 2016 ως το Διεθνές Έτος Οσπρίων (International Year of Pulses) με σκοπό την ευαισθητοποίηση του κοινού ως προς τα διατροφικά ωφέλη των οσπρίων και την σπουδαιότητά τους στην αειφόρα παραγωγή τροφής (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Αφίσα του Διεθνούς Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (F.A.O.) για το Διεθνές Έτος Οσπρίων 2016

Παράλληλα η Ευρωπαϊκή Ένωση με την εφαρμογή της νέας ΚΑΠ από το 2014-2020 ωθεί τους αγρότες είτε μέσω της αναγκαστικής καλλιέργειας είτε με τη μορφή επιδοτήσεων να εγκαταστήσουν στους αγρούς ψυχανθή τα οποία ενταγμένα σε προγράμματα αμειψισπορών προσδοκά στη μείωση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων, στην προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, τον εμπλουτισμό του σε οργανική ουσία και στη μείωση των εισαγωγών. Ειδικότερα όσον αφορά τις εισαγωγές μεγάλο ενδιαφέρον υπάρχει για την μείωση της χρήσης της κτηνοτροφικής σόγιας στην Ευρώπη καθώς κατά συντριπτική πλειοψηφία, υπολογίζεται στο 97%, είναι προϊόν εισαγωγής από τρίτες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, η Αργεντινή και η Βραζιλία και σε συνδυασμό με την αύξηση της τιμής της την καθιστά υπαίτια για μεγάλη απώλεια συναλλάγματος. Θεωρείται επομένως ότι η καλλιέργεια ψυχανθών έχει πολλαπλά ωφέλη τόσο σε περιβαλλοντικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο.

Τα κουκιά είναι τέτοια φυτά τα οποία παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα όπως την υψηλή πρωτεϊνοπεριεκτικότητα, την υψηλή αζωτοδεσμευτική ικανότητα που τα κάνει ιδανικά για συστήματα αμειψισποράς και για γλωρή λίπανση, δεν πλαγιάζουν οπότε προσφέρεται για πλήρη μηχανοποίηση όλων των σταδίων της καλλιέργειας, μπορούν να καλλιεργηθούν ως ξηρική καλλιέργεια και να αναπτυχθούν σε φτωχά εδάφη και εμπίπτουν στα φυτά τα οποία επιδοτούνται.

1.6 Σκοπός του πειράματος

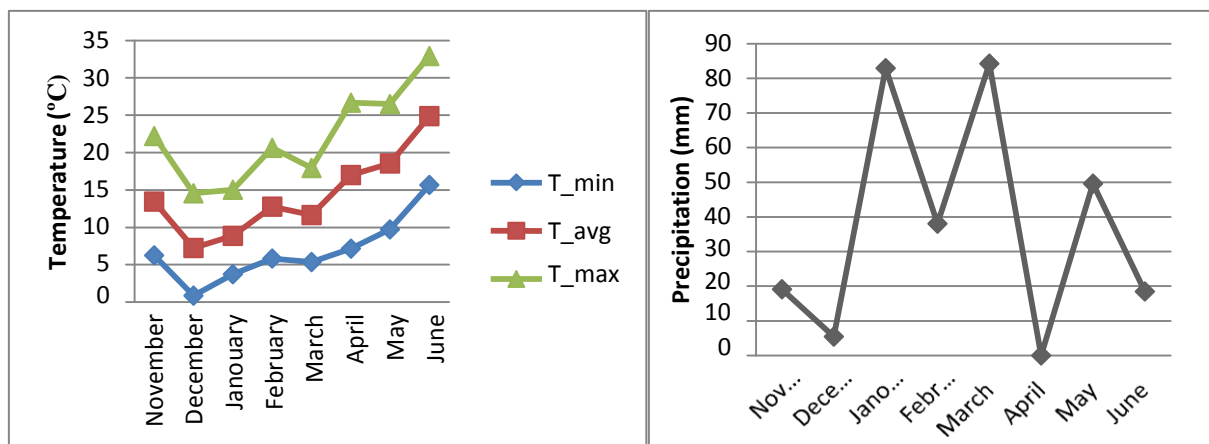
Σκοπός του πειράματος ήταν η σύγκριση στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις μεταξύ της οργανικής λίπανσης και της συμβατικής σε δύο ποικιλίες κουκιών (*Vicia Faba L.*), της εμπορικής ποικιλίας «Aquadulce» και της παραδοσιακής ποικιλίας «Λευκάδα».

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός αγρός – Πειραματικό σχέδιο

Πραγματοποιήθηκε πείραμα αγρού στον πειραματικό σταθμό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στην περιοχή της Κωπαΐδας (Αλίαρτος) στην κεντρική Ελλάδα (38°23'51''N, 23°05'41''E, 95m.a.s.l.) το 2015-2016. Τα χαρακτηριστικά του εδάφους ήταν: 30,7% άμμο, 25,6% ιλύ, 43,7% άργιλο, pH 8,12, CaCO₃ 14,96%, οργανική ουσία 10,83% και ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) 0.75 mScm⁻¹. Οι χημικές ιδιότητες του εδάφους πριν από την καλλιέργεια ήταν οι εξής: Φόσφορος (P): 16,79 kg ha⁻¹, Κάλιο (K): 120 kg ha⁻¹, 34,27 kg ha⁻¹ (NO₃-N) και 15,83 kg ha⁻¹ (NH₄-N). Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από ζεστά-ξηρά καλοκαίρια και χειμώνες με μέτριες βροχοπτώσεις και πιθανότητα εμφάνισης παγετού κατά τους ψυχρότερους μήνες του έτους (Δεκέμβριος-Φεβρουάριος).

Η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1. Το συνολικό ύψος των βροχοπτώσεων σε όλη την καλλιεργητική περίοδο (Νοέμβριος 2015-Ιούνιος 2016) ανήλθαν σε 297,7 χιλιοστά.



Διάγραμμα 1. Θερμοκρασίες (μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές σε °C) και ύψος βροχοπτώσεων στην περιοχή της πειραματικής διαδικασίας κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Νοέμβριος 2015-Ιούνιος 2016).

Το πειραματικό σχέδιο (Σχήμα 1) ήταν τυχαιοποιημένο πλήρων ομάδων, με τέσσερις επαναλήψεις, με δύο κύριες μεταχειρίσεις (συμβατικό και βιολογικό σύστημα καλλιέργειας) και τέσσερα υπό-τεμάχια για κάθε είδος. Το εμβαδόν των υπό-τεμαχίων ήταν 10,5 m². Στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας χρησιμοποιήθηκαν 1.428 kg ha⁻¹ λιπασμάτων (11:15:15, N: P₂O₅: K₂O) και στο βιολογικό 14,3 τόνοι ha⁻¹ πρόβεια κοπριά, τα οποία ενσωματώθηκαν στο έδαφος πριν από τη σπορά. Η προετοιμασία του εδάφους έγινε σύμφωνα με τις γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται για τις καλλιέργειες ψυχανθών. Αυτές περιλαμβάνουν όργωμα του εδάφους σε βάθος 20-30 cm που ακολουθείται από φρεζάρισμα σε βάθος 10-15 cm. Η σπορά έγινε με το χέρι σε βάθος 2-3 cm, στις 12 Νοεμβρίου 2015. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 0,4 m × 0,25 m σε τεμάχια με εμβαδόν 3,00 m × 3,50 m (10.5m²).



P	Pea
FB	Faba
F	Bean
C	Cabbage

Σχήμα 1. Πειραματικό σχέδιο

2.2 Φυτικό υλικό

Στο πείραμα χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες κουκιών: η εμπορική ποικιλία «Aquadulce» και η παραδοσιακής ποικιλία «Λευκάδα».

2.3 Χάραξη πειραματικού αγρού – Σπορά

Στις 12 Νοεμβρίου 2015 πραγματοποιήθηκε η χάραξη του πειραματικού αγρού, καθώς και η σπορά της εμπορικής και παραδοσιακής ποικιλίας. Για τη οριοθέτηση του πειραματικού αγρού χρησιμοποιήθηκαν ξύλινοι πάσσαλοι, σπάγκος και μεζούρα, για τον ακριβή σχεδιασμό του πειράματος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 7 φυτά ανά m^2 . Η σπορά έγινε με το χέρι σε βάθος 2-3 cm, στις 12 Νοεμβρίου 2015. Οι αποστάσεις φύτευσης ήταν $0,4 m \times 0,25 m$, σε τεμάχια με εμβαδόν $3,00 m \times 3,50 m$ ($10.5 m^2$). Επίσης, την ίδια ημέρα έγινε και η εφαρμογή της βασικής λίπανσης, στις ποσότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

2.4 Καλλιεργητικές περιποιήσεις

Δεν πραγματοποιήθηκαν ψεकाσμοί καθώς δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες προσβολές ούτε από έντομα ούτε από μικροοργανισμούς. Υπήρξε ανάγκη για καταπολέμηση των ζιζανίων και εφαρμόστηκαν σκαλίσματα και βοτανίσματα.

2.5 Δειγματοληψίες εδάφους

Για την συλλογή των δειγμάτων εδάφους χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι δειγματοληπτών.

1) Δειγματολήπτης εδάφους με ποδοστήριο μήκους 1m, βάθους δειγματοληψίας 36 cm, διαμέτρου 2,5cm και όγκου δείγματος 170 ml. Χρησιμοποιήθηκε μόνο για συλλογή δειγμάτων εδάφους (Εικόνα 17).

2) Δειγματολήπτης εδάφους και ριζικού συστήματος, αδιατάρακτου δείγματος και κυλινδρικού σχήματος. Χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή δειγμάτων εδάφους και ριζών, που στη συνέχεια διαχωρίζονταν και γινόταν η καταμέτρηση των φυματίων (Εικόνα 17).

Συλλέχθηκαν δείγματα εδάφους από βάθος 0-30 cm, στο στάδιο της ανθοφορίας BNF (08/03/2016)



Εικόνα 17. Δειγματολήπτες εδάφους

2.5.1 Δειγματοληψίες υπέργειου τμήματος, λοβών και μετρήσεις ύψους

Για τις χημικές αναλύσεις των ιστών του υπέργειου τμήματος διεξήχθησαν δύο δειγματοληψίες: στο στάδιο του 50% της άνθησης (08/03/2016) και στο στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (20/05/2016). Η συγκομιδή των νωπών λοβών έγινε για την ποικιλία «Aquadulce» σε τρία «χέρια», στις 18/04/2016, στις 28/04/2016 και στις 17/05/2016. Αντίθετα στην ποικιλία «Λευκάδα» η συγκομιδή ολοκληρώθηκε σε μια δόση στις 09/05/2016. Το ύψος των φυτών μετρήθηκε με τη χρήση μεζούρας στο στάδιο του 50% της άνθησης (08/03/2016).

2.5.2 Μέθοδος εκχύλισης εδαφικών δειγμάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων NO_3^- και NH_4^+

Τα δείγματα εδάφους που συλλέχτηκαν αναμίχθηκαν προσεκτικά και κοσκινίστηκαν μέσω ενός μεταλλικού κόσκινου (2 mm), τα οποία με την σειρά τους εκχυλίστηκαν με 1M KCl, για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων NO_3^- και NH_4^+ . 10 g κοσκινισμένου χώματος προστέθηκαν σε

κωνικές φιάλες των 250 ml, εις διπλούν για κάθε δείγμα και 50 ml 1 M διαλύματος χλωριούχου καλίου (KCl) και στη συνέχεια ανακινήθηκαν για 1 ώρα. Μετά την ανακίνηση, μέρος του εκχυλίσματος μεταφέρθηκαν σε σωληνάρια των 15 ml κατάλληλα για φυγόκεντρο και φυγοκεντρήθηκαν στις 4300 RPM για 10 λεπτά. Τα εκχυλίσματα διηθήθηκαν με διηθητικό χαρτί Whatman No 42 και προστέθηκαν σε ατομικά πλαστικά φιαλίδια (20 ml) και αποθηκεύτηκαν στους -20°C πριν από την ανάλυση (Εικόνα 18). Οι συγκεντρώσεις NO_3^- και NH_4^+ στα εκχυλίσματα των δειγμάτων μετρήθηκαν με φασματοσκοπία UV / VIS στα 540 και 636 nm, αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας το φασματοφωτόμετρο (Anthos Zenyth 200 Biochrom, Εικόνα 19) με microplate 96 θέσεων. Η συγκέντρωση νιτρικών (NO_3^-) στο εκχυλισμένο διάλυμα εδάφους προσδιορίστηκε με την μέθοδο των στηλών επιχαλκωμένου καδμίου (διαδικασία Griess-Posvay), όπως περιγράφεται από τους Page et al. (1982), κατά το στάδιο της ανθοφορίας.

Κατά την ίδια ημερομηνία δειγματοληψίας, ο προσδιορισμός NH_4^+ σε εκχυλισμένα δείγματα εδάφους προσδιορίστηκε με την μέθοδο της ινδοφαινόλης (indophenol blue method). Ο προσδιορισμός του διαθέσιμου εδαφικού φωσφόρου εκτιμήθηκε με την μέθοδο Olsen (1954).

2.5.3 Προσδιορισμός των νιτρικών στο έδαφος με την μέθοδο του καδμίου

Αρχή της μεθόδου

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα νιτρικά NO_3^- του εδαφικού εκχυλίσματος προσδιορίζονται, μετά την αναγωγή τους σε NO_2^- , που πραγματοποιείται με την διέλευση τους από την στήλη επιχαλκωμένου καδμίου παρουσία NH_4Cl και pH μεταξύ 5 και 10. Στη συνέχεια προσδιορίζονται χρωματομετρικά, μετρώντας την ένταση του αζωχρωμοφόρου (azo-chromophore), η οποία είναι ανάλογος της ποσότητας των NO_3^- στο έδαφος και η οποία προέκυψε από την προσθήκη σουλφανιλαμίνης και N-1-ναφθυλαιθυλενοδιαμίνης (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine) σε NO_2^- .

Μέθοδος προσδιορισμού

Σκεύη

- Προχοϊδες διαμέτρου 1cm και μήκους 30cm
- Ογκομετρικές φιάλες των 100ml

- Κωνικές φιάλες των 250ml
- Φασματοφωτόμετρο U.V.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα KCl 2M

1500g στερεού KCl διαλύονται σε 8lt νερού και στην συνέχεια αραιώνονται σε 10lt.

2. Επιχλωμένο κάδμιο

20g Cd (χοντρή σκόνη ή κόκκοι) διαμέτρου 1mm και μήκους 2 mm ή και μικρότερα, αναμιγνύονται με 250 ml HCl 6N για 1 λεπτό. Μετά την απομάκρυνση του HCl, το Cd ξεπλένεται διεξοδικά με απιονισμένο νερό. Οι κόκκοι του Cd αναμιγνύονται στη συνέχεια με διάλυμα 250ml, 2% (κ.β/όγκο) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ και το Cd ξεπλένεται διεξοδικά με απιονισμένο νερό, έως ότου το απιονισμένο νερό εξέρχεται διαυγέστατο. Στη συνέχεια το επιχλωμένο Cd τοποθετείται στις στήλες αναγωγής (προχοίδες).

3. Πυκνό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου (NH_4Cl)

100g NH_4Cl αραιώνονται σε 500ml απιονισμένου νερού και διατηρείται σε γυάλινο ή πλαστικό δοχείο.

4. Αραιό διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου (NH_4Cl)

50g πυκνού NH_4Cl αραιώνονται σε 3lt απιονισμένου νερού και διατηρείται σε γυάλινο ή πλαστικό δοχείο.

5. Αντιδραστήρια διαζώτωσης (diazotizing)

0,5g σουλφανιλαμίνης διαλύονται σε 100 ml HCl 2,4 M. Το διάλυμα διατηρείται στο ψυγείο στους 40°C.

6. Αντιδραστήριο σύζευξης (coupling)

0,3g (N-(1-naphthyl)-ethylendiamine) hydrochloride σε 100 ml HCl 0,12 M. Το διάλυμα διατηρείται στο ψυγείο σε αδιαφανή φιαλίδια.

7. Standard διάλυμα νιτρικών NO_3^-

0,3609g KNO_3 διαλύονται σε απιονισμένο νερό και αραιώνονται σε 1lt. Εάν χρησιμοποιείται καθαρό, ξηρό KNO_3 , το διάλυμα περιέχει 50μg N- NO_3^- /ml. Το διάλυμα διατηρείται στο ψυγείο.

Προετοιμασία της αναγωγικής στήλης

Οι προχοΐδες γεμίζονται με αραιό διάλυμα NH_4Cl και προστίθεται το επιχαλωμένο Cd μέχρι ύψους 20 cm. Πρέπει να εξακριβωθεί ότι οι φυσαλίδες έχουν απομακρυνθεί από τις στήλες επιχαλωμένου Cd. Απομακρύνεται επίσης και το πλεονάζον διάλυμα NH_4Cl με ρυθμό ροής 8 ml/min. Κατά το χρονικό διάστημα που οι στήλες Cd δεν χρησιμοποιούνται, πρέπει να είναι καλυμμένες ως 1cm πάνω από τη στήλη του Cd με αραιό διάλυμα NH_4Cl . Λίγο πριν χρησιμοποιηθούν οι στήλες Cd προστίθεται 1 ml πυκνού NH_4Cl (αντιδραστήριο 3) και η στάθμη του υγρού χαμηλώνεται στο ύψος περίπου της στήλης Cd. Στη συνέχεια προστίθενται 75 ml αραιού NH_4Cl (αντιδραστήριο 4), έως το στόμιο της προχοΐδας.

Σημείωση!

Για τον χειρισμό του καδμίου είναι απολύτως απαραίτητη η χρήση προστατευτικών γαντιών και πρέπει να γίνεται στην απαγωγό αερίων καθώς πρόκειται για πολύ τοξικό μέταλλο.

Ανάλυση του εκχυλίσματος

Το περίσσιο διάλυμα NH_4Cl απομακρύνεται, έως ότου το διάλυμα στην προχοΐδα καλύπτει μόλις την κορυφή της στήλης. 1 ml πυκνού διαλύματος NH_4Cl (αντιδραστήριο 3) προστίθεται στη στήλη Cd, καθώς και 2 ml εκχύλισμα εδάφους του οποίου η περιεκτικότητα σε N- NO_3^- δεν υπερβαίνει τα 20 μg (όριο ανίχνευσης της μεθόδου). Το εκχύλισμα διέρχεται από τη στήλη επιχαλωμένου Cd και καταλήγει σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml, ενώ προστίθεται συνεχώς διάλυμα αραιού NH_4Cl από την κορυφή μέχρι συνολικού τελικού όγκου 90 ml. Στη συνέχεια ξεπλένεται το εσωτερικό της στήλης επιχαλωμένου Cd με 2ml πυκνού NH_4Cl και 75 ml αραιού διαλύματος NH_4Cl , προσέχοντας το διάλυμα NH_4Cl να είναι πάντα πάνω από την στήλη Cd. Στη συνέχεια προστίθενται στις ογκομετρικές φιάλες των 100 ml, 2 ml αντιδραστήριο διαζώτου (diazotizing) και μετά από 5 λεπτά προστίθεται 2 ml αντιδραστηρίου coupling. Μετά από παραμονή 20 λεπτών, η ένταση του ροζ χρώματος (εκφραζόμενη σε mg N- NO_3^- /ml διαλύματος) μετρείται στο φασματοφωτόμετρο UV σε μήκος κύματος 540 nm. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με τα standards N- NO_3^- τα οποία

χρησιμοποιούνται για την καμπύλη βαθμονόμησης του οργάνου. Η καμπύλη βαθμονόμησης προκύπτει χρησιμοποιώντας δείγματα περιεκτικότητας 0, 2, 4, 6, 10 και 20 $\mu\text{g N-NO}_3^-$. Για την προετοιμασία των δειγμάτων αυτών, αραιώνονται 20 ml του standard διαλύματος N-NO_3^- (αντιδραστήριο 7) σε 500 ml KCl 2M και στη συνέχεια προστίθενται 0, 1, 2, 3, 5 και 10 ml του αραιωμένου standard N-NO_3^- στην αναγωγική στήλη επιχαλκωμένου Cd .



Εικόνα 18. Εκχύλιση δειγμάτων εδάφους και στήλες καδμίου (Cd) για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων NO_3^-

Υπολογισμός νιτρικών

Το όργανο βαθμονομείται με τα standards περιεκτικότητας $S1=0,02$, $S2=0,06$, $S10=0,2$ $\mu\text{gN-NO}_3^-/\text{ml}$. Τα υπόλοιπα standards ελέγχουν την καμπύλη βαθμονόμησης. Τα δείγματα στα οποία αναπτύχθηκε το ροζ χρώμα τοποθετούνται στο microplate και αυτό στην ειδική θέση του οργάνου, από την οποία διέρχεται η φωτεινή δέσμη και λαμβάνονται οι ενδείξεις. Οι ενδείξεις μπορεί να αφορούν είτε την «ευκολία» με την οποία διέρχεται η φωτεινή δέσμη μέσω του microplate (transmittance), είτε αντίστροφα την απορρόφηση της φωτεινής δέσμης (absorbance). Ο προσδιορισμός των νιτρικών στο ροζ διάλυμα γίνεται με σύγκριση των ενδείξεων των δειγμάτων με αυτές των διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης (standards, π.χ. σε $\mu\text{g/ml}$). Η καμπύλη αναφοράς σχηματίζεται ημιλογαριθμικά. Στην περίπτωση που μετρείται η transmittance, η συγκέντρωση των νιτρικών δίνεται από την ακόλουθη σχέση, που έχει προκύψει από μετρήσεις γνωστών διαλυμάτων:

$$\text{Cκαμπ} = \text{bl} - R/583,2 \text{ (σε } \mu\text{g/ml)}$$

όπου bl: η ένδειξη του διαλύματος, με τη χρήση μόνο των αντιδραστηρίων

R: η ένδειξη των δειγμάτων

Αν Cκαμπ είναι η συγκέντρωση των νιτρικών που υπολογίζεται για κάθε δείγμα ($\mu\text{g/ml}$), V1 είναι ο όγκος του εκχυλιστικού (ml KCl), V2 ο όγκος των ml που λήφθηκαν από το εκχύλισμα για την αναγωγή σε νιτρώδη, V3 όγκος της ογκομετρικής (σε ml), στην οποία αναπτύχθηκε το χρώμα, α η αραίωση (αν απαιτείται) και B το βάρος του ξηρού δείγματος εδάφους (σε g) που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανάλυση, τότε:

$\mu\text{g N-NO}_3^-/\text{g εδάφους} = \text{Cκαμπ} (\mu\text{g/ml}) \times V1(\text{ml}) \times V3(\text{ml}) \times \alpha / V2(\text{ml}) \times B(\text{g})$ σε ppm ($\mu\text{g/g}$ ξηρού εδάφους).

2.5.4 Χρωματομετρικός προσδιορισμός του αμμωνιακού αζώτου ($\text{NH}_4\text{-N}$) στο έδαφος με την μέθοδο της ινδοφαινόλης (Indophenol blue method)

Εκχύλιση

Η εκχύλιση γίνεται όπως κατά τον προσδιορισμό των νιτρικών (με KCl 2M). Όταν ο προσδιορισμός νιτρικών και αμμωνιακών γίνεται, ως συνήθως, ταυτόχρονα, χρησιμοποιείται το ίδιο εκχύλισμα και για τους δύο προσδιορισμούς.

Αντιδραστήρια

1. Διάλυμα KCl, 2M

2. Phenol-nitroprusside. Σε ογκομετρική των 100 ml διαλύονται 7 g phenol (στερεά μορφή) και 34 mg sodiumnitroprusside σε 80 ml απιονισμένου νερού. Συμπληρώνουμε μέχρι τη χαραγή (100 ml) και αναμιγνύουμε. Το αντιδραστήριο φυλάσσεται στο ψυγείο, σε φιάλη σκούρου χρώματος.

3. Αντιδραστήριο buffered υποχλωριώδες. Σε ογκομετρική των 100 ml διαλύονται 1,48 g NaOH σε 70 ml απιονισμένου νερού, προστίθενται 4,98 g Na₂HPO₄ και 20 ml υποχλωριώδους νάτριου. Το τελικό pH θα πρέπει να είναι 11,4 – 12,2. Αραιώνουμε μέχρι τελικό όγκο 100 ml.

4. EDTA (ethylene diamine tetra acetic). Σε ογκομετρική των 100 ml διαλύονται 6 g δινατρίου EDTA σε 80 ml απεσταγμένου νερού. Ρυθμίζουμε το pH σε 7, αναμιγνύουμε και αραιώνουμε σε τελικό όγκο 100 ml.

5. Διαλύματα αμμωνίου (NH₄) γνωστής συγκέντρωσης (standards). Χρησιμοποιούνται έτοιμα του εμπορίου ή παρασκευάζονται από χημικώς καθαρό θειικό αμμώνιο.

Ανάλυση(προσδιορισμός)τωναμμωνιακών

1. Από τα εκχυλίσματα λαμβάνονται 5 ml και μεταφέρονται σε ογκομετρικές των 50 ml (ή 25 ml).

2. Προσθήκη 1 ml από το αντιδραστήριο EDTA και ανάδευση. Αφήνουμε για 1'.

3. Προσθήκη 2 ml από το αντιδραστήριο Phenol-nitroprusside και στη συνέχεια προσθήκη 4 ml από το αντιδραστήριο buffered υποχλωριώδες.

4. Συμπλήρωση του όγκου με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή και ανάμιξη.

5. Αναπτύσσεται μπλε χρώμα, η ανάπτυξη του οποίου υποβοηθείται με εμβάπτιση των φιαλών σε νερό θερμοκρασίας 40°C επί 30 λεπτά. Αφήνονται να κρυώσουν (10 λεπτά)

Σημείωση!

Για τον έλεγχο της καθαρότητας των αντιδραστηρίων, των κυβεττών κ.λπ., παρασκευάζεται παράλληλα σε ίδιες ογκομετρικές διάλυμα (blanc), με την προσθήκη μόνο των ανωτέρω αντιδραστηρίων.

Υπολογισμός τωναμμωνιακών

Η ένταση του μπλε χρώματος που αναπτύχθηκε μετρείται στο φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 636 nm. Τα δείγματα τοποθετούνται στο microplate και αυτό στην ειδικά θέση του οργάνου, από την οποία διέρχεται η φωτεινή δέσμη και λαμβάνονται οι ενδείξεις. Οι ενδείξεις μπορεί να αφορούν είτε την «ευκολία» με την οποία διέρχεται η φωτεινή δέσμη μέσω του microplate (transmittance), είτε αντίστροφα την απορρόφηση της φωτεινής δέσμης (absorbance). Ο προσδιορισμός των αμμωνιακών στο μπλε διάλυμα γίνεται με σύγκριση των ενδείξεων των δειγμάτων με αυτές των διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης (standards, π.χ. σε $\mu\text{g/ml}$). Η καμπύλη αναφοράς σχηματίζεται ημιλογαριθμικά. Στην περίπτωση που μετρείται η transmittance, η συγκέντρωση των αμμωνιακών δίνεται από την ακόλουθη σχέση, που έχει προκύψει από μετρήσεις γνωστών διαλυμάτων:

$$\text{Cκαμπ} = \text{bl} - \text{R}/145,3 \text{ (σε } \mu\text{g/ml)}$$

όπου bl: η ένδειξη του διαλύματος, με τη χρήση μόνο των αντιδραστηρίων

R: η ένδειξη των δειγμάτων

Αν Cκαμπ είναι η συγκέντρωση των αμμωνιακών που υπολογίζεται για κάθε δείγμα ($\mu\text{g/ml}$), V1 είναι ο όγκος του εκχυλιστικού (ml KCl), V2 ο όγκος των ml που λήφθηκαν από το εκχύλισμα για την ανάπτυξη του χρώματος, V3 όγκος της ογκομετρικής (σε ml), στην οποία αναπτύχθηκε το χρώμα και B το βάρος του ξηρού δείγματος εδάφους (σε g) που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανάλυση, τότε:

$$\text{Cαμμωνιακών} = \text{Cκαμπ} \times \text{V1(ml)} \times \text{V3(ml)} / \text{V2(ml)} \times \text{B(g)} \text{ σε ppm (}\mu\text{g/g ξηρού εδάφους)}.$$

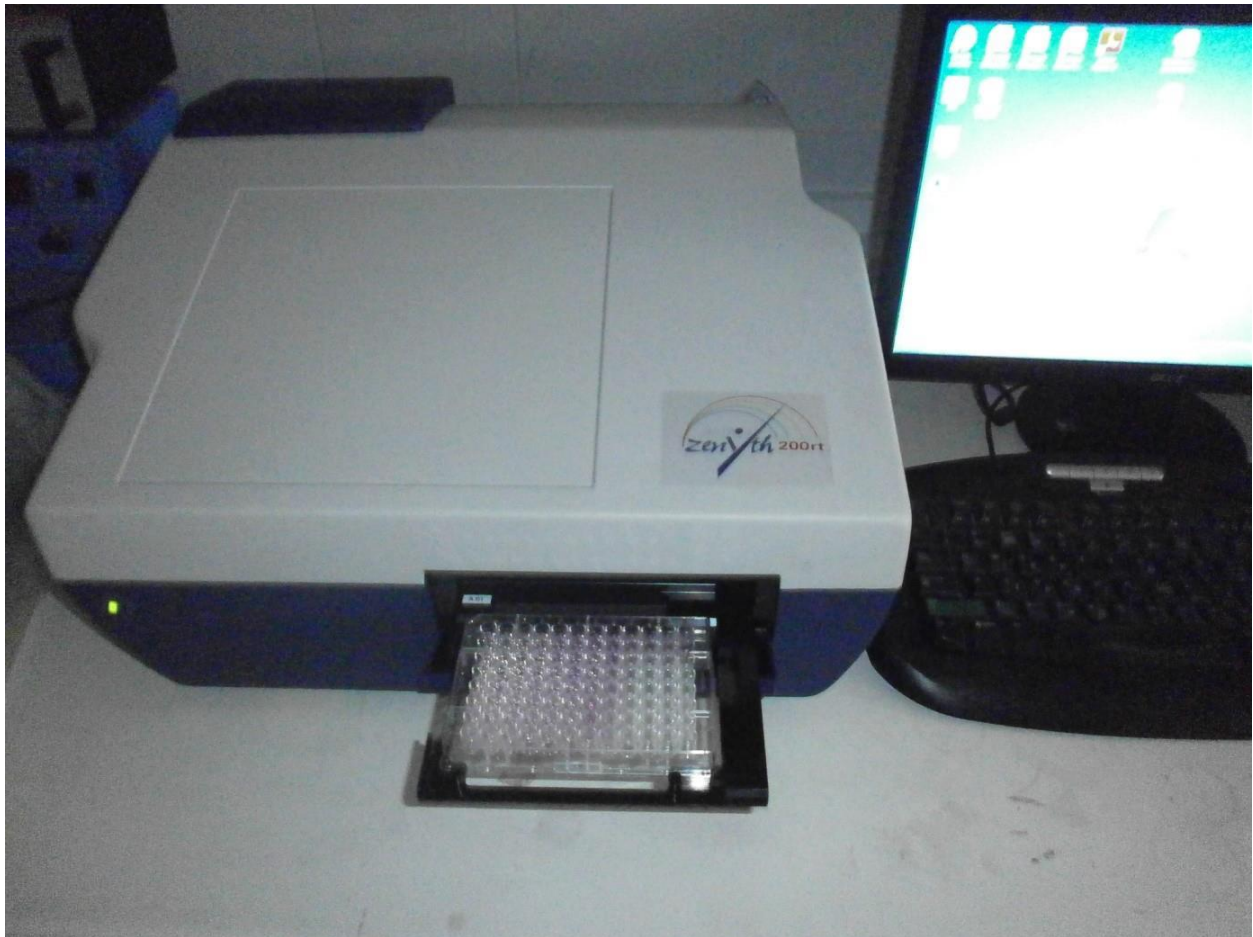
2.5.5 Φασματοφωτόμετρο ορατού

Η πιο απλή μορφή φασματοφωτόμετρου είναι το φασματοφωτόμετρο ορατού φάσματος (VIS από το Visible). Σε αυτό η πηγή είναι μια κοινή λάμπα πυράκτωσης. Το σύστημα διαχωρισμού είναι ένα κοινό πρίσμα ή συνηθέστερα ένα παραθλαστικό φράγμα το οποίο απομονώνει την επιθυμητή μονοχρωματική ακτινοβολία (μια συχνότητα ορατή σαν κόκκινο, πράσινο, κίτρινο κλπ φως). Η

ακτινοβολία αυτή περνάει μέσα από μια κυψελίδα δηλ. διαφανές άχρωμο δοχείο που περιέχει το προς εξέταση δείγμα και όσο φως δεν απορροφά το διάλυμα μετريέται από ένα κοινό φωτόμετρο που βρίσκεται από την απέναντι πλευρά της κυψελίδας.

2.5.6 Αρχή λειτουργίας φασματοφωτομετρίας ορατού-υπεριώδους (UV-VIS)

Κάποια μόρια όταν ακτινοβοληθούν, απορροφούν μέρος της ακτινοβολίας και μάλιστα κάποια συγκεκριμένα μήκη κύματος (π.χ. η ροδαμίνη απορροφά γύρω στα 350 nm με μέγιστο τα 363 nm). Όσο περισσότερα μόρια υπάρχουν στην δέσμη του φωτός, τόσο περισσότερο φως απορροφάται. Άρα μετρώντας την διαφορά της ποσότητας του φωτός, με και χωρίς τα προς μέτρηση μόρια μπορούμε να εκτιμήσουμε την ποσότητα τους. Αυτό είναι που κάνουμε χωρίς όργανο (στην ουσία αντί για φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιούμε τα μάτια μας) παρατηρώντας πόσο σκούρο είναι ένα διάλυμα χρωστικής. Σκούρο διάλυμα = πυκνό, ανοιχτόχρωμο = αραιό. Χρησιμοποιώντας μια σειρά πρότυπα διαλύματα π.χ. 1, 3, 5, 10 ppm μπορούμε να συγκρίνουμε ένα άγνωστο διάλυμα και να πούμε ότι αυτό είναι μεταξύ 3 και 5 ppm εφόσον η χρωματική του ένταση είναι μεταξύ του 2ου και 3ου προτύπου. Δεν μπορούμε όμως να πούμε ότι είναι 3,2 ή 4,0 ή 4,5 ppm γιατί απλά δεν μπορούμε να το εκτιμήσουμε. Αυτό γίνεται με το φασματοφωτόμετρο, το οποίο για κάθε πρότυπο δίνει ως αποτέλεσμα έναν αριθμό (το ποσοστό του φωτός που πέρασε (διαπερατότητα % (T% από το transmission) ή το λογάριθμο της ποσότητας του φωτός που απορροφήθηκε (ABS ή απλώς A από το absorbance) οπότε με απλούς μαθηματικούς υπολογισμούς μπορεί να εξαχθεί ακριβές αποτέλεσμα. Π.χ. έστω ότι τα πρότυπα διαλύματα παρουσίασαν απορροφήσεις 1 ppm=0,08 3 ppm=0,24 5 ppm=0,40 10 ppm=0,80 και του δείγματος=0,30. Τότε η περιεκτικότητα του δείγματος είναι 3,75 ppm. Οι μετρήσεις γίνονται στο μήκος κύματος που παρουσιάζει την μέγιστη απορρόφηση η εξεταζόμενη ουσία, ώστε να περιοριστούν οι επιδράσεις από άλλες ουσίες που υπάρχουν στο ίδιο διάλυμα (και απορροφούν σε άλλα μήκη κύματος). Η φασματοφωτομετρία χρησιμοποιείται ευρέως και για ουσίες που απορροφούν στο υπεριώδες αλλά και για ουσίες που δεν έχουν χρωμοφόρες ομάδες στο μόριο τους (αόρατες), αλλά γίνονται ορατές μετά από σχετικές αντιδράσεις (π.χ. η προλίνη σχηματίζει πορτοκαλέρυθρο σύμπλοκο με την νινυδρίνη και έτσι μπορεί να μετρηθεί φασματοφωτομετρικά).



Εικόνα 19. Φασματοφωτόμετρο, (Anthos Zenyth 200 Biochrom)

2.6 Καταγραφή φαινολογικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών ανάπτυξης, απόδοσης και θρέψης

Καταγράφηκαν οι ημέρες έως το 50% της άνθησης, οι ημέρες για την πλήρη ωρίμανση και το ύψος των φυτών. Τα δείγματα ριζών συλλέχθηκαν με τη χρήση ενός κυλινδρικού μεταλλικού δειγματολήπτη. Για κάθε δείγμα, οι ρίζες διαχωρίζονταν από το έδαφος μετά την παραμονή τους για 24 ώρες σε νερό + $(\text{NaPO}_3)_6 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ και μετρήθηκε ο αριθμός των φυματίων ανά λίτρο χρώματος. Το ξηρό βάρος της ρίζας μετρήθηκε μετά την ξήρανση των δειγμάτων για 48 ώρες σε 70°C . Επίσης, μετρήθηκαν το συνολικό βάρος και ο συνολικός αριθμός των νωπών λοβών και νωπών σπόρων, μαζί με το μέσο βάρος των νωπών λοβών και το μέσο βάρος των νωπών σπόρων, από δέκα τυχαία επιλεγμένα φυτά από κάθε υπό-τεμάχιο.

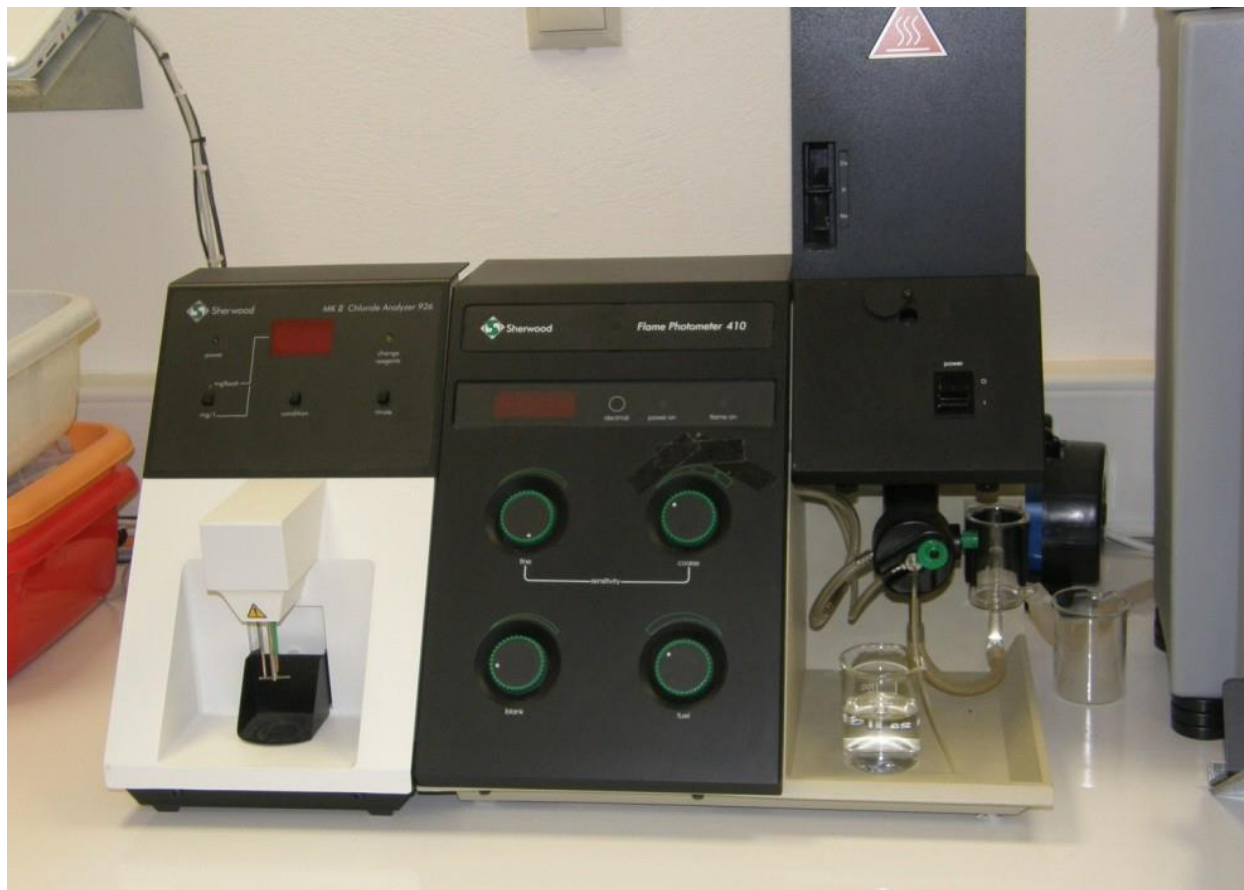
Συλλέχθηκαν δείγματα βλαστών από δέκα τυχαία επιλεγμένα φυτά από κάθε μεταχείριση, τα οποία ζυγίστηκαν και ξηράθηκαν σε κλίβανο στους 70 ° C. Στη συνέχεια, τα αποξηραμένα δείγματα ιστών χρησιμοποιήθηκαν για χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων P και K. Τα αποξηραμένα δείγματα ιστού κονιοροποιήθηκαν και το κονιοποιημένο φυτικό υλικό τοποθετήθηκε σε ένα κλίβανο στους 550 °C για 5 ώρες. Η τέφρα χρησιμοποιήθηκε για την εκχύλιση P και K με 1 N HCl. Ο P μετρήθηκε φωτομετρικά ως φωσφορομολυβδαινικού μπλε σύμπλοκο στα 880 nm, χρησιμοποιώντας ένα microplate 96 θέσεων του φασματοφωτόμετρου (Anthos Zenyth 200 Biochrom, USA). Οι συγκεντρώσεις K στα εκχυλίσματα προσδιορίστηκε με φωτομετρία φλόγας χρησιμοποιώντας το φλογοφωτόμετρο Sherwood Model 420 (Sherwood Scientific, Cambridge, UK). Η συγκέντρωση N στους φυτικούς ιστούς προσδιορίστηκε με την μέθοδο Kjeldhal. Φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου (NIR) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, σε δείγματα ξηρών σπόρων.

2.6.1 Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής

Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων καλίου χρησιμοποιήθηκε ένα φλογοφωτομετρο (Εικόνα 20), του οποίου η αρχή λειτουργίας είναι η Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής (Atomic Emission Spectroscopy ή AES).

Η Φασματοσκοπία Ατομικής Εκπομπής χρησιμοποιεί το φάσμα εκπομπής διεγερμένων ατόμων για την ποσοτικοποίηση συγκεντρώσεων χημικών στοιχείων σε διαλύματα. Η πρώτη μορφή της τεχνικής της φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής ήταν η φλογοφωτομετρία εκπομπής της οποίας οι δυνατότητες ανάλυσης περιορίζονται στον προσδιορισμό των αλκαλίων K και Na, δεδομένου ότι οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στη φλόγα δεν είναι ικανές να διεγείρουν τα άτομα μη αλκαλικών μετάλλων. Η χρήση του φλογοφωτόμετρου γίνεται για τον προσδιορισμό των αλκαλίων και των μετάλλων των αλκαλίων, στοιχεία που διεγείρονται εύκολα. Τα στοιχεία απορροφούν ενέργεια από μια οξειδωτική φλόγα αέρα-προπανίου και στην συνέχεια εκπέμπουν την απορροφούμενη ενέργεια με την μορφή ακτινοβολίας, δίνοντας φάσματα εκπομπής. Διαδικασία: Το στοιχείο που θέλουμε προσδιορίσουμε εισάγεται στην συσκευή ως διάλυμα ενός άλατος. Μέρος αυτού ψεκάζεται με μορφή νέφους στην οξειδωτική φλόγα, όπου ο διαλύτης εξατμίζεται. Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας των ατόμων του προσδιοριζόμενου στοιχείου διεγείρονται λόγω της θερμοκρασίας της

φλόγας και κατά την αποδιέγερσή τους εκπέμπουν ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία που εκπέμπει το στοιχείο κατά την αποδιέγερσή του, με την βοήθεια φακών και κατόπτρων οδηγείται μέσω ενός φίλτρου σε φωτοκύτταρο. Το φωτοκύτταρο χρησιμοποιείται για την απόκλιση του γαλβανόμετρου, το οποίο είναι βαθμολογημένο σε αυθαίρετη κλίμακα. Η απόκλιση του γαλβανόμετρου είναι ανάλογη με την ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, ανάλογη με την συγκέντρωση του προσδιοριζόμενου στοιχείου.



Εικόνα 20. Φλωγοφωτόμετρο ατομικής εκπομπής

2.7 Στατιστική ανάλυση

Για την αξιολόγηση του συστήματος καλλιέργειας και των επιλεγμένων γενοτύπου καθώς και για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, εφαρμόστηκε η μέθοδος ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων (ANOVA). Τα δεδομένα παρουσιάστηκαν σε πίνακες ως μέσοι \pm SE ($n = 4$). Διεξήχθη δοκιμή πολλαπλού εύρους (Duncan) για όλες τις παραμέτρους σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$. Οι συντελεστές Pearson's και ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των

συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το πακέτο λογισμικού STATISTICA, έκδοση 9.0 για Windows (StatSoftInc., Tulsa, USA).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Επίδραση του γενοτύπου κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό), σε φαινολογικά χαρακτηριστικά και παραμέτρους ανάπτυξης.

Οι ημέρες που πέρασαν από τη σπορά έως το 50% της ανθοφορίας δεν διέφερε στις δύο ποικιλίες στα δύο συστήματα καλλιέργειας και κυμάνθηκαν από 116 έως 117 ημέρες. Μέχρι την πλήρη ωρίμανση πέρασαν από 201 έως 205 ημέρες με το μεγαλύτερο αριθμό των ημερών να εντοπίζεται στην «Λευκάδα», από 204 έως 205 ημέρες, στο βιολογικό και συμβατικό σύστημα καλλιέργειας (Πίνακας 2). Για το ύψος των φυτών, σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο συστημάτων καλλιέργειας και στις δύο ποικιλίες. Το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 79 μέχρι 130 cm στο βιολογικό και από 70 μέχρι 120 cm στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας με μέσο όρο ύψους 99,21cm και 91,73 cm στο βιολογικό και στο συμβατικό σύστημα αντίστοιχα. Κανένας από τους γενοτύπους κουκιών δεν είχε σημαντικές απώλειες λόγω διάνοιξης των λοβών.

Πίνακας 2. Ημέρες για το 50% της άνθησης, ημέρες για την πλήρη ωρίμανση και ύψος φυτών (cm), σε δύο γενοτύπους κουκιών (*Vicia Faba L.*) που αναπτύχθηκαν σε βιολογικό και συμβατικό σύστημα καλλιέργειας

Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	Ημέρες για το 50% της άνθησης	Ημέρες για την πλήρη ωρίμανση	Ύψος φυτών (cm)
Βιολογικό	«Aquadulce»	116	202	97,92
	«Λευκάδα»	116	204	100,50
Συμβατικό	«Aquadulce»	116	202	93,48
	«Λευκάδα»	116	204	90,00
Main effects				
Βιολογικό		116	203	99,21 a
Συμβατικό		116	203	91,73 b
«Aquadulce»		116	202 a	95,70
«Λευκάδα»		116	204 b	95,25
Statistical significance				
Σύστημα καλλιέργειας		n.s	n.s	***
Ποικιλία κουκιών		n.s	***	n.s.

Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία
Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε p<0,05, p<0,01 και p<0,001, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

3.2 Επίδραση των διαφορετικών γενοτύπων κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) στην υπέργεια βιομάζα

Πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες του υπέργειου τμήματος κουκιών κατά τα στάδια της άνθησης (08/03/2016) και της ωρίμανσης (20/05/2016) για την μέτρηση του νωπού και ξηρού τους βάρους.

Κατά το στάδιο της άνθησης τόσο στο νωπό όσο και στο ξηρό βάρος υπέργειου υπήρξαν σημαντικές διαφορές. Το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας εμφάνισε υψηλότερα νωπά και ξηρά βάρη (1,19 tn ha⁻¹ και 0,14 tn ha⁻¹ αντίστοιχα) όπως επίσης και η ποικιλία «Aquadulce» (1,47 tn ha⁻¹ και 0,19 tn ha⁻¹).

Κατά το στάδιο της ωρίμανσης δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των ποικιλιών ούτε στα συστήματα καλλιέργειας.

Πίνακας 3. Σύγκριση μεταξύ νωπού και ξηρού βάρους υπέργειου σε δύο ποικιλίες κουκιών (*Vicia Faba L*) σε δύο διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (a: στάδιο άνθησης και b: τελική συγκομιδή) επηρεαζόμενες από το σύστημα καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) και το γενότυπο των κουκιών.

Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	Νωπό	βάρος	Ξηρό βάρος υπέργειου	
		υπέργειου (tnha ⁻¹)	(tnha ⁻¹)	(tnha ⁻¹)	
		a	b	a	b
Βιολογικό	«Aquadulce»	1,79	3,34	0,22	0,74
	«Λευκάδα»	0,98	2,51	0,12	0,51
Συμβατικό	«Aquadulce»	1,14	2,68	0,15	0,60
	«Λευκάδα»	0,75	2,39	0,095	0,50
Main effects					
Βιολογικό		1,19a	2,71	0,14 a	0,57
Συμβατικό		0,85 b	2,47	0,11 b	0,53
«Aquadulce»		1,47 a	3,01	0,19 a	0,67
«Λευκάδα»		0,86 b	2,45	0,11 b	0,50
Statistical significance					
Σύστημα καλλιέργειας		*	n.s.	**	n.s.
Ποικιλία κουκιών		**	n.s.	***	n.s.
Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε p<0,05, p<0,01 και p<0,001, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

3.3 Επίδραση των διαφορετικών γενοτύπων κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) στη ριζική βιομάζα και τη δημιουργία φυματίων

Όσον αφορά την επίδραση του συστήματος καλλιέργειας και του γενοτύπου στο νωπό βάρος ρίζας (RFW), το ξηρό βάρος ρίζας και τον αριθμό φυματίων ανά L εδάφους (Πίνακας 4), το βιολογικό σύστημα καλλιέργειας παρουσίασε το μεγαλύτερο βάρος νωπής ρίζας και ξηράς ρίζας και στις δύο ποικιλίες (17,33 gr/φυτό και 3,83 gr/φυτό αντίστοιχα, μ.ο) όπως επίσης παρουσίασε τον υψηλότερο αριθμό φυματίων. Μεγαλύτερο βάρος νωπής ρίζας είχε η ποικιλία «Aquadulce». Ο μεγαλύτερος αριθμός φυματίων παρατηρήθηκε στην ποικιλία Λευκάδα στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας (54,54 No/L) ενώ η ποικιλία Λευκάδα και το βιολογικό σύστημα είχαν συνολικά περισσότερα φυμάτια (51,18 No/L και 49,53 No/L αντίστοιχα).

Πίνακας 4. Σύγκριση μεταξύ νωπού βάρους ρίζας (RFW), ξηρού βάρους ρίζας (RDW) και αριθμού φυματίων (ανά L) σε νωπό βάρος εδάφους (SFW), σε δύο ποικιλίες κουκιών (*Vicia Faba L.*), που καλλιεργήθηκαν σε βιολογικό και σε συμβατικό σύστημα καλλιέργειας.

Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	Root FW (gr/plant)	Root DW (gr/plant)	Nodules per soil volume (No/L)
Βιολογικό	«Aquadulce»	22,92	4,33	44,51 a
	«Λευκάδα»	15,47	3,67	54,54 b
Συμβατικό	«Aquadulce»	13,22	1,76	23,41 c
	«Λευκάδα»	10,49	1,67	47,82 d
Main effects				
Βιολογικό		17,33 a	3,83 a	49,53 a
Συμβατικό		11,18 b	1,69 b	35,62 b
«Aquadulce»		18,07 a	3,05	33,96 a
«Λευκάδα»		12,98 b	2,67	51,18 b
Statistical significance				
Σύστημα καλλιέργειας		***	**	*
Ποικιλία κουκιών		*	n.s	*
Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία		n.s	n.s	*

Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε $p < 0,05$, $p < 0,01$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

3.4 1 Επίδραση του γενοτύπου κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) σε χαρακτηριστικά της παραγωγής και στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη

Όσον αφορά την παραγωγή, η ποικιλία «Λευκάδα» ανταποκρίθηκε καλύτερα στο βιολογικό σύστημα από ότι στο συμβατικό, με παραγωγή νωπών λοβών 17,66 και 14,05 tn ha⁻¹ αντίστοιχα. Η ποικιλία «Aquadulce» παρουσίασε το μεγαλύτερο βάρος νωπών λοβών και στα δύο συστήματα καλλιέργειας ενώ το συμβατικό σύστημα και για τις δύο ποικιλίες παρουσίασε την μικρότερη παραγωγή με μ.ο. 15,24 tn ha⁻¹. Το μήκος και ο αριθμός των λοβών εξαρτάται αποκλειστικά από την ποικιλία χωρίς να επηρεάζεται σημαντικά από το σύστημα καλλιέργειας (Πίνακας 5).

Το μεγαλύτερο βάρος ξηρών σπόρων παρουσίασε η παραδοσιακή ποικιλία «Λευκάδα» (3,90 tpha⁻¹) στο βιολογικό σύστημα ενώ η εμπορική ποικιλία «Aquadulce» ανταποκρίθηκε καλύτερα στο συμβατικό σύστημα (3,31 tn ha⁻¹) (Πίνακας 5).

Η ποικιλία «Λευκάδα» είχε την υψηλότερη περιεκτικότητα (%) σε πρωτεΐνη σε σύγκριση με την «Aquadulce» με ποσοστά 31,38% και 29,21% αντίστοιχα και στα δύο συστήματα καλλιέργειας, με την υψηλότερη περιεκτικότητα να παρουσιάζεται στο οργανικό σύστημα με ποσοστό 32,22%. (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Σύγκριση μεταξύ βάρους, μήκους και αριθμού νωπών λοβών, βάρους ξηρών σπόρων και περιεκτικότητας (%) σε πρωτεΐνη σε δύο ποικιλίες κουκιών (*Vicia Faba L.*), που καλλιεργήθηκαν σε βιολογικό και σε συμβατικό σύστημα καλλιέργειας

Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	Βάρος λοβών (tnha-1)	Μήκος λοβών (cm)	Αριθμός λοβών	Ξηρός σπόρος (tnha-1)	Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (PC%)
Βιολογικό	«Aquadulce»	18,20	17,26	119,75	2,57	29,11
	«Λευκάδα»	17,66	6,91	350,00	3,90	32,22
Συμβατικό	«Aquadulce»	18,78	17,07	136,75	3,31	29,36
	«Λευκάδα»	14,05	6,89	311,58	3,45	30,53
Main effects						
Βιολογικό		17,80	12,09	292,43	3,56	29,88
Συμβατικό		15,24	11,98	267,87	3,41	29,72
«Aquadulce»		18,49	17,16 a	128,25 a	2,94	29,21 a
«Λευκάδα»		15,86	6,90 b	330,79 b	3,67	31,38 b
Statistical significance						
Σύστημα καλλιέργειας		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ποικιλία κουκιών		n.s.	***	***	n.s.	**
Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε $p < 0,05$, $p < 0,01$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

3.5 1 Επίδραση του γενοτύπου κουκιών και του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) στις συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων σε δείγματα εδάφους και φυτικών ιστών

Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία εδάφους, στο στάδιο της άνθησης (08/03/2016), για την μέτρηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων NO_3^- -N, NH_4^+ -N, P και K. Η δειγματοληψία για την μέτρηση των συγκεντρώσεων φώσφορου (P) και καλίου (K) σε βλαστούς, από τις δύο ποικιλίες κουκιού έγινε σε δύο στάδια, στα στάδια της άνθησης (08/03/2016) και της τελικής συγκομιδής (20/05/2016).

Στο στάδιο της άνθησης οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ήταν υψηλότερες για το συμβατικό σύστημα. Όσον αφορά το γενότυπο, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρουσιάστηκαν για την ποικιλία «Λευκάδα» χωρίς όμως σημαντικά στατιστικές διαφορές (Πίνακας 6). Τα αμμωνιακά στο έδαφος παρουσίασαν χαμηλότερη συγκέντρωση στο συμβατικό σύστημα καλλιέργειας ενώ η ποικιλία «Aquadulce» είχε τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χωρίς όμως να εντοπίζονται σημαντικές διαφορές. Σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ποικιλιών βρέθηκαν στις συγκεντρώσεις P και K στο έδαφος με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να εντοπίζονται στην ποικιλία «Aquadulce», με $5,62 \text{ mg kg}^{-1}$ και $49,50 \text{ mg kg}^{-1}$ αντίστοιχα. Υψηλότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν επίσης στο βιολογικό σύστημα και για τα δύο στοιχεία.

Πίνακας 6. Συγκέντρωση NO_3^- -N, NH_4^+ -N, P και K στο έδαφος στο στάδιο της άνθησης, ως αποτέλεσμα της επίδρασης του συστήματος καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό) και του γενοτύπου κουκιών.

Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	NO_3^- -N (mg kg ⁻¹)	NH_4^+ -N (mg kg ⁻¹)	P(mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)
Main effects					
Βιολογικό		15,40	5,55	5,61	40,25
Συμβατικό		17,00	5,33	5,60	36,25
«Aquadulce»		17,10	6,47	5,62 a	49,50 a
«Λευκάδα»		17,50	5,09	5,60 b	34,50 b
Statistical significance					
Σύστημα καλλιέργειας		*	n.s.	n.s.	n.s.
Ποικιλία κουκιών		n.s.	n.s.	*	*
Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε $p < 0,05$, $p < 0,01$ και $p < 0,001$, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

Η συγκέντρωση K στους βλαστούς δεν επηρεάστηκε ούτε από το σύστημα καλλιέργειας (βιολογικό ή συμβατικό) ούτε από το γενότυπο των κουκιών σε κανένα από τα στάδια ανάπτυξης (Πίνακας 7), με μεγαλύτερες όμως συγκεντρώσεις να εμφανίζονται στην ποικιλία «Aquadulce» και στο βιολογικό σύστημα. Όσον αφορά την συγκέντρωση P στους βλαστούς, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών γενοτύπων κουκιών μόνο στο στάδιο της άνθησης (Πίνακας 7). Η μεγαλύτερη συγκέντρωση P σε αυτό το στάδιο (3.48 mg g⁻¹) βρέθηκε στην ποικιλία «Aquadulce». Ωστόσο, το σύστημα καλλιέργειας δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση του P.

Πίνακας 7. Συγκεντρώσεις φώσφορου (P) και καλίου (K) σε βλαστούς από φυτά κουκιών

σε δύο διαφορετικά στάδια ανάπτυξης (a: στάδιο άνθησης και b: τελική συγκομιδή) επηρεαζόμενες από το σύστημα καλλιέργειας (βιολογικό και συμβατικό) και το γενότυπο του κουκιού.

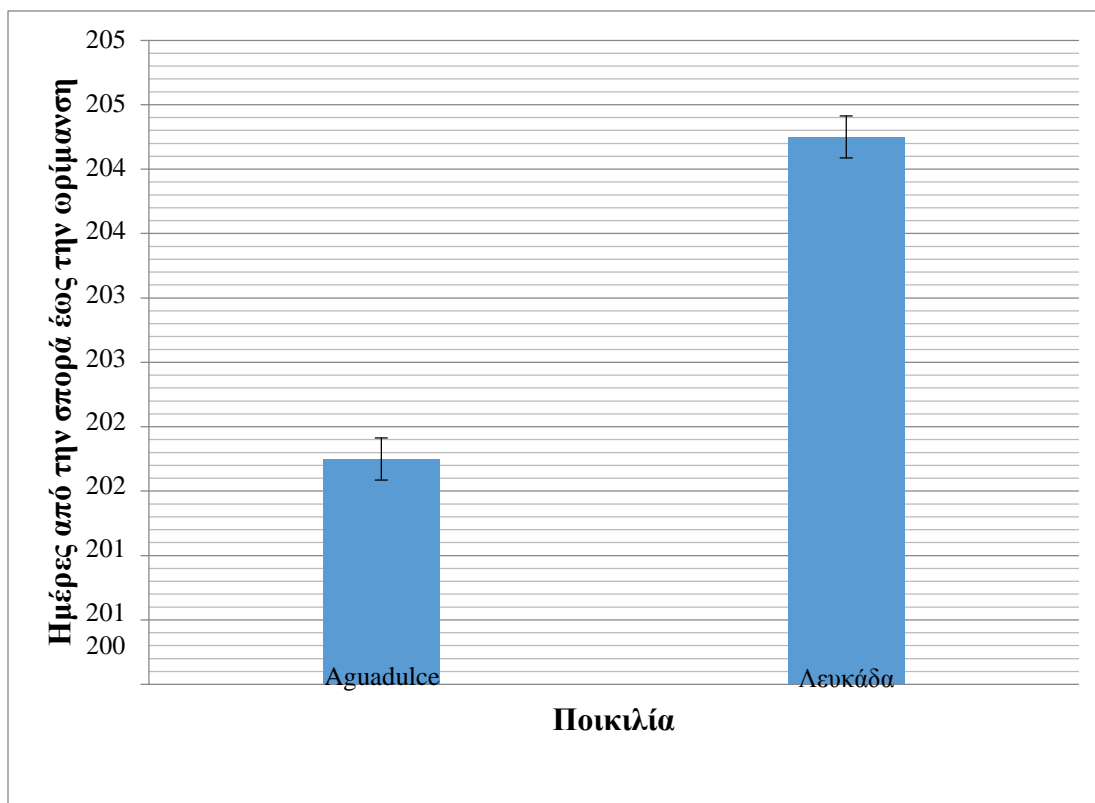
Σύστημα καλλιέργειας	Ποικιλία κουκιών	P (mg g ⁻¹)		K (mg g ⁻¹)	
		a	b	a	b
Βιολογικό	«Aquadulce»	3,45	3,41	26,50	7,50
	«Λευκάδα»	3,41	3,39	23,50	7,50
Συμβατικό	«Aquadulce»	3,50	3,42	27,00	6,50
	«Λευκάδα»	3,43	3,42	22,33	8,16
Main effects					
Βιολογικό		3,42	3,40	24,25	7,50
Συμβατικό		3,45	3,42	23,50	7,75
«Aquadulce»		3,48 a	3,42	26,75	7,00
«Λευκάδα»		3,42 b	3,40	22,91	7,83
Statistical significance					
Σύστημα καλλιέργειας		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ποικιλία κουκιών		*	n.s.	n.s.	n.s.
Σύστημα καλλιέργειας x ποικιλία		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Μέσοι όροι τιμών (n = 4) που ακολουθούνται από διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη είναι στατιστικά σημαντικές σύμφωνα με την δοκιμασία πολλαπλών συγκρίσεων κατά Duncan. Τα σύμβολα *, **, και *** υποδηλώνουν σημαντικότητα των διαφορών σε p<0,05, p<0,01 και p<0,001, αντίστοιχα, ενώ η συντομογραφία ns υποδηλώνει στατιστικά μη σημαντική διαφορά.

4.ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ξηρασία κατά τα στάδια της άνθησης και της ανάπτυξης των λοβών περιορίζουν την παραγωγή των κουκιών (Neugschwandtner et al. 2015). Ιδιαίτερα στη λεκάνη της Μεσογείου όπου το κλίμα είναι ξηροθερμικό και με πρόσφατες μελέτες να υποδεικνύουν την αύξηση της συχνότητας των ξηρών περιόδων λόγω της κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο (Loizidou et al. 2016) είναι εξαιρετικά σημαντικό να χρησιμοποιούνται ή να βελτιώνονται ποικιλίες κουκιών που να ανθίζουν και να ωριμάζουν πρώιμα κάτω από αυτές τις συνθήκες.

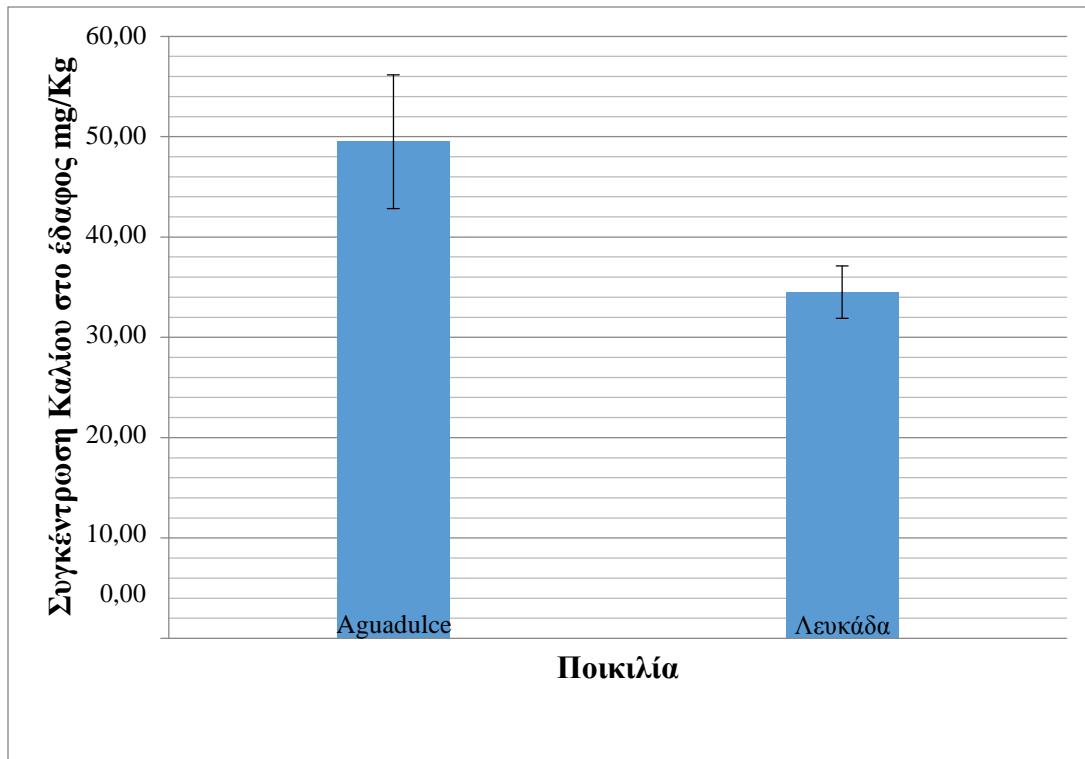
Η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η εμπορική ποικιλία «Aquadulce» και η τοπική ποικιλία «Λευκάδα» δεν διέφεραν σημαντικά ως προς τις ημέρες που χρειαστήκανε για να πετύχουν το 50% της άνθησής τους, ενώ διαφορές υπήρξαν ως προς την ολοκλήρωση της ωρίμανσής τους, ανεξάρτητα από το σύστημα καλλιέργειας (οργανικό και συμβατικό), με την ποικιλία «Aquadulce» να ωριμάζει 2 ημέρες πρωιμότερα από την «Λευκάδα» (Διάγραμμα 1)



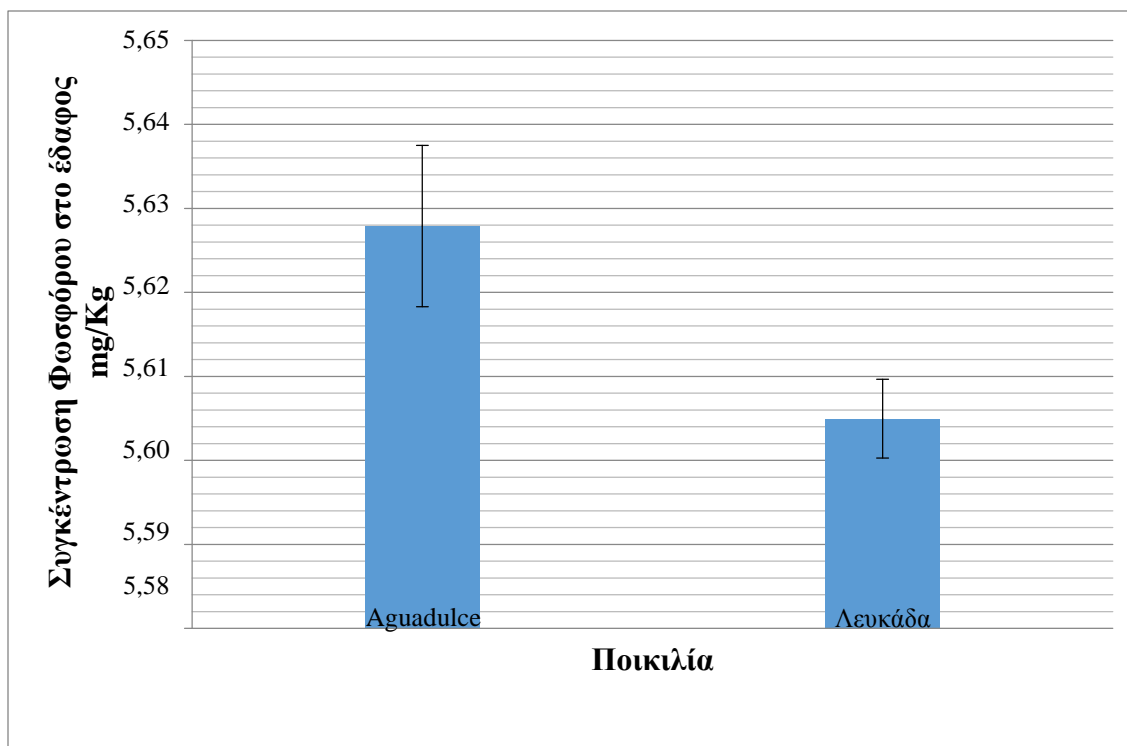
Διάγραμμα 1. Σύγκριση στις ημέρες για την πλήρη ωρίμανση μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

Στα εδαφικά δείγματα που συλλέξαμε κατά το στάδιο της άνθησης η συγκέντρωση των NO_3^- -N και NH_4^+ -N δεν επηρεάστηκε ούτε από τον γενότυπο ούτε από το σύστημα καλλιέργειας. Αντίθετα η ποικιλία «Aguadulce» εμφάνισε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις P και K από την «Λευκάδα».

(Διάγραμμα 2 και 3)



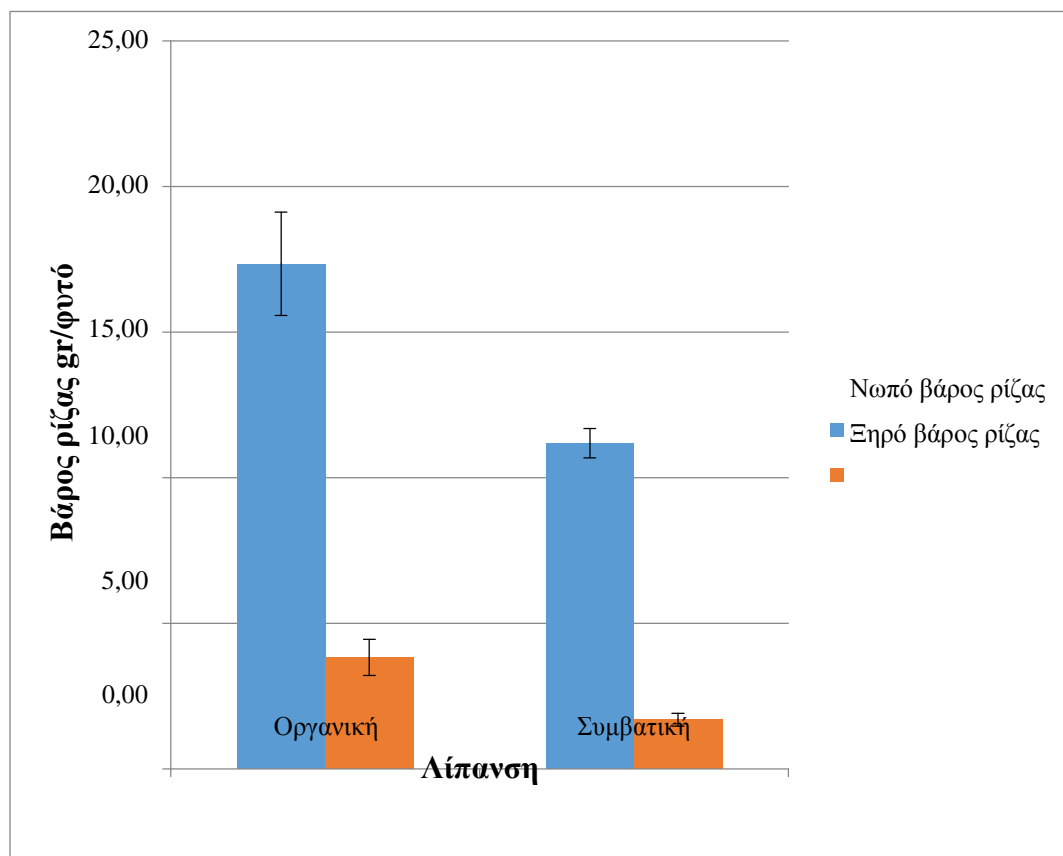
Διάγραμμα 2. Σύγκριση στη συγκέντρωση Καλίου στο έδαφος μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών κατά το στάδιο της άνθησης. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση



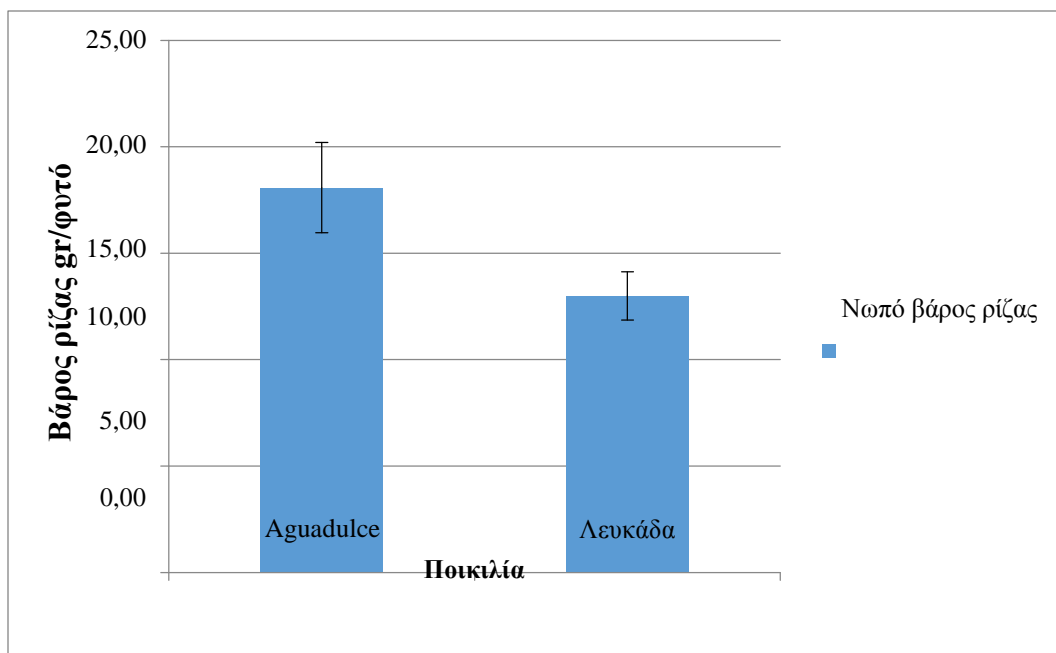
Διάγραμμα 3. Σύγκριση στη συγκέντρωση φωσφόρου στο έδαφος μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών κατά το στάδιο της άνθησης. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

Έχει διαπιστωθεί ότι ο σχηματισμός φυματίων στα ψυχανθή μπορεί να επηρεαστεί από την αζωτούχο λίπανση. Οι Clayton et al. (2004), ανέφεραν ότι οι εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων σε ποσότητες μεγαλύτερες από 40 kg ha⁻¹ φάνηκε να μειώνουν τον σχηματισμό φυματίων στον αρακά, αλλά η ποσότητα του αζώτου που συγκεντρώθηκε στα φυτά του αρακά, δεν διέφερε. Οι Namvar et al. (2011), έδειξαν επίσης ότι, η εφαρμογή 100 kg N ha⁻¹ ανέστειλε σημαντικά τον σχηματισμό φυματίων στο ρεβίθι. Αντίθετα οι Mohamed και Babiker (2012) παρατήρησαν ότι η εφαρμογή 20 kg ha⁻¹ βασικής αζωτούχας λίπανσης ενίσχυσε τον σχηματισμό φυματίων στα φυτά κουκιών. Στην παρούσα μελέτη η εφαρμογή των 157 Kg ha⁻¹ ανόργανου αζώτου είχε αρνητική επίδραση στην δημιουργία φυματίων στις ρίζες των κουκιών καθώς στην συμβατική καλλιέργεια παρουσιάστηκε ο μικρότερος αριθμός φυματίων.

Επίσης όσον αφορά το νωπό βάρος και την ξηρά ουσία του ριζικού συστήματος, αυτά ήταν υψηλότερα στο οργανικό σύστημα (Διάγραμμα 4) και η ποικιλία «Aquadulce» παρουσίασε μεγαλύτερο νωπό βάρος ρίζας (Διάγραμμα 5). Τα φυμάτια παρόλο που η ποικιλία «Aquadulce» είχε μεγαλύτερο νωπό βάρος ρίζας ήταν περισσότερα στην ποικιλία «Λευκάδα» ενώ περισσότερα φυμάτια βρέθηκαν στο βιολογικό σύστημα καλλιέργειας.

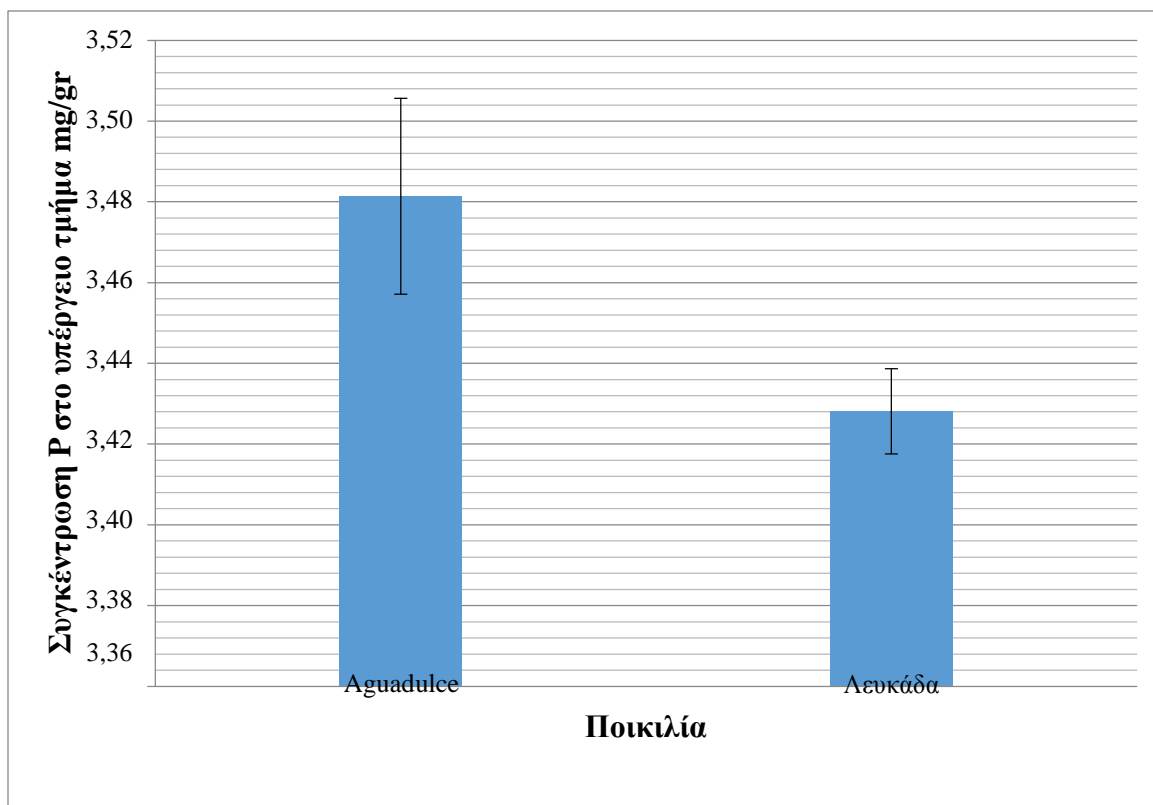


Διάγραμμα 4. Σύγκριση του βάρους του ριζικού συστήματος σε νωπό και ξηρό βάρος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση



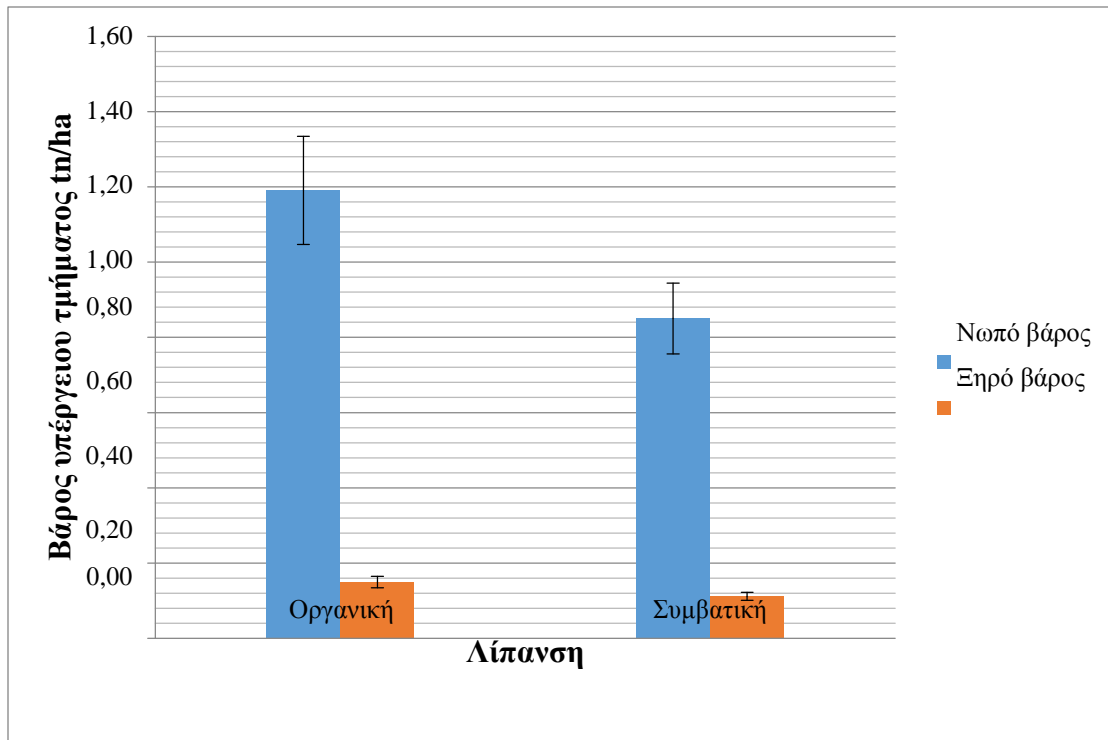
Διάγραμμα 5. Σύγκριση του βάρους του ριζικού συστήματος σε νωπό βάρος μεταξύ των δύο ποικιλιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

Η ανάλυση των δειγμάτων του υπέργειου τμήματος που πήραμε κατά τα στάδια της άνθησης και της ωρίμανσης έδειξε ότι ο P στο στάδιο της άνθησης, στα δείγματα της ποικιλίας «Aquadulce» ήταν σε μεγαλύτερη συγκέντρωση και στα δύο συστήματα καλλιέργειας σε σχέση με την «Λευκάδα» (Διάγραμμα 6) ενώ στο στάδιο της ωρίμανσης δεν υπήρξαν διαφορές. Το K δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές σε καμία από τις περιπτώσεις.

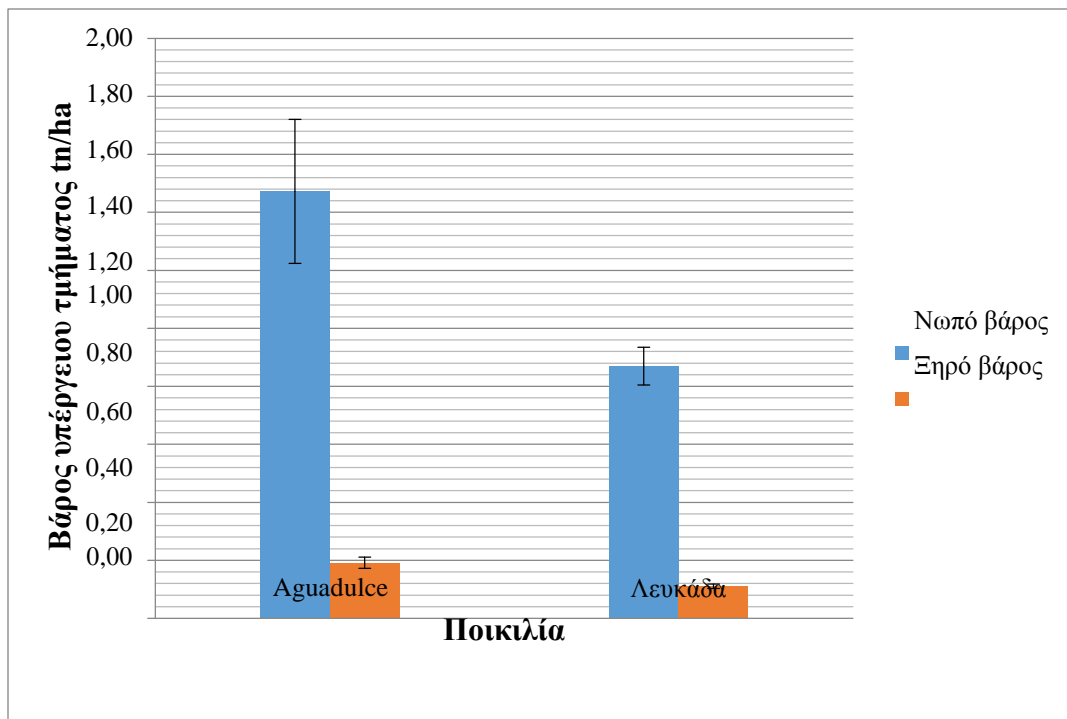


Διάγραμμα 6. Σύγκριση στη συγκέντρωση P στο υπέργειο τμήμα μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών στο στάδιο της άνθησης. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

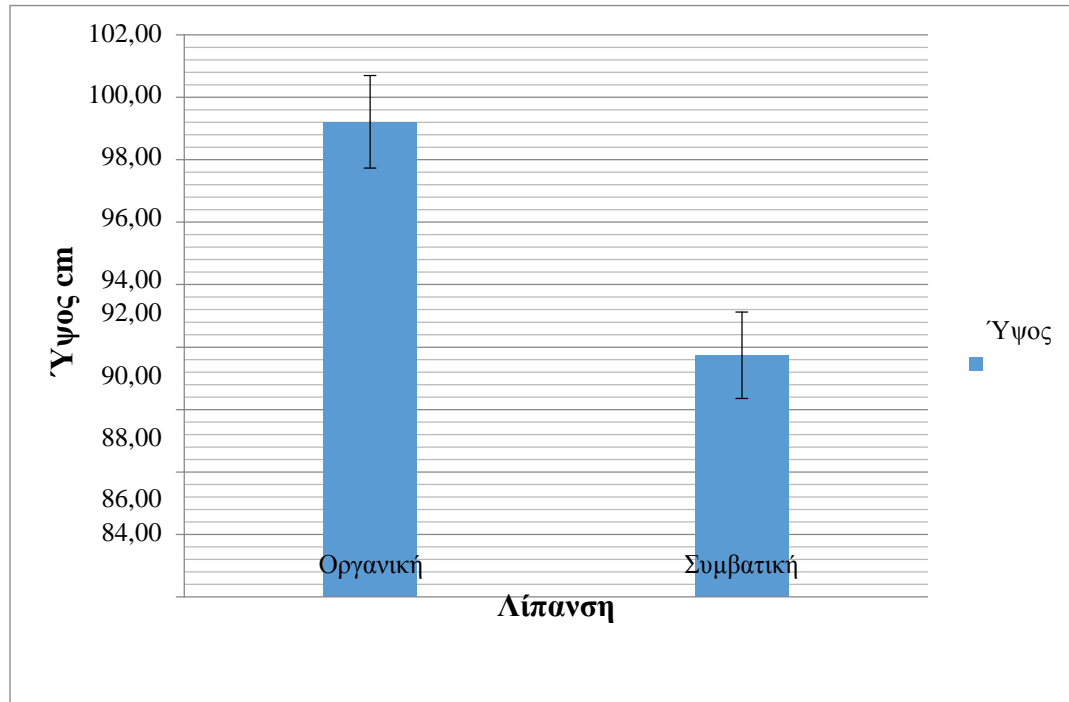
Το υπέργειο τμήμα του φυτού εμφάνισε στατιστικές διαφορές στο νωπό και ξηρό βάρος κατά το στάδιο της άνθησης, με τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο βιολογικό σύστημα (Διάγραμμα 7) και τα φυτά της ποικιλίας «Aquadulce» (Διάγραμμα 8) να έχουν μεγαλύτερο βάρος. Στο τελικό στάδιο της ανάπτυξης που μελετήθηκε όμως φαίνεται ότι οι διαφορές στο βάρος μεταξύ των συστημάτων καλλιέργειας και των γενοτύπων δεν είναι στατιστικά σημαντικές. Μπορεί οι διαφορές κατά το στάδιο της άνθησης να οφείλονται στην διαφορετική ανάπτυξη της ρίζας, αυξάνοντας την υδραυλική της αγωγιμότητα και επιτρέποντας στο φυτό την παραγωγή περισσότερων φωτοσυνθετικών προϊόντων. Με την ανάπτυξη του φυτού όμως φαίνεται ότι αυτές οι διαφορές εξομαλύνονται. Θετικά μπορεί να επηρέασε την ανάπτυξη της ποικιλίας «Aquadulce» και το γεγονός ότι στο έδαφος και στους ιστούς της τμήματος βρέθηκε μεγαλύτερη συγκέντρωση P ο οποίος σχετίζεται με την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος (Khalil et al. 2012). Επίσης θετικά επηρέασε η οργανική λίπανση το ύψος των φυτών και στις δύο ποικιλίες (Διάγραμμα 9).



Διάγραμμα 7. Σύγκριση στο νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων κατά το στάδιο της άνθησης. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση



Διάγραμμα 8. Σύγκριση στο νωπό και ξηρό βάρος του υπέργειου τμήματος μεταξύ των δύο ποικιλιών κατά το στάδιο της άνθησης. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

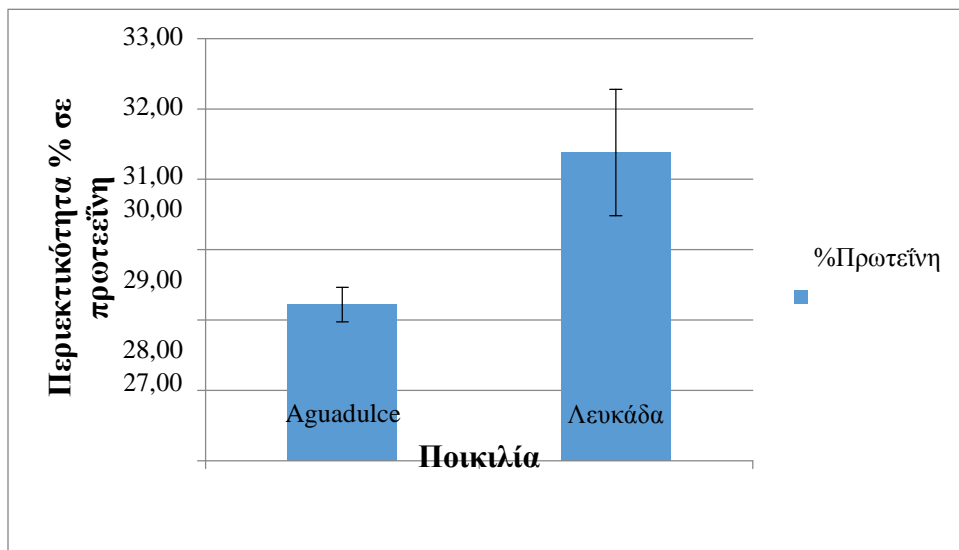


Διάγραμμα 9. Σύγκριση στο ύψος των φυτών μεταξύ των δύο μεταχειρίσεων. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

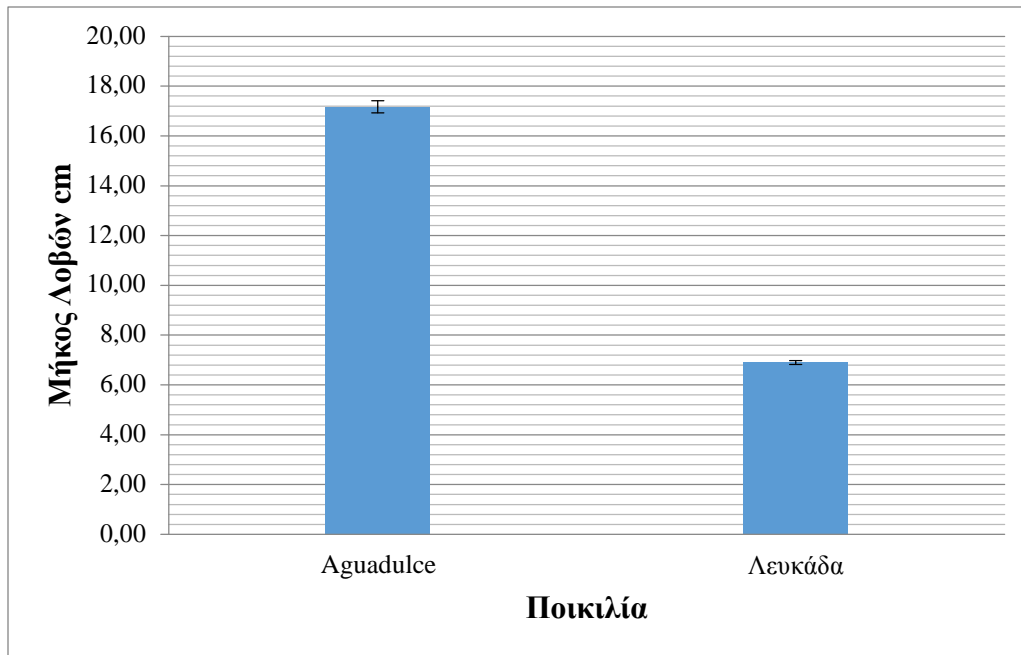
Γενικά τα βιολογικά συστήματα καλλιέργειας έχουν 5 έως 34% χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα συμβατικά (Seufert et al.2012; Ponisio et al.2015). Στην παρούσα μελέτη η απόδοση τόσο σε νωπούς λοβούς όσο και σε ξηρό σπόρο δεν παρουσίασε διαφορές μεταξύ των δύο γενοτύπων και των συστημάτων καλλιέργειας καθώς τα δύο συστήματα αποδώσανε εξίσου. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στον τύπο του εδάφους και τη γονιμότητά του καθώς το έδαφος του πειραματικού αγρού είναι πηλώδες, περιέχει οργανική ουσία κι έχει υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ). Άλλοι μελετητές αναφέρουν ότι η εφαρμογή βασικής αζωτούχας λίπανσης επηρεάζουν την ανάπτυξη και απόδοση των ψυχανθών ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Σύμφωνα με τους Gan et al. (2005) η απόδοση φυτών φακής αυξήθηκε γενικά με την εφαρμογή αζώτου σε βαρή πηλώδες έδαφος ενώ σε ιλο-πηλώδες δεν επηρεάστηκε.

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, το μήκος και ο αριθμός των λοβών δεν επηρεάστηκαν σημαντικά

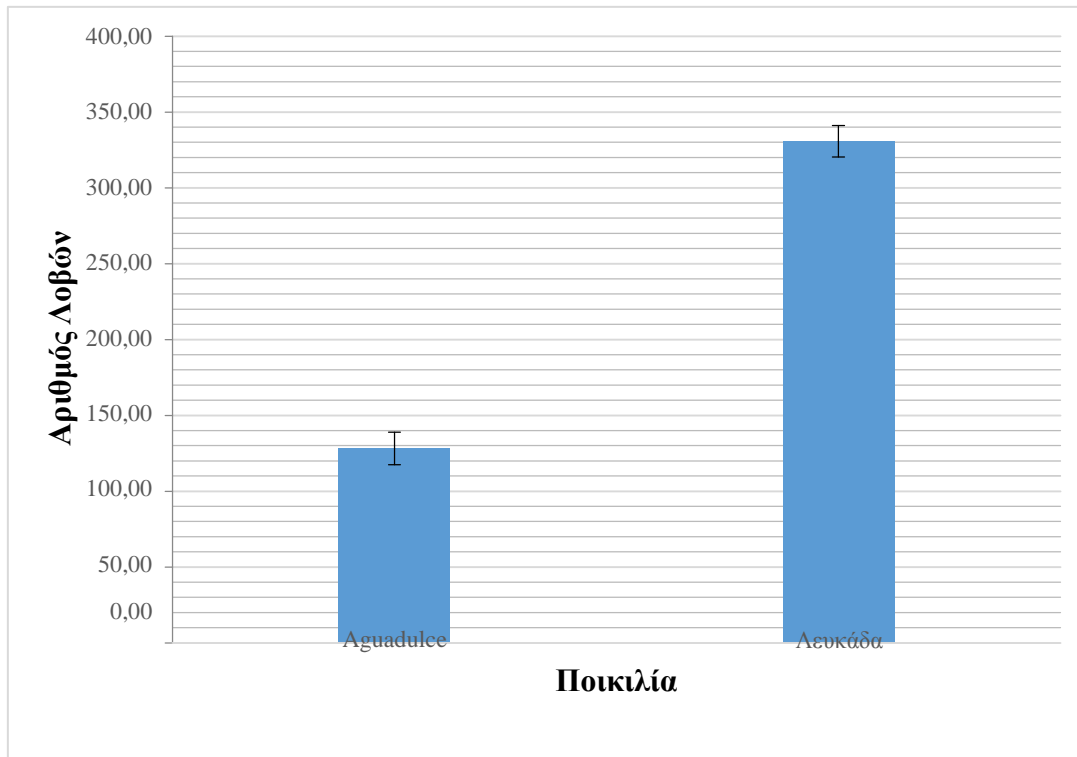
από το σύστημα καλλιέργειας. Από τις δύο ποικιλίες η «Λευκάδα» είχε υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη 31,38% σε σχέση με την «Aquadulce» 29,21% (Διάγραμμα 10). Όσον αφορά το μήκος και τον αριθμό των λοβών, τα οποία είναι χαρακτηριστικά που συνδέονται άμεσα με τον γενότυπο των φυτών, το μεγαλύτερο μήκος και τον μικρότερο αριθμό είχε η «Aquadulce». (Διάγραμμα 11 και διαγραμμα 12)



Διάγραμμα 10. Σύγκριση στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης % στους ξηρούς σπόρους μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

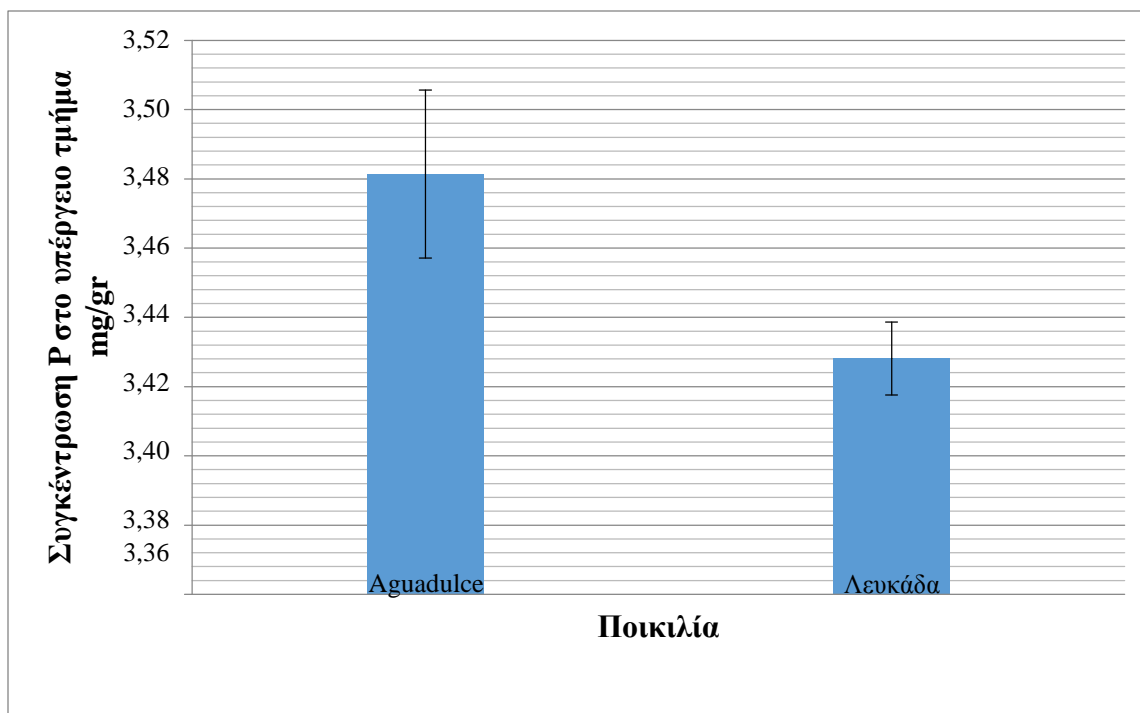


Διάγραμμα 11. Σύγκριση στο μήκος των λοβών μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση



Διάγραμμα 12. Σύγκριση στον αριθμό των λοβών μεταξύ των δύο ποικιλιών κουκιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε ότι τα φυτά της ποικιλίας «Aquadulce» είχαν μεγαλύτερη συγκέντρωση φωσφόρου στο έδαφος και στους ιστούς ανεξαρτήτως μεταχείρισης. (Διάγραμμα 13)



Διάγραμμα 13. Σύγκριση στην συγκέντρωση φωσφόρου στο υπέργειο τμήμα των δύο ποικιλιών κουκιών. Οι κάθετες μπάρες πάνω από κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν την τυπική απόκλιση

Συνοψίζοντας μπορούμε να καταλήξουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η ποικιλία «Aquadulce» ωρίμασε γρηγορότερα, στο στάδιο της άνθησης είχε μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος και παρήγαγε λοβούς μεγαλύτερου μήκους. Κατά το στάδιο της άνθησης εμφάνισε στο έδαφος μεγαλύτερη συγκέντρωση P και K και στο υπέργειο τμήμα μεγαλύτερη συγκέντρωση P.

Η ποικιλία «Λευκάδα» παρ' ότι είχε λοβούς μικρότερου μήκους είχε πολύ μεγαλύτερο αριθμό λοβών έτσι ώστε η τελική παραγωγή σε νωπούς λοβούς και ξηρό σπόρο να μην διαφέρει στατιστικά μεταξύ των δύο ποικιλιών. Επίσης είχε περισσότερα φυμάτια στο ριζικό της σύστημα και οι σπόροι της μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη.

Τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο βιολογικό σύστημα ήταν ψηλότερα και στο στάδιο της άνθησης είχαν περισσότερα φυμάτια και μεγαλύτερο νωπό και ξηρό βάρος υπέργειου τμήματος, καθώς και ριζικού συστήματος. Ιδιαίτερα φαίνεται να ευνόησε την ποικιλία «Λευκάδα» στην παραγωγή φυματίων καθώς σ' αυτήν παρατηρήθηκαν τα περισσότερα φυμάτια.

Όσον αφορά το συμβατικό σύστημα σ' αυτό βρέθηκαν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις $\text{NO}_3^- \text{-N}$ στο έδαφος.

Διαφορές δεν παρατηρήθηκαν μεταξύ των γενοτύπων και των συστημάτων λίπανσης όσον αφορά τις ημέρες που χρειάστηκαν τα φυτά έως το 50% της άνθησης, την συγκέντρωση του $\text{NH}_4^+\text{-N}$ στο έδαφος, την συγκέντρωση P στο υπέργειο τμήμα στο στάδιο της ωρίμανσης, τη συγκέντρωση K στο υπέργειο τμήμα σε όλα τα στάδια ανάπτυξης, το βάρος των νωπών λοβών και ξηρού σπόρου και το βάρος του υπέργειο τμήματος στο στάδιο της ωρίμανσης.

Φαίνεται λοιπόν ότι το βιολογικό σύστημα έδωσε παρόμοια αποτελέσματα με το συμβατικό και σε ορισμένες περιπτώσεις απόδωσε καλύτερα. Έτσι το βιολογικό σύστημα πλεονεκτεί έναντι του συμβατικού καθώς είναι ένα σύστημα καλλιέργειας χαμηλών εισροών και χαμηλότερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε σχέση με το συμβατικό καθιστώντας το οικονομικά και περιβαλλοντικά αποδοτικότερο. Επίσης σ' αυτή τη μελέτη παρουσιάζεται και η σημαντικότητα της παραδοσιακής ποικιλίας «Λευκάδα» καθώς φάνηκε ότι οι σπόροι της περιείχαν μεγαλύτερα ποσοστά πρωτεΐνης σε σχέση με την «Aquadulce» και οι αποδόσεις της δεν διέφεραν από την εμπορική ποικιλία.

Βιβλιογραφία

Abdalla, M. M. F., 1979. The origin and evolution of *Vicia Faba L.*, Proc. First Mediterranean conf., pp. 714-746.

Adams, T.McM & Laughlin, R.J., 1981. The effects of agronomy on the carbon and nitrogen contained in the soil biomass. J.Agric.Sci., 97: pp. 319-327.

Arese, P., 1982. Favism. A natural model for the study of hemolytic mechanisms. Rev. Pure Appl. Pharmacol. Sci., 3: pp. 123-183.

Arese, P., De Flora, A., 1990. Pathophysiology of hemolysis in glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. Semin. Hematol, 27: pp. 1-40.

- Bond, D. A., 1987. Recent developments in breeding field beans (*Vicia Faba L.*). Plant Breeding 99: pp.1-26
- Bond, D. A. & M. H. Poulsen, 1983. Pollination. The Faba bean: pp. 77-101
- Brady, N.C., 1984. Nature and Properties of Soils
- Bremer J.M., 1960. Determination of nitrogen in soil by Kjeldahl method. J. Agric. Sci., 55: pp. 1–23
- Cabrera, M.L., Kissel, D.E. & Vigil, M.F. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. J. Env. Quality, 34: pp. 75–79
- Camacho Villa, T.C., Maxted, N., Scholten, M.A. & Ford-Lloyd, B.V., 2005. Defining and identifying crop landraces. Plant Genet Resour.: Charact Util 3: pp. 373–384
- Canfield, D.E., Glazer, A.N. & Falkowski, P.G. 2010. The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. Sci., 330(6001): pp. 192–196.
- Carranca, C., Eskew, D., da Silva, A.S., Ferreira, E., de Sousa, M.T., Gusmao, M.R., Fernandes, M.L. & Sequeira, E.M., 1996. Field symbiotic fixation using ^{15}N : II *Vicia Faba L.* and *Pisum sativum L.* Progress in Nitrogen Cycling Studies, Proc. 8th Nitrogen Workshop 1994, pp. 309-313
- Carranca C., 2013. Legumes: Properties and symbiosis, In. A.F. Camisão & C.C. Pedroso (Eds.), *Symbiosis: Evolution, Biology and Ecological Effects*, pp. 67-93
- Cherkasov, N., Ibhaden, A.O. & Fitzpatrick, P. 2015. A review of the existing and alternative methods for greener nitrogen fixation. Chem. Engin. and Proc. : Proc. Intens., 90: pp.24–33.
- Christenhusz, M. J. M. & Byng, J. W. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase, Phytotaxa. MagnoliaPress., 261 (3): pp. 201–217
- Clayton, G.W., Rice, W.A., Lupwayi, N.Z., Johnston, A.M., Lafond, G.P., Grant, C.A. & Walley, F., 2004. Inoculant formulation and fertilizer nitrogen effects on field pea: Nodulation, N_2 fixation and nitrogen partitioning, Can. J. Plant Sci., 84: pp. 79–88
- Clayton, G., Rice, W., Blade, S., Grant, C., Harker, N., Johnston, A., Lafond, G. & Lupwayi, N. 1998. Minimizing Risk and Increasing Yield Stability in Field Pea Production , Proc. 10th An. Meeting, Conf. and Trade Show of the Saskatchewan Soil Cons. Assoc.

- Cubero, J. I., 1974. On the Evolution of *Vicia Faba L.*, Theor. Appl. Genet., 45: pp. 47-51
- Day, D.A., Poole, P.S., Tyerman, S.D. & Rosendahl, L., 2001. Ammonia and amino acid transport across symbiotic membranes in nitrogen-fixing legume nodules, Cell. Mol. Life Sci., 58(1): pp. 61-71
- De Candolle, A., 1882. Origin of Cultivated Plants, pp. 468
- De Faria, S.M., Lewis, G.P., Sprent, J.I., Sutherland, J.M. 1989 Occurrence of nodulation in the leguminosae. New Phytol 111: pp. 607–619
- Di Paolo, E., Garofalo, P., Rinaldi, M. 2015. Irrigation and nitrogen fertilization treatments on productive and qualitative traits of broad bean (*Vicia faba* var. *minor L.*) in a Mediterranean environment, Legume Research, 38: pp. 209-218
- Duc, G., 1997. Faba bean (*Vicia Faba L.*), Field Crops Research, 53: pp. 99-109
- Evan, L.T., 1980. The natural history of crop yield, Am. Sci. 68: pp.388-397
- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics, <http://faostat.fao.org/>
- Fred, E.B., Baldwin, I.L., McCoy, E., 1932. Root nodule bacteria and leguminous plants. Un. Wisc. Stud. , 52 (5)
- Frenda, A.S., Ruisi, P., Saia, S., Frangipane, B., Di Miceli, G., Amato, G. & Giambalvo, D. 2013. The critical period of weed control in faba bean and chickpea in Mediterranean areas. Weed Sci., 61: pp. 452-459
- Gan, Y., Hanson, K.G., Zentner, R.P., Selles, F. & McDonald, C.L. 2005. Response of lentil to microbial inoculation and low rates of fertilization in the semiarid Canadian prairies. Canadian J. Plant Sci. 85: pp. 847-855
- Grzesiak, S., Iijima, M., Kono, Y. & Yamauchi, A., 1997. Differences in drought tolerance between cultivars of field bean and field pea. A comparison of drought-resistant and drought-sensitive cultivar, Acta Physiol Plant, 19: pp. 347-357
- Harlan, J. R. 1971. Agricultural origins: Centers and noncenters: Agriculture may originate in discrete centers or evolve over vast areas without definable centers, Sci., 174 (4008): pp. 468–474

- Harlan, J. R., 1975. Crops and Man
- Hopkins, W.G., 1995. Introduction to plant physiology, pp. 464
- Howieson, J.G., 1995. Characteristics of an ideotype acid-tolerant pasture legume in symbiosis in Mediterranean agriculture. *Plant Soil* 171: pp. 71-76
- Husain, M.M., Hill, G.D., Gallagher, J.N., 1988. The response of field beans (*Vicia Faba L.*) to irrigation and sowing date, *J. Agr. Sci.*, 111: pp. 221-232
- Jayasundara, H.P.S., Thomson, B.D. & Tang, C., 1998. Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses. *Adv. in Agron.*, 63: pp. 77-151
- Jones, D.L., Hodge, A., Kuzyakov, Y., 2004. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. *New Phytologist*, 163: pp. 459-480
- Khalil, N.A., Al-Murshidy, W.A. & El-Tokhy, F., 2012. Studies on fertilizer requirements of faba bean, *Mansoura J. Plant Prod.*, 3 (6): pp. 1027 - 1038
- Khan, H.R., Paull, J.G., Siddique, K.H.M. & Stoddard, F.L., 2010. Faba bean breeding for drought-affected environments: A physiological and agronomic perspective, *Field Crops Res.*, 115: pp. 279-286
- Ladizinsky, G., 1975. On the origin of the broad bean, *Vicia Faba L.*, *Israel J. Bot.* 24: pp.80-88
- Laguerre, G., Louvrier, P., Allard, M.R. & Amarger, N., 2003. Compatibility of rhizobial genotypes within natural populations of *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* for nodulation of host legumes, *Applied and Env. Microbiology*, 69: pp. 2276-2283.
- Lammerts Van Bueren, E.T., Jones, S.S., Tamm, L., Murphy, K.M., Myers, J.R., Leifert, C. & Messmer, M.M., 2011. The need to breed crop varieties suitable for organic farming, using wheat, tomato and broccoli as examples: A review. *NJAS -Wageningen J. Life Sci.*, 58: pp. 193-205
- Leite, J., Seido, S.L., Passos, S.R., Xavier, G.R., Rumjanek, N.G. & Martins, L.M.V., 2009. Biodiversity of rhizobia associated with cowpea cultivars in soil of the lower half of the São Francisco River Valley, *Rev. Bras. Ciênc Solo*, 33: pp. 1215-1226
- Loizidou, M., Giannakopoulos, C., Bindi, M., Moustakas, K., 2016. Climate change impacts and adaptation options in the Mediterranean basin. *Regional Env. Change*, 16: pp. 1859-1861

- Lupwayi, N.Z., Kennedy, A.C., 2007. Grain legumes in Northern Great Plains: Impacts on selected biological soil processes. *Agron. J.*, 99(6): 1700–1709
- Mohamed, S.S.E. & Babiker, H.M., 2012. Effects of Rhizobium inoculation and urea fertilization on faba bean (*Vicia faba L.*) production in a semi-desert zone. *Adv. in Env. Biology*, 6: pp. 824-830
- Müller, S., Pereira, P.A.A. & Martin, R., 1993. Effect of different levels of mineral nitrogen on nodulation and N₂ fixation of two cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Plant Soil*, 152: pp. 139-143
- Muratova, V., 1931. Common Beans (*Vicia faba*), *Bulletin Appl. Bot., Genetics and Plant Breeding*, 50: pp. 285
- Murray, G.A., Eser, D., Gusta, L.V. & Eteve, G., 1998. Winter – hardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. In. *World crops: cool reason food legumes* pp.831-843
- Mwanamwenge, J., Loss, S.P., Siddique, K.H.M., Cocks, P.S., 1998. Growth, seed yield and water use of faba bean (*Vicia Faba L.*) in a short season Mediterranean type environment. *Aust. Exp. Agri.*, 38: pp. 171-180
- Mwanamwenge, J., Loss, S.P., Siddique, K.H.M., Cocks, P.S., 1999. Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia Faba L.*), *European J. of Agron.*, 11: pp. 1-11
- Namvar, A., Sharifi, R.S., Sedghi, M., Zakaria, R.A., Khandan, T. & Eskandarpour, B., 2011. Study on the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizer on yield, yield components, and nodulation state of chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Commun Soil Sci. Plant Anal*, 42: pp. 1097-1109
- Nanjareddy, K., Blanco, L., Arthikala, M.K., Affantrange, X.A., Sánchez, F. & Lara, M., 2014. Nitrate regulates rhizobial and mycorrhizal symbiosis in common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *J. Integr. Plant Biol.*, 56: pp. 281–298
- Negri, V., 2005. Agro-biodiversity conservation in Europe: Ethical issues. *J. Agr. Env. Ethics*, 18: pp. 3–25.

- Neugschwandtner, R., Ziegler, K., Kriegner, S., Wagentristl, H. & Kaul, H.P., 2015. Nitrogen yield and nitrogen fixation of winter faba beans, *Acta Agriculturae Scand., Section B-Soil & Plant Sci.*, 65: pp. 658-666
- Nguyen, C., 2003. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls, *Agronomie*, 23: pp. 375-393
- Olsen, S., Cole, C., Watanabe, F. & Dean, L., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate, *USDA Circular 939*
- Page A.L., 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Agron. Monogr. 9.2.
- Peoples, M.B., Brockwell, J., Herridge, D.F., Rochester, I.J., Alves, B.J.R., Urquiaga, S., Boddey, R., Dakora, F.D., Bhattarai, S., Maskey, S.L., Sampet, C., Rerkasem, B., Khan, D.F., Hauggaard-Nielsen, H. & Jensen, E.S. 2009. The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis*, 48(1-3): pp. 1–17
- Peters, A.L. & Van Noorden C.J., 2009. Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency and malaria: cytochemical detection of heterozygous G6PD deficiency in women, *J. Histochem Cytochem.*, 57(11): pp. 1003-11
- Polhill, R.M., Raven, P.H. & Stirton, C.H. 1981. Evolution and systematics of the Leguminosae. In: R.M., Polhill & P.H. Raven (eds) *Advances in Legume Systematics Part 1. Royal Botanic Gardens*, pp 1–26
- Robson, A.D., 1988. Nutrient requirements of pulses. In: R.J., Summerfield (ed.) *World Crops: Cool season food legume crops*, pp. 869-881.
- Rovira, P. & Vallejo, V.R., 2002. Labile, recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposition at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. *Geoderma*, 107: pp. 109-141 .
- Stringi, L., Sarno, R., Amato, G. & L. Gristina, 1986. Effects of plant density on *Vicia Faba L.* equina and *Vicia Faba L.* minor in a semi-arid environment in Southern Italy, *FABIS Newsletter 15*: pp.42-45

Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H. & Makke, A., 2014. Phosphorus and potassium release during decomposition of roots and shoots of green manure crops. *Biol. Agric. Hortic.*, 30: pp. 264-271

Tang, C., Robson, A. & Dilworth, M.J.. 1990. The role of iron in nodulation and nitrogen fixation in *Lupinus angustifolius L.* *New Phytologist*, 114: pp. 173-182

Zohary, D., 1977. Comment on the origin of cultivated Broad bean (*Vicia Faba L.*), *Israel J. Bot.* 26: pp. 39-40

Ολύμπιος, Μ.Χ., 2015. Η Τεχνική της Καλλιέργειας των Υπαίθριων Κηπευτικών, pp. 593-599

Παπακώστα, Δ., 2005. Ψυχανθή (Καρποδοτικά-Χορτοδοτικά)

Ποδηματάς, Κ.Ι. 1984. Κουκιά, Έντυπο Υπουργείο Γεωργίας, Ινστιτούτο Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών, pp. 14