

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΜΣ «Επιστήμες και Συστήματα Φυτικής Παραγωγής»



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Αξιολόγηση ελληνικών τοπικών ποικιλιών Ρόβης
(*Vicia ervilia* (L.) Willd.) ως προς τα ανθικά
χαρακτηριστικά και την θρεπτική τους αξία**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΜΠΕΜΠΕΛΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ

ΒΙΚΕΝΤΙΑ Κ. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ 2018

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΠΜΣ «Επιστήμες και Συστήματα Φυτικής Παραγωγής»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Αξιολόγηση ελληνικών τοπικών ποικιλιών Ρόβης
(*Vicia ervilia* (L.) Willd.) ως προς τα ανθικά
χαρακτηριστικά και την θρεπτική τους αξία**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΜΠΕΜΠΕΛΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ

ΒΙΚΕΝΤΙΑ Κ. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ 2018

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

**Αξιολόγηση ελληνικών τοπικών ποικιλιών Ρόβης
(*Vicia ervilia* (L.) Willd.) ως προς τα ανθικά
χαρακτηριστικά και την θρεπτική τους αξία**

ΒΙΚΕΝΤΙΑ Κ. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΜΠΕΜΠΕΛΗ ΠΗΝΕΛΟΠΗ (ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ)

ΜΕΛΟΣ: ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ (ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

ΜΕΛΟΣ: ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ)

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει προσπάθειες αξιοποίησης ποικιλιών ορισμένων καλλιεργειών, με τρόπο ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν την πανίδα των επικονιαστών και να έχουν ικανότητα προσαρμογής στα πλαίσια της Αειφόρου Γεωργίας. Η χρήση των τοπικών πληθυσμών βρίσκει ευρεία εφαρμογή στην προσπάθεια αυτή, λόγω της αναγνωρισμένης σημασίας τους στην παραγωγή τροφής, την εξέλιξη των καλλιεργειών και τη βιωσιμότητα της γεωργίας. Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό την αξιολόγηση 6 ελληνικών τοπικών πληθυσμών ρόβης ως προς τα ανθικά χαρακτηριστικά και τον ρόλο τους στην προσέλκυση των επικονιαστών, καθώς και τα χαρακτηριστικά απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του αχύρου. Η επιλογή των τοπικών πληθυσμών, έγινε βάσει του καταγεγραμμένου χρώματος άνθους του καθενός. Επιπλέον, αξιολογήθηκαν 49 τοπικοί πληθυσμοί ως προς 9 χαρακτηριστικά θρεπτικής σύστασης του σπόρου. Τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Διακύμανσης έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς όλα τα ανθικά χαρακτηριστικά, τους χαρακτήρες απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του σπόρου και του αχύρου. Η έναρξη της άνθησης κυμαινόταν στις 110,49 – 134,00 ΗΜΣ, και η διάρκεια άνθησης είχε εύρος από 14,80 έως 27,80 ημέρες. Ο μέσος αριθμός ανθέων για όλους τους πληθυσμούς είχε μεγάλη διακύμανση από 7,85 έως 68,89 άνθη/φυτό, από τα οποία, τα 2,84 – 31,01 ανοίγανε τις πρωινές ώρες και τα 5,44 – 48,46 ανοίγανε τις μεσημβρινές-απογευματινές ώρες. Τα άνθη της ρόβης δέχτηκαν τακτικές θετικές επισκέψεις από τρία είδη μοναχικών μελισσών, εκ των οποίων δυο του γένους *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae) και ένα είδος του γένους *Andrena* (Hymenoptera: Andrenidae) καθώς και από δύο είδη πεταλούδας του γένους *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae). Η επισκεψιμότητα των επικονιαστών συσχετίστηκε θετικά με τον αριθμό ανοιχτών ανθέων των πληθυσμών, ενώ συσχετίσεις εντοπίστηκαν και με τις τελικές αποδόσεις τους. Ως προς τη θρεπτική σύσταση, τα σπέρματα της ρόβης είναι πλούσια σε ολικές αζωτούχες ουσίες (19,02 %ΞΟ), Ασβέστιο (23,12 mg/100 gr), Ψευδάργυρο (6,67 mg/100 gr), Κάλιο 0,93 gr/100 gr και Φωσφόρο (0,19 gr/100 gr), ενώ το άχυρο έχει επίσης καλά επίπεδα ολικών αζωτούχων ουσιών (7,33 %Ξ.Ο.), και μέτρια επίπεδα των ινωδών κλασμάτων NDF (52,82%Ξ.Ο.) και ADF (39,22%Ξ.Ο.). Τα αποτελέσματα Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών και Συστάδων διέκριναν σε ομάδες όλους τους εξεταζόμενους πληθυσμούς κυρίως βάσει της περιεκτικότητας του σπόρου σε αζωτούχες ουσίες, ξηρά ουσία, τέφρα και ορισμένα

μεταλλικά στοιχεία (K, Ca) καθώς και βάσει της φαινολογίας άνθησης και της περιεκτικότητας του αχύρου σε αζωτούχες ουσίες και τέφρα.

Λέξεις κλειδιά: ρόβη, ανθικά χαρακτηριστικά, προσέλκυση επικονιαστών, απόδοση, κτηνοτροφικά ψυχανθή, θρεπτική σύσταση

Abstract

In recent years, several attempts have been made to exploit cultivars of certain crops, in a way that they can support the pollinator fauna and thus be adaptable to sustainable agricultural systems. The use of landraces is broadly applied in this effort, due to their recognized role in food production, the crops' evolution and the sustainability of agriculture. The present study aimed to evaluate six Greek bitter vetch landraces for their floral traits and their potential role to attract pollinators, as well as the yield traits and nutritional content of the straw. The selection of the landraces was based on their previously recorded flower color. Furthermore, forty-nine landraces were evaluated for the nutritional content of the seed, by assessing nine nutrients. One-way ANOVA showed statistically significant differences regarding most floral, yield traits and nutritional content of the straw and seed ($p < 0.05$). Beginning of flowering varied through 110.49 – 134.00 DAS (days after sowing), while flowering duration displayed a variation of 14.80 up to 27.80 days. The mean number of flowers for all populations ranged from 7.85 up to 68.89 flowers per plant, of which 2.84 – 31.01 flowers per plant were open in the morning hours, while 5.44 – 48.46 flowers per plant were open in the afternoon hours. Bitter vetch flowers were recorded to receive regular positive visits from three solitary bee species, of which two of the genus *Megachile* (Hymenoptera: Megachilidae), one species of the genus *Andrena* (Hymenoptera: Andrenidae) and two butterfly species belonging to the genus *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae). Pollinator visitation was positively correlated with the number of bitter vetch open flowers, while a positive correlation was observed between yield traits and pollinator activity. Regarding its nutritional content, bitter vetch seeds are a good source of protein (19.02%DM), Ca (23.12 mg/100 gr), Zn (6.67 mg/100 gr) and P (0.19 gr/100 gr), and straw is also a good source of protein (7.33%DM), with medium levels of fiber, including NDF (52.82%DM) and ADF (39.22%DM).

Keywords: bitter vetch, floral traits, pollinator attraction, yield, forage legumes, nutritional content

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή μελέτη εκπονήθηκε στο εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών & Γεωργικού Πειραματισμού του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου σε όλους όσους συνέβαλαν με οποιονδήποτε τρόπο στην επιτυχή ολοκλήρωση της μελέτης αυτής.

Ευχαριστώ πρώτα απ' όλα την επιβλέπουσα Καθηγήτρια κ. Πηνελόπη Ι. Μπεμπέλη, για την ανάθεση και την πλήρη υποστήριξη του θέματος, μέσα από το οποίο αξιοποιήθηκε για πρώτη φορά στο Εργαστήριο η μελέτη των σχέσεων φυτού – επικονιαστή, τα αποτελέσματα της οποίας μπορούν να δώσουν έναυσμα τόσο για την περαιτέρω κατανόηση και αξιοποίηση της ωφελιμότητας των επικονιαστών στις καλλιέργειες, όσο και για την ανάδειξη των δυνατοτήτων ενός αρχαίου καλλιεργούμενου φυτού όπως η ρόβη, να ενσωματωθεί στα πλαίσια βιώσιμων γεωργικών μοντέλων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής κ. Ιωάννη Χατζηγεωργίου για τη δυνατότητα υλοποίησης μεγάλου μέρους του πειραματικού έργου στις εγκαταστάσεις του εν λόγω Εργαστηρίου, καθώς και για την καθοδήγησή του στην εκπόνηση της μελέτης. Ευχαριστώ θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Παπαδόπουλο Γεώργιο για την ανεκτίμητη καθοδήγησή του κατά τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων του πειράματος.

Τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να απευθύνω στην υποψήφια Διδάκτωρ Λαζαρίδη Ευσταθία για την απaráμιλλη συμβολή της στην οργάνωση, το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή του πειράματος από την αρχή έως το τέλος της μελέτης, καθώς και στο μέλος Ε.ΤΕ.Π. του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως και Διατροφής κ. Γεωργιάδου Μαρία για το χρόνο και την αμέριστη συνεργασία της στη διεξαγωγή των εργαστηριακών αναλύσεων.

Ευχαριστώ τα μέλη του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών τον υποψήφιο Διδάκτωρ Υφαντόπουλο Διονύση και το μέλος Ε.Δ.Ι.Π. κ. Ροπόκη Ανδρέα για τη δυνατότητα υλοποίησης μέρους των πειραματικών αναλύσεων στις εγκαταστάσεις του εν λόγω Εργαστηρίου.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κ. Μουστάκα Νικόλαο για τη δυνατότητα χρήσης του φασματοφωτομέτρου ατομικής απορρόφησης στο Εργαστήριο Εδαφολογίας και Γεωργικής Χημείας. Ευχαριστώ το μέλος Ε.Δ.Ι.Π. του Εργαστηρίου

κ. Ιωάννου Δάφνη και το μέλος Ε.Τ.Ε.Π. κ. Δάλλα Στυλιανό για το χρόνο τους στις εργαστηριακές αναλύσεις.

Η αναγνώριση των ειδών επικονιαστών που καταγράφηκαν στο παρόν πείραμα δεν θα ήταν εφικτή χωρίς τη συμβολή των Francisco Javier Ortiz – Sanchez από το Πανεπιστήμιο της Αλμερίας (Universidad de Almería) και το μέλος Ε.Δ.Ι.Π. του Εργαστηρίου Γεωργικής Εντομολογίας και Ζωολογίας κ. Τσαγκαράκη Αντώνιο, τους οποίους ευχαριστώ θερμά για το χρόνο τους. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω το μέλος Ε.Δ.Ι.Π. του ιδίου Εργαστηρίου κ. Πάνου Ελένη για τη δυνατότητα χρήσης του ηκεκτρονικού στερεοσκοπίου στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου για τη λήψη εικόνων και διαστάσεων των ανθέων της ρόβης.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στους προπτυχιακούς φοιτητές Αντωνοβαρδάκη Μαριάννα, Ευσταθόπουλο Πέτρο και Μήλιαρη Μιχάλη που στα πλαίσια της πρακτικής τους άσκησης προσέφεραν πολύτιμη βοήθεια στη διακπαιρέωση των απαιτητικών εργασιών και μετρήσεων που επέβαλλε ο πειραματικός σχεδιασμός στον αγρό. Ευχαριστώ ιδιαίτερα την Δδα Αντωνοβαρδάκη για τη συνέπειά της και το χρόνο που αφιέρωσε επιπλέον στη διαδικασία της συγκομιδής και στις μετρήσεις μετά συγκομιδής στο Εργαστήριο Βελτίωσης Φυτών.

Ευχαριστώ ολόψυχα τους φίλους, συνάδελφους και συμφοιτητές μου στο Π.Μ.Σ. και συγκεκριμένα τους Καψή Ευγενία, Κωστούρο Νίκο-Μάριο, Μπάρδα Μυρτώ, Πολύζο Νίκο και Σιδέρη Μάνο για την παρουσία και υποστήριξή τους καθ'όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, τις βαθύτερες ευχαριστίες μου εκφράζω στην οικογένειά μου για την ολόπλευρη στήριξη και συμπαράσταση, αλλά και τους φίλους μου, ειδικότερα τους Μενέλαο και Κατερίνα για την ανεκτίμητη πρακτική και ψυχολογική υποστήριξή τους.

Βικέντια Φραγκιαδάκη
Αθήνα, 2018

Περιεχόμενα

Περίληψη	i
Abstract.....	ii
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Η ρόβη	1
1.1.1 Βοτανική ταξινόμηση	1
1.1.2 Βοτανική περιγραφή.....	2
1.1.3 Καταγωγή – εξάπλωση – εξημέρωση.....	3
1.1.4 Ονομασίες της ρόβης.....	6
1.1.5 Ανάπτυξη και προσαρμοστικότητα	6
1.1.6 Καλλιεργητική τεχνική.....	8
1.1.7 Εχθροί και ασθένειες	9
1.1.8 Αποδόσεις.....	10
1.1.9 Χρήσεις.....	12
1.1.10 Γενετική – ποικιλίες της ρόβης	15
1.1.11 Η σημασία των τοπικών πληθυσμών.....	16
1.2 Αλληλεπίδραση φυτού – επικονιαστή	19
1.2.1 Γενικά στοιχεία.....	19
1.2.2 Ιστορικά στοιχεία	21
1.2.3 Η σημασία της ζωικής επικονίασης στα καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά	22
1.2.4 Οι μέλισσες ως πολύτιμοι και εποικοδομητικοί επικονιαστές	28
1.2.5 Παράγοντες που ευνοούν – προωθούν την επικονίαση.....	30
1.2.6 Η ελκυστικότητα των φυτών-ανθικά χαρακτηριστικά	32
1.2.7 Σχέση ψυχανθών – επικονιαστών.....	34
1.2.8 Τοπικές ποικιλίες ψυχανθών	36
1.2.9 Ανθικά χαρακτηριστικά ψυχανθών	37

1.2.10	Τα ανθικά χαρακτηριστικά της ρόβης.....	38
1.3	Τα ψυχανθή ως ζωοτροφές.....	39
1.3.1	Γενικά στοιχεία.....	39
1.3.2	Τα κτηνοτροφικά ψυχανθή.....	41
1.3.3	Θρεπτική σύσταση της ζωοτροφής.....	44
1.3.4	Αξιολόγηση της θρεπτικής αξίας των ψυχανθών.....	54
1.3.5	Θρεπτική αξία της ρόβης.....	56
1.3.6	Αντιθρεπτικοί παράγοντες.....	57
1.4	Σκοπός της μελέτης.....	61
2	Υλικά και Μέθοδοι.....	62
2.1	Φυτικό υλικό.....	62
2.2	Καλλιεργητική τεχνική.....	66
2.3	Ανθικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν.....	70
2.4	Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων.....	72
2.4.1	Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων στο σπόρο.....	72
2.4.2	Ξηρά ουσία.....	74
2.4.3	Τέφρα.....	74
2.4.4	Αζωτούχες ουσίες.....	75
2.4.5	Ινώδεις ουσίες.....	77
2.5	Στατιστική επεξεργασία.....	83
3	Αποτελέσματα.....	85
3.1	Μελέτη ανθικών χαρακτηριστικών ρόβης και επισκεψιμότητας των επικονιαστών.....	85
3.1.1	Ανθικά χαρακτηριστικά ρόβης.....	85
3.1.2	Μελέτη της επισκεψιμότητας των επικονιαστών.....	95
3.1.3	Μελέτη χαρακτηριστικών απόδοσης της ρόβης.....	101
3.2	Μελέτη θρεπτικών χαρακτηριστικών ρόβης.....	105

3.2.1	Προσδιορισμός Φωσφόρου (P), Καλίου (K), Νατρίου (Na), Μαγνησίου (Mg), Ασβεστίου (Ca) και Ψευδαργύρου (Zn).	105
3.2.2	Άλλες κατηγορίες χημικών ενώσεων (Αζωτούχες ουσίες, ξηρά ουσία, τέφρα, ινώδεις ουσίες).....	112
3.2.3	Θρεπτική αξία του αχύρου	115
3.2.4	Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.....	118
3.2.5	Ανάλυση Συστάδων.....	130
4	Συζήτηση.....	133
4.1	Μελέτη ανθικών χαρακτηριστικών ρόβης και επισκεψιμότητας των επικονιαστών.....	134
4.1.1	Ανθικά χαρακτηριστικά ρόβης.....	135
4.1.2	Επισκεψιμότητα επικονιαστών.....	142
4.1.3	Χαρακτήρες απόδοσης	149
4.2	Μελέτη θρεπτικών στοιχείων της ρόβης.....	154
4.2.1	Μεταλλικά στοιχεία των σπερμάτων.....	154
4.2.2	Χημική ανάλυση των σπερμάτων.....	157
4.2.3	Χημική ανάλυση του αχύρου	158
4.2.4	Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών.....	161
4.2.5	Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis).....	162
4.3	Συμπεράσματα.....	165
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	167
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	202

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1.1. Χημική σύσταση του σπόρου της ρόβης, βάσει των αποτελεσμάτων παλαιότερων μελετών.	43
Πίνακας 1.2. Εκτάσεις (στρέμματα) που καταλάμβαναν καλλιέργειες κτηνοτροφικών φυτών, κατά την πενταετία 2010 – 2015.	44
Πίνακας 2.1. Γεωγραφικά δεδομένα των εξεταζόμενων τοπικών πληθυσμών ρόβης.	64
Πίνακας 2.2. Μετεωρολογικά δεδομένα της τοποθεσίας του αγρού για την καλλιεργητική περίοδο της ρόβης (Δεκέμβριος 2016 – Ιούνιος 2017).	68
Πίνακας 2.3. Μετεωρολογικά δεδομένα της τοποθεσίας για την περίοδο άνθησης της ρόβης (28 Μαρτίου – 12 Μαΐου), ανά εβδομάδα και ανά ημέρα μέτρησης.	68
Πίνακας 2.4. Αποτελέσματα ανάλυσης εδάφους του πειραματικού αγρού.....	69
Πίνακας 3.1 Μέσες τιμές και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους χαρακτήρες φαινολογίας*. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.0001$). ...	86
Πίνακας 3.2. Μέσες τιμές και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους χαρακτήρες ανθικής απεικόνισης* της ρόβης για κάθε εβδομάδα μέτρησης (1η – 6η) . Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,0001$).....	89
Πίνακας 3.3. Ποσοστό του συνόλου των ανθέων (%) που άνοιξε τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές ώρες (NFII) για κάθε πληθυσμό και εβδομάδα μετρήσεων (1–6). Στους μέσους όρους (M.O.) παρουσιάζεται το μέσο ποσοστό ανοιχτών ανθέων τις πρωινές ώρες (MNFI) και τις απογευματινές ώρες (MNFII) για κάθε υπό μελέτη πληθυσμό.	90
Πίνακας 3.4. Δισδιάστατος Πίνακας Συχνοτήτων εμφάνισης χρώματος άνθους (%) για κάθε πληθυσμό ρόβης και το ποσοστό του συνόλου των φυτών (Σύνολο) στο οποίο εμφανίζεται το κάθε χρώμα.	92
Πίνακας 3.5. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm SE) για τους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού* για τα φυτά του κάθε πληθυσμού. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.001$, $p = 0.0005$ για M.Ω.).	94
Πίνακας 3.6. Μέσος όρος (M.O.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) των θετικών επισκέψεων των επικονιαστών που επισκέφθηκαν τους πληθυσμούς ERV65, ERV53, AUA5, ERV45. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0296$).....	98

Πίνακας 3.7. Μέσος όρος (M.O.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) των θετικών επισκέψεων ανά φυτό, των επικονιαστών που επισκέφθηκαν τη ρόβη (ERV65, AUA5, ERV45, ERV53) κατά τη διάρκεια της 4 ^{ης} , 5 ^{ης} και 6 ^{ης} εβδομάδας μετρήσεων.....	98
Πίνακας 3.8. Πίνακας: Αφθονία ειδών επικονιαστών (σύνολο ειδών που επισκέφθηκαν) και δραστηριότητα επικονιαστών (αριθμός ανθέων/φυτό που επισκέφθηκαν). Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους πληθυσμούς AUA5, ERV65, ERV45, ERV53.....	100
Πίνακας 3.9. Συντελεστές συσχέτισης (<i>Corr. Coeff.</i>) και R^2 για την σχέση αριθμού ανοιχτών ανθέων των πληθυσμών AUA5, ERV65, ERV45 και ERV53 με την αφθονία (αριθμός ειδών) και την δραστηριότητα (αριθμός θετικών επισκέψεων) των επικονιαστών.....	100
Πίνακας 3.10. Μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα (S.E. \pm) για τους χαρακτήρες απόδοσης* για τα φυτά του κάθε πληθυσμού. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0012$ για Λ.Α.Φ., $p = 0.0001$ για Μ.Λ., $p = 0.00127$ για Σ.Α.Φ., $p = 0.002$ για Β.Σ.).	102
Πίνακας 3.11. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης ¹ και φαινολογίας ² για το σύνολο των 6 υπό μελέτη πληθυσμών της ρόβης.	103
Πίνακας 3.12. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών ρόβης στα μεταλλικά στοιχεία Μαγνήσιο, Ασβέστιο, Ψευδάργυρο (mg/100 gr).	106
Πίνακας 3.13. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα SE (\pm) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών ρόβης στα μεταλλικά στοιχεία Κάλιο, Νάτριο και Φωσφόρο (gr/100 gr). Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,0001$ για K, $p = 0,0164$ για Na.....	109
Πίνακας 3.14. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών της ρόβης σε τέφρα (%), ξηρά ουσία (%) και ολικές αζωτούχες ουσίες (% Ξ.Ο.). Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά.	113
Πίνακας 3.15. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για την σύσταση του αχύρου των πληθυσμών AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45 και ERV35 σε πρωτεΐνη, ινώδεις ουσίες, τα κλάσματα ινωδών NDF και ADF, ξηρά ουσία, τέφρα. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0,0010$ για πρωτεΐνη, $p = 0,0305$ για ινώδεις ουσίες).	117

Πίνακας 3.16. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών και ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που εξηγούν οι τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες.....	120
Πίνακας 3.17. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών για τα θρεπτικά στοιχεία του σπόρου των 49 πληθυσμών της ρόβης. Παρουσίαση των παραγοντικών φορτίων. Με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές των παραγοντικών φορτίων για κάθε θρεπτικό στοιχείο.....	123
Πίνακας 3.18. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών και ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που εξηγούν οι τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες.....	125
Πίνακας 3.19. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών για τα ανθικά χαρακτηριστικά, και τα χαρακτηριστικά απόδοσης και θρεπτικής αξίας αχύρου πληθυσμών της ρόβης (AUA2, AUA6, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53). Παρουσίαση των παραγοντικών φορτίων που εκφράζουν την συσχέτιση της κάθε μεταβλητής με την εκάστοτε κύρια συνιστώσα (Κ.Σ.). Οι αριθμοί με έντονη γραμματοσειρά αποτελούν τα φορτία που εκφράζουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά.	126

Πίνακες Παραρτήματος

Πίνακας Π 1. Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Ca.	202
Πίνακας Π 2. Κατάταξη Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Mg.	204
Πίνακας Π 3. Κατάταξη Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Zn.	206
Πίνακας Π 4. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στην επισκεψιμότητα των επικονιαστών ¹ και τους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού ² του κάθε πληθυσμού της ρόβης.....	208
Πίνακας Π 5. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες επισκεψιμότητας	211
Πίνακας Π 6. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης ¹ και την επισκεψιμότητα ² των επικονιαστών.	212
Πίνακας Π 7. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ χαρακτήρων απόδοσης ¹ και φαινολογίας άνθησης ² των 6 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης.	213
Πίνακας Π 8. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης ¹ και ανθικού σχεδιασμού ² στους 6 υπό μελέτη τοπικούς πληθυσμούς της ρόβης.....	214
Πίνακας Π 9. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης ¹ και τα θρεπτικά στοιχεία του αχύρου ² που εξετάστηκαν στους 6 υπό μελέτη πληθυσμούς της ρόβης (AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45, ERV53).....	215
Πίνακας Π 10. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες φαινολογίας της άνθησης ¹ και στα θρεπτικά στοιχεία αχύρου ² που εξετάστηκαν στους 6 υπό μελέτη πληθυσμούς της ρόβης (AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45, ERV53).....	216
Πίνακας Π 11. Αναλογία Ασβεστίου/Φωσφόρου (Ca/P) στο σπόρο για καθέναν από τους εξεταζόμενους πληθυσμούς της ρόβης.....	217

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1.1. Βοτανική απεικόνιση του φυτού της ρόβης.....	2
Εικόνα 1.2. Γεωγραφική απεικόνιση των αρχαιολογικών τοπίων (κόκκινη επισήμανση) στα οποία βρέθηκαν ευρήματα ρόβης που χρονολογήθηκαν κατά την Παλαιολιθική και τη Νεολιθική περίοδο.	4
Εικόνα 1.3. Απεικόνιση της αυτο- και σταυρο-γονιμοποίησης. Σχέδιο εικόνας από Ashley Barlow (Cross Pollination, Help a honey bee out. www.tootieanddots.com). ..	20
Εικόνα 2.1. Γεωγραφική κατανομή των συλλογών (1–) που χορηγήθηκαν από την Τράπεζα Γενετικού Υλικού των Η.Π.Α. (USDA).	63
Εικόνα 2.2. Γεωγραφική κατανομή των συλλογών των εγχώριων πληθυσμών ελληνικής προέλευσης. Οι συλλογές 9–17 προέρχονται από τοπικές συλλογές σε διάφορα μέρη της Ελλάδας, ενώ οι συλλογές 18–49 χορηγήθηκαν από την Τράπεζα Γενετικού Υλικού της Γερμανίας (IPK). Οι συλλογές 10, 13, 31, 35, 42 και 48 χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα μελέτης των ανθικών χαρακτηριστικών της ρόβης.	63
Εικόνα 2.3. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού σχεδίου (επάνω).	67
Εικόνα 2.4. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού τεμαχίου (δεξιά).	67
Εικόνα 2.5. Απεικόνιση του αγρού του Γ.Π.Α. όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα, πριν από την σπορά (Δεκέμβριος 2016).	69
Εικόνα 2.6. (1) Μηχάνημα απόσταξης Kjedahl, (2) Μηχάνημα για προσομοίωση χώνευσης (Digester) στους 420° C για τρία τέταρτα της ώρας, (3) Μηχάνημα χώνευσης για τα κλάσματα ινωδών ουσιών (ANKOM Technology), (4) Κλίβανος για ξήρανση των δειγμάτων στους 103° C για έως 8 ώρες, (5) Ξηραντήρας, (6) Εργαστηριακός μύλος άλεσης, (7) Ζυγαριά ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων.	82
Εικόνα 3.1. Τύποι χρωμάτων που παρατηρήθηκαν στους πληθυσμούς AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53 στους οποίους εξετάστηκαν τα ανθικά χαρακτηριστικά. Από πάνω αριστερά δεξιόστροφα: Λευκό – ροζ, Λευκό – μωβ – ροζ, Λευκό, Λευκό – μωβ, Λευκό – μωβ λωρίδες.	91
Εικόνα 3.2. Απεικόνιση των ειδών επικονιαστών για τους οποίους καταγράφηκαν θετικές επισκέψεις στα άνθη της ρόβης. Από πάνω αριστερά δεξιόστροφα: <i>Megachile parietina</i> , <i>Megachile ericetorum</i> , <i>Andrena</i> sp., <i>Pieris</i> sp.	96
Εικόνα 3.3. Διαγράμματα παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών θρεπτικής αξίας του σπόρου των 49 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης. Πάνω αριστερά: ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1 ^η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2 ^η κύρια συνιστώσα (PC-2). Στη μέση αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1 ^η κύρια συνιστώσα	

(PC-1) και ο Y στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3). Στη μέση δεξιά: ο X αντιστοιχεί στην 2^η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3). Κάτω αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1^η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4). Κάτω στο κέντρο: ο X στην 2^η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4). Κάτω δεξιά: ο X στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4)..... 121

Εικόνα 3.4. Διάγραμμα παραγοντικών φορτίων (αριστερά) και διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών (δεξιά) στους οποίους μελετήθηκε η σύσταση του σπόρου σε θρεπτικές ουσίες. Στο διάγραμμα παραγοντικών φορτίων, ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην PC-2..... 122

Εικόνα 3.5. Διάγραμμα διασποράς των 49 πληθυσμών ρόβης και των παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών θρεπτικής σύστασης του σπόρου. Ο άξονας X αντιστοιχεί στην PC-1 ενώ ο άξονας Y αντιστοιχεί στην PC-2. 124

Εικόνα 3.6. Διαγράμματα παραγοντικών φορτίων των ανθικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών απόδοσης και θρεπτικής αξίας των 6 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης. Πάνω αριστερά: ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2). Κάτω αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο Y στην 3η κύρια συνιστώσα (PC-3). Κάτω δεξιά: ο X αντιστοιχεί στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 3η κύρια συνιστώσα (PC-3). 127

Εικόνα 3.7. Διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53 και των παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του αχύρου. Ο άξονας X αντιστοιχεί στην PC-1 ενώ ο άξονας Y αντιστοιχεί στην PC-2. 128

Εικόνα 3.8. Διάγραμμα παραγοντικών φορτίων (αριστερά) και διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών (δεξιά) στους οποίους μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής αξίας του αχύρου. Στο διάγραμμα παραγοντικών φορτίων, ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2). 129

Εικόνες Παραρτήματος

Εικόνα Π 1. Άνθη ρόβης (Πάνω αριστερά και στο κέντρο: λευκό με μωβ λωρίδες. Πάνω δεξιά: λευκό. Κάτω αριστερά: Λευκό με ροζ λωρίδες. Κάτω δεξιά: Παρουσίαση γύρης μέσω των ανθών).	221
Εικόνα Π 2. Ανθισμένα φυτά ρόβης	222
Εικόνα Π 3. Επισκέψεις της μοναχικής μέλισσας <i>Megachile parietina</i> (Hymenoptera: Megachilidae) στα άνθη της ρόβης.....	223
Εικόνα Π 4. Η μοναχική μέλισσα <i>Andrena flavipes</i> (Hymenoptera: Andrenidae) σε μερικές από τις επισκέψεις του στα άνθη του <i>Matricaria chamomilla</i> που γειτνιάζει στον αγρό του πειράματος.	223
Εικόνα Π 5. Η μοναχική μέλισσα <i>Megachile parietina</i> , έκανε συχνά διαλείμματα μετά από επίσκεψη ορισμένου αριθμού ανθέων ρόβης. Αριστερά απεικονίζεται να χρησιμοποιεί φύλλα του ζιζανίου <i>Chenopodium album</i> πιθανότατα για την κατασκευή φωλιάς.	224
Εικόνα Π 6. Επισκέψεις της μοναχικής μέλισσας <i>Megachile ericetorum</i> (Hymenoptera: Megachilidae) στα άνθη της ρόβης.	224
Εικόνα Π 7. Επισκέψεις της πεταλούδας <i>Pieris</i> spp. (Lepidoptera: Pieridae) στα άνθη της ρόβης.....	225
Εικόνα Π 8. Απεικόνιση λοβών ρόβης.	226
Εικόνα Π 9. Απεικόνιση σπερμάτων ρόβης.....	226

Πίνακας Συντμήσεων και Συντομογραφιών

B.Σ.	Βάρος 100 σπόρων
Δ.Α.	Διάρκεια Άνθησης
Ε.Α.	Έναρξη Άνθησης
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
Η.Μ.Σ.	Ημέρες Μετά τη Σπορά
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Λ.Α.Φ.	Λοβοί Ανά Φυτό
Μ.Α.Σ.	Μήκος Ανθικού Στελέχους
Μ.Λ.	Μήκος Λοβού
Μ.Ο.	Μέσος Όρος
Μ.Π.	Μήκος Πέτασου
Μ.Σ.	Μήκος Στελέχους
Μ.Τ.	Μήκος Τρόπιδας
Μ.Ω.	Μήκος Ωοθήκης
Ξ.Ο.	Ξηρά Ουσία
Π.Π.	Πλάτος Πέτασου
Π.Τ.	Πλάτος Τρόπιδας
Σ.Α.Λ.	Σπόροι Ανά Λοβό
Σ.Α.Φ.	Σπόροι Ανά Φυτό
Τ.Α.	Τέλος Άνθησης
ADF	Acid Detergent Fiber
ANOVA	Analysis Of Variance
CA	Cluster Analysis
CF	Crude Fiber
EC	European Commission
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
NDF	Neutral Detergent Fiber
ICARDA	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
IPK	Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research
LSD	Least Significance Difference
MNF	Mean Number of Flowers
NF	Number of Flowers
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy
NRC	National Research Council
PCA	Principal Component Analysis
S.E.	Standard Error
USDA-ARS	United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service

1 Εισαγωγή

1.1 Η ρόβη

1.1.1 Βοτανική ταξινόμηση

Ως ρόβη (η) ή ρόβι (το), καλείται ένα αρχαίο καλλιεργούμενο είδος του γένους *Vicia* και της οικογενείας Fabaceae. Η επιστημονική ονομασία του είναι *Vicia ervilia* (L.) Willd, ενώ η παλαιά ονομασία αναφέρεται ως *Ervum ervilia* (L). Οι κοινές ονομασίες είναι *bitter vetch* (Αγγλικά), *kersannah* (Αραβικά), *kursene* كرسنه (Περσικά), *yero* (Ισπανικά), *burçak* (Τουρκικά).

Το γένος *Vicia* περιλαμβάνει ετήσια ή πολυετή ποώδη είδη, των οποίων το πλήθος ποικίλει σημαντικά από 150 (Kupicha, 1976) έως 210 είδη (Hanelt & Mettin, 1989). Ανήκει στην φυλή Viciae της οικογένειας Fabaceae μαζί με τα γένη *Lathyrus* L., *Lens* Mill., *Pisum* L., *Vavilovia* A. Fedorov (Wouw, et al., 1999). Το γένος αυτό απαντά στην Εύκρατη Ζώνη του Βορείου Ημισφαιρίου (Wouw et al., 1999) και εξαπλώνεται έως τη μη-τροπική Νότια Αμερική και την τροπική Ανατολική Αφρική (Kupicha, 1981), με κέντρο καταγωγής και εξάπλωσης την Ανατολική Μεσόγειο (Maxted, 1995).

Με βάση τις πρώτες ταξινομικές αναλύσεις η Kupicha (1976) παρουσίασε ότι τα είδη του γένους *Vicia* χωρίζονταν σε 3 ή 4 μεγάλες ομάδες: *Cracca*, *Vicia*, *Ervum* και ενίοτε την *Faba*. Ωστόσο, η ίδια θεώρησε ότι οι ομάδες αυτές ταξινομούνται πιο φυσικά, βάσει συσχετισμένων χαρακτήρων, σε δύο υπογένη: α) *Vicia*, (για τις ομάδες *Vicia*, *Faba*) που περιλαμβάνει 9 τομείς, 38 είδη, 14 υποείδη και 22 ποικιλίες (“phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciae) | Botanical Journal of the Linnean Society | Oxford Academic,” n.d.) (Maxted, 1993). Από το σύνολο των ειδών ξεχωρίζουν τα *V. faba*, *V. sativa* και *V. narbonensis* με τη μεγαλύτερη αγρονομική αξία. β) *Vicilla* (για τις ομάδες *Cracca*, *Ervum*) που περιλαμβάνει 17 τομείς και 100 είδη, ανάμεσα στα οποία συγκαταλέγονται τα *V. rannonica*, *V. villosa*, *V. monantha* και *V. ervilia* (Kupicha, 1976).

1.1.2 Βοτανική περιγραφή

Η ρόβη είναι φυτό ετήσιο, ποώδες, θαμνώδες, όρθιας ανάπτυξης ύψους 20 έως 40 cm. Οι βλαστοί και τα φύλλα είναι λεία ή ελαφρώς χνουδωτά με τριχίδια μήκους 0,5 mm. Τα στελέχη είναι μήκους έως 45 cm, γωνιώδη, όρθια. Τα φύλλα είναι σύνθετα μήκους 33-110 mm, έμμισχα με 10-16 ζεύγη γραμμοειδών-λογχοειδών φυλλαρίων που καταλήγουν στην κεντρική νεύρωση και δεν καταλήγουν σε έλικα. Στη βάση του κάθε φύλλου βρίσκονται δύο παράφυλλα που φέρουν δόντια. Τα άνθη της είναι μικρά, μήκους 7-8 χιλιοστών, με συνηθέστερο χρώμα λευκωπό με ροδόχροες γραμμώσεις και φέρονται έμμισχα άνα 1 έως 4 πάνω σε λεπτό ποδίσκο που είναι βραχύτερος από το αντίστοιχο φύλλο. Το μήκος του ανθικού σωλήνα είναι 2-3 cm. Ο κάλυκας του κάθε άνθους φέρει ισομήκη δόντια που είναι μικρότερα από τον ανθικό σωλήνα, ενώ η στεφάνη είναι λίγο μακρύτερη από τον κάλυκα. Οι λοβοί της έχουν μήκος 16 έως 20 mm και πλάτος μικρότερο από 5 mm. Σε κάθε λοβό περιέχονται 3 έως 4 σπόροι που είναι γωνιώδεις (Εικόνα 1.1).



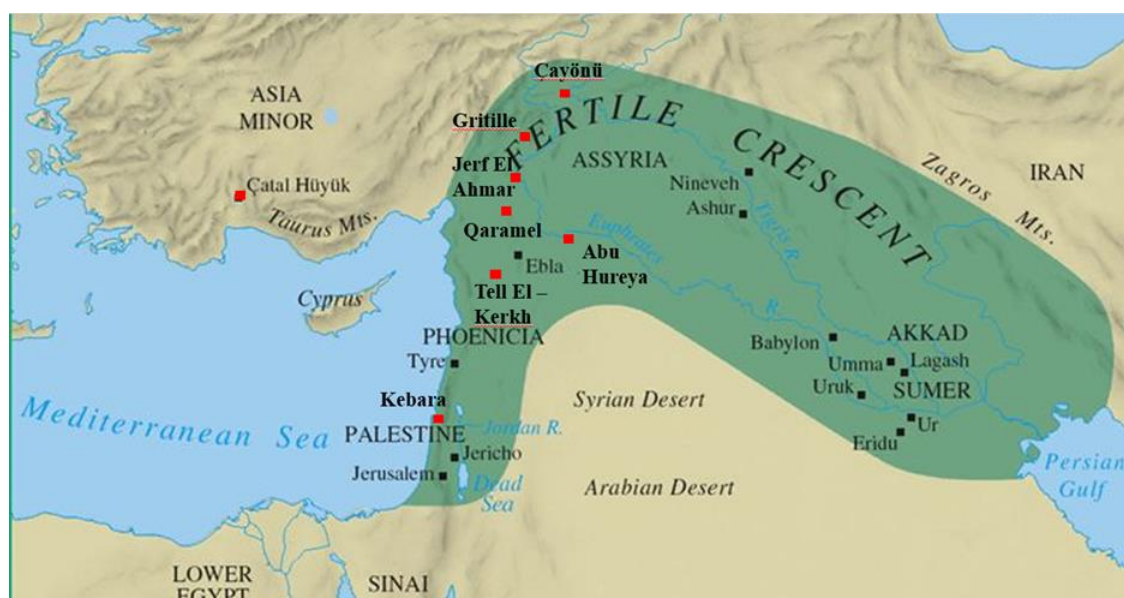
Εικόνα 1.1. Βοτανική απεικόνιση του φυτού της ρόβης.

1.1.3 Καταγωγή – εξάπλωση – εξημέρωση

Η παρουσία άγριων μορφών ρόβης νότια και νοτιοανατολικά της Τουρκίας, βορειοανατολικά του Ιράκ, καθώς και στις ορεινές περιφέρειες του Λίβανου, της Συρίας και της Ιορδανίας (Zohary et al. 2012), σε συνδυασμό με αναφορές αρχαιολογικών ευρημάτων, προτείνουν ως κέντρο καταγωγής της ρόβης να θεωρείται πρωτίστως η ανατολική Μεσόγειος και δευτερευόντως η Εγγύς Ανατολή (Δαλιάνης, 1993; López-Bellido et al. 1994; Mikić et al. 2015; Hegazy & Lovett-Doust 2016;). Τα αρχαιολογικά ευρήματα σπερμάτων του φυτού μας δίνουν στοιχεία για την εξημέρωση, την εξάπλωση και διαδεδομένη χρήση του είδους, καθιστώντας το ένα από τα πρώτα εξημερωμένα φυτά στον κόσμο. Αρκετά αρχαιολογικά ευρήματα υποστηρίζουν την εικόνα ότι η χρήση της ρόβης, όπως και άλλων ψυχανθών, για ανθρώπινη κατανάλωση, ήταν γνωστή πριν την καλλιέργειά της ως καλλιεργούμενο φυτό. Τα αρχαιότερα απολιθώματα σπερμάτων ρόβης, βρέθηκαν μαζί με σπόρους άλλων ψυχανθών στο σπήλαιο Kebara του όρους Carmel, στο σημερινό Ισραήλ κατά τη Μουστιαία (Μέση Παλαιολιθική) περίοδο (Lev et al., 2005). Την ίδια περίοδο χρονολογούνται και τα μικρο-απολιθώματα των σπερμάτων ψυχανθών και άλλων δημητριακών σε τρυγία σκελετών Νεάντερταλ που βρέθηκαν στο σπήλαιο Shanidar του σημερινού Ιράκ (Henry et al., 2011), αν και δεν είναι ξεκάθαρο αν η ρόβη συμπεριλαμβανόταν σε αυτά. Οι αναφορές αυτές πιθανολογούν την χρήση των σπερμάτων της ρόβης, όπως και άλλων ψυχανθών στην διατροφή τόσο του ανθρώπου του Νεάντερταλ της Παλαιολιθικής περιόδου, όσο και των πιο σύγχρονων κυνηγών τροφосуλλεκτών της Μεσολιθικής και Νεολιθικής περιόδου.

Πολλές πηγές αναφέρουν ότι η ρόβη εξημερώθηκε κατά τη Νεολιθική περίοδο (πριν από 10000 χρόνια) στις περιοχές όπου υπάρχουν ενδείξεις καλλιέργειας του είδους, όπως την Δυτική Ασία και την ανατολική Μεσόγειο (Hopf, 1986; Zohary & Hopf, 2000; Willcox et al., 2008;). Τα πρώτα ευρήματα που χρονολογήθηκαν την περίοδο εκείνη, (ηλικίας 10 χιλιάδων χρόνων) βρέθηκαν σε διάφορες αρχαιολογικές τοποθεσίες της σημερινής Συρίας, όπως τις περιοχές Abu Hureya και Jerf el Ahmar της κοιλάδας του ποταμού Ευφράτη, καθώς και τις περιοχές Qaramel και Tell El-Kerkh βορειοδυτικά της Συρίας (Wouw, 2001; Willcox et al., 2008; Willcox et al., 2009; Dirk Enneking & Miller, 2014; Mikić et al., 2015; Mikić et al., 2015) (Εικόνα 1.2). Καθώς στις τοποθεσίες αυτές υπάρχουν ενδείξεις καλλιέργειας ορισμένων σιτηρών και ψυχανθών, πιθανολογείται και η καλλιέργεια της ρόβης και χρήση της στην διατροφή του ανθρώπου. Ωστόσο, τα ευρήματα ρόβης αποτελούνται από

περιορισμένο αριθμό σπερμάτων και δεν είναι εύκολο να εξακριβωθεί μια τέτοια διαπίστωση. Η πρώτη αναφορά μεγάλου αριθμού συγκεντρωμένων σπερμάτων χρονολογείται γύρω στο 9.000 π.Χ. στις αρχαιολογικές περιοχές Çayönü και Gritille νοτιοανατολικά της σημερινής Τουρκίας, εντός της κοιλάδας του ποταμού Ευφράτη (Miller et al., 2002; Zeist & Roller, 2003). Η μεγάλη ποσότητα σπερμάτων, σε συνδυασμό με την απουσία εξημερωμένων ζώων στις εν λόγω περιοχές, μπορούν με σαφήνεια να αποδείξουν ότι τα σπέρματα χρησιμοποιούνταν για ανθρώπινη κατανάλωση (Zeist & Roller, 2003).



Εικόνα 1.2. Γεωγραφική απεικόνιση των αρχαιολογικών τοπίων (κόκκινη επισήμανση) στα οποία βρέθηκαν ευρήματα ρόβης που χρονολογήθηκαν κατά την Παλαιολιθική και τη Νεολιθική περίοδο.

Η είσοδος της ρόβης στην Ευρώπη πιθανολογείται ότι πραγματοποιήθηκε κατά τη Νεολιθική περίοδο, μετά το τέλος της εποχής των Παγετώνων, όπου το κλίμα έγινε θερμότερο (Mikić et al., 2015). Η ρόβη πιθανότατα εισήχθη στην Ευρώπη διαμέσου του Δούναβη, από τα νοτιοανατολικά σύνορά της με την Τουρκία. Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται από το γεγονός ότι πολλά ευρήματα στην Τουρκία χρονολογούνται σε παρόμοια χρονική περίοδο που προηγείται της περιόδου κατά την οποία εμφανίστηκαν τα πρώτα δείγματα στην Ευρώπη. Η εξάπλωσή της στην Ευρώπη πρέπει να ήταν ταχεία, καθώς υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν την παρουσία της ρόβης σε διάφορες περιοχές της Ευρώπης σε παρόμοιες χρονικές περιόδους. Έτσι, ορισμένες ποσότητες σπερμάτων ρόβης, ανάμεσα σε σπόρους

μπιζελιού, σιτηρών, σταυρανθών και άλλων ειδών, βρέθηκαν σε ανασκαφές στην περιοχή Catal höyük νότια της Τουρκίας που χρονολογούνται από το 6600-6200 π.Χ. (Fairbairn et al. 2007). Μεταξύ 5790 π.Χ. και 400 π.Χ. χρονολογούνται τα ευρήματα σπερμάτων ρόβης στη νοτιοανατολική Βουλγαρία (Marinova & Popova, 2008), νοτιοδυτική Γερμανία (Rösch, 1998), Ιταλία (Bellini, Mariotti-Lippi, Secci, Aranguren, & Perazzi, 2008), (Rottoli & Castiglioni, 2009), Αρμενία (Hovsepyan, 2014), Σλοβενία (Jeraj et al., Velušček, & Jacomet, 2009), Σερβία (Medović et al., 2011), νότια Γαλλία (Bouby et al., 1999), Ισπανία (Chocarro et al. 2013; Zapata et al. Stika, 2004), Μαρόκο (Zapata et al., 2004) και βόρεια Ελλάδα (Fairbairn et al., 2007; Zeist & Bottema, 1971). Από τις παραπάνω μελέτες, φαίνεται ότι είναι αμφιλεγόμενο το αν πράγματι η ρόβη ήταν καλλιεργούμενο φυτό την περίοδο εκείνη ή τα σπέρματα προέκυπταν από συλλογές των τοπικών κατοίκων από τους άγριους γονότυπους που, στην περίπτωση των ψυχανθών, θεωρείται ότι απαντούσαν σε αφθονία (Fairbairn et al., 2007). Εντούτοις, η γρήγορη εξάπλωση του φυτού, παράλληλα με την εξάπλωση των σιτηρών και άλλων ψυχανθών όπως τη φακή και το μπιζέλι, μαρτυρούν ότι γινόταν χρήση της είτε στην διατροφή του ανθρώπου, είτε των ζώων, ενώ μαζί με τα υπόλοιπα είδη φυτών συσχετίστηκε άμεσα με την έναρξη της 'γεωργικής επανάστασης' του Παλαιού Κόσμου (Erskine et al., 1994; Mikić et al., 2015).

Η ακριβής χρονολογία της εξημέρωσης της ρόβης, όπως και πολλών άλλων οσπρίων, δεν μπορεί να αποδοθεί με ευκολία, καθώς δεν έχουν διασωθεί επαρκείς πληροφορίες ως προς τις μορφολογικές αλλαγές που προκύπτουν από τη μετάβαση του άγριου γονότυπου σε εξημερωμένο. Σύμφωνα με τις αναφορές των Zohary et al. (2012), τα δύο σημαντικά κριτήρια για την αναγνώριση εξημερωμένων γονοτύπων ρόβης είναι η απουσία τινάγματος των σπερμάτων και το μεγαλύτερο μέγεθος σπερμάτων. Το τινάγμα των σπερμάτων αναφέρεται ότι ελέγχεται από δύο κυρίαρχα γονίδια (Enneking & Miller, 2014). Τα κριτήρια αυτά απαντούν και στην περίπτωση του μπιζελιού που μελετήθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό (Weeden, 2007; Weeden et al., 2002) με επιπλέον σημαντικό κριτήριο, το λεπτότερο περίβλημα σπόρου. Άλλα σημαντικά κριτήρια που μαρτυρούν εξημέρωση του μπιζελιού είναι η απουσία λήθαργου, νάνοι γονότυποι, λιγότερες διακλαδώσεις, ουδέτερη φωτοπεριοδική αντίδραση και βελτιωμένη ποιότητα σπόρου.

1.1.4 Ονομασίες της ρόβης

Η έντονη διαφοροποίηση των κοινών ονομασιών για ένα είδος, αποτελεί ένδειξη μιας αρχαίας καλλιέργειας, στην περίπτωση όμως της ρόβης, οι διάφορες ονομασίες φαίνεται να αντιστοιχούν σε διαφορετικά γένη, τα οποία όμως είναι συγγενικά μεταξύ τους. Η πρώτη γλωσσική αναφορά που σχετίστηκε έμμεσα με τη ρόβη, χρονολογείται το 2000 π.Χ. με την Ακκαδική λέξη *kissanu* που εμφανίζεται σε κείμενα της αρχαίας Μεσοποταμίας και θεωρείται ότι αναφέρεται σε ένα είδος βίκου (Stol, 1985). Η λέξη αυτή σχετίζεται με τον σύγχρονο Αραβικό όρο για τη ρόβη (*al-kersannah*).

Ο αρχαιοελληνικός όρος ‘*όροβος*’ και ο σχετικός λατινικός όρος ‘*ervum*’ είχαν ποικίλες σημασίες σύμφωνα με τον Schnebel (1925) και πιθανόν να αποτελεί δάνειο από κάποιο ιδίωμα της Μικράς Ασίας ή της ανατολικής Μεσογείου, πιθανότατα από τα Ινδοευρωπαϊκά φύλα. Παράλληλα, οι όροι ‘*όροβος*’, ‘*έρέβινθος*’ και ‘*ervum*’ αναφέρονταν στα ψυχανθή του γένους *Cicer* (ρεβύθι), *Lens* (φακή), *Pisum* (μπιζέλι) και *Lathyrus* (λαθούρι). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι όροι αυτοί αποδίδονταν κοινώς σε συγγενικά μεταξύ τους είδη. Οι γλωσσολογικές αναφορές για τα ψυχανθή, υποστηρίζουν το γεγονός ότι η ρόβη, μαζί με άλλα αρχαία όσπρια, ήταν παρούσα στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης, προτού αναπτυχθούν οι σύγχρονες γλωσσικές οικογένειες (Mikić et al., 2015). Έτσι έχουμε ονομασίες όπως *erag^w[h]*- για Ινδοευρωπαϊκά φύλα, *burçak* για τα Τουρκικά φύλα, *ilhař* για τα Βασκικά φύλα και *arwait* ή *arwit* για τα Γερμανικά φύλα (Mikić, 2012). Πιθανότατα οι ορισμοί αυτοί να προέρχονται από τον Ινδοευρωπαϊκό όρο, εκτός από τον Τουρκικό *burçak* που φαίνεται να μην σχετίζεται (Dirk Enneking & Miller, 2014; Mikić et al., 2015). Στις σύγχρονες γλώσσες, οι όροι για τη ρόβη έχουν την ρίζα τους στο αρχαιοελληνικό *όροβος* και στο λατινικό *ervum*. Από τους όρους αυτούς προκύπτουν οι ονομασίες *ers* ή *erviliere* στα γαλλικά, *ervil* στα αγγλικά (συν. bitter vetch) *orobo* ή *ervilha- de-pombo* στα Πορτογαλικά και *ervenlinse* στα Γερμανικά.

1.1.5 Ανάπτυξη και προσαρμοστικότητα

Η ρόβη έχει υπόγειο τύπο φυτρώματος και ακαθόριστο τύπο ανάπτυξης. Χαρακτηρίζεται από γρήγορη ενεργοποίηση (ανάδυση), μεγάλη σε διάρκεια βλαστητική φάση και μικρή διάρκεια ανθοφορίας (Moneim, n.d.) και καρπόδεσης σε σχέση με άλλα είδη *Vicia* (Berger et al., 2002). Θεωρείται φυτό μεγάλης ημέρας, έχει μικρό βιολογικό κύκλο (Darier et al., 2014) και υψηλό βαθμό γονιμότητας. Η

βλαστικότητα των σπερμάτων ποικίλει από 30% έως 80% και επηρεάζεται σημαντικά από την ποικιλία και αβιοτικούς παράγοντες όπως την αλατότητα (Sepehri & Rouhi, 2016) και το στάδιο ωρίμανσης των σπερμάτων κατά τη συγκομιδή (Samarah et al., 2003).

Φυτά με παρόμοια χαρακτηριστικά ανάπτυξης τείνουν να έχουν αυξημένη απόδοση υπό αντίξοες συνθήκες ξηρασίας. Πράγματι, η αντοχή της ρόβης σε συνθήκες ξηρασίας και η δυνατότητά της να δίνει παραγωγή και σε πολύ ξηρές καλλιεργητικές περιόδους, είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για το οποίο ξεχωρίζει απ' τα υπόλοιπα είδη ψυχανθών, και το καθιστά ως το καταλληλότερο ψυχανθές για καλλιέργεια σε περιοχές με χαμηλή βροχόπτωση και περιορισμένα υδατικά αποθέματα (Moneim, 1993; Fatehi et al., 2016; Maxted, 1995; Mikić et al., 2015). Άλλα ευνοϊκά χαρακτηριστικά της είναι η αντοχή σε έντομα, ζιζάνια και η σχετική αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες (Mikić et al., 2015; Samarah et al., 2003; Sepehri & Rouhi, 2016). Ωστόσο, θερμοκρασίες μικρότερες των -10 °C, είναι δυνατόν να προκαλέσουν βλάβες στα νεαρά φυτά. Σε τυπικές Μεσογειακές κλιματικές συνθήκες οι αποδόσεις της σε σπόρο και βιομάζα είναι αρκετά υψηλές, σε εύρος που κυμαίνεται στα 300 με 2000 κιλά/εκτάριο (Mihailović et al., 2006; Sadeghi et al., 2009), ενώ σε ευνοϊκές συνθήκες με γόνιμα εδάφη και ικανοποιητική βροχόπτωση μπορούν να ξεπεράσουν τα 3000 κιλά ανά εκτάριο (Bellido, 1994).

Σε ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες οι αποδόσεις της σε σπόρο και βιομάζα είναι αρκετά υψηλές. Οι απαιτήσεις της σε φωτοπερίοδο είναι μεγάλες (φυτό μεγάλης ημέρας >14 ημέρες). Η αντοχή της σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι ικανοποιητική. Θερμοκρασίες μικρότερες των -10 είναι δυνατόν να προκαλέσουν βλάβες στα νεαρά φυτά και για το λόγο αυτό, στις ορεινές περιοχές η σπορά λαμβάνει χώρα την άνοιξη.

Η καλλιέργεια της ρόβης μπορεί να προσαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα εδαφών, με εξαίρεση τα βαριά πηλώδη (Bellido, 1994). Έχει αντοχή στα ασβεστούχα εδάφη και μπορεί να δώσει παραγωγή ακόμα και σε αβαθή, αλκαλικά και χαμηλής γονιμότητας εδάφη (Enneking et al., 1995; Enneking & Clive, 1997; Sadeghi et al., 2008). Ως ψυχανθές, έχει ικανότητα αζωτοδέσμευσης (Enneking & Miller, 2014), αν και δεν συμβιώνει πολύ αποτελεσματικά με το αζωτοδεσμευτικό βακτήριο *Rhizobium inoculum* (Tang & Thomson, 1996). Λόγω της αντοχής της στην ξηρασία, μπορεί να αξιοποιήσει καλύτερα από κάθε άλλο ψυχανθές τα πτωχά και ξηρά εδάφη των ορεινών περιοχών, και για το λόγο αυτό μπορεί να αντικαταστήσει το κτηνοτροφικό μπιζέλι, σε περιοχές που τα εδάφη τους δεν πληρούν τις προδιαγραφές που αυτό

χρειάζεται. Γενικώς, προτιμά τα ουδέτερα ή ελαφρώς όξινα εδάφη, αλλά παρουσιάζει ευαισθησία στην αλατότητα (Sepehri & Rouhi, 2016; Uzun et al., 2013), αν και η ανταπόκριση αυτή διαφοροποιείται από ποικιλία σε ποικιλία (Çözü & Uzun, 2011).

1.1.6 Καλλιεργητική τεχνική

Λόγω της αντοχής της ρόβης σε ξηρικές συνθήκες και της ευρείας προσαρμοστικότητάς της, η καλλιέργειά της χρειάζεται μόνο την στοιχειώδη προσοχή. Η προετοιμασία του εδάφους δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική και δεν διαφέρει από αυτήν των άλλων χειμερινών ψυχανθών. Συνήθως περιλαμβάνει μεταχείριση με επιφανειακή άροση ή/και καλλιεργητή. Η λίπανση συνήθως δεν χρειάζεται, αλλά αν καλλιεργηθεί σε φτωχά εδάφη, συνιστάται οργανική φωσφορική λίπανση, με προσθήκη P₂O₅ σε ποσότητα έως 6 κιλών ανά στρέμμα. Η εφαρμογή ζιζανιοκτόνου είναι συνήθως περιορισμένη λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζει το φυτό (Enneking & Miller, 2014), εντούτοις εάν χρειάζεται χημική καταπολέμηση ζιζανίων, πρέπει να χρησιμοποιηθούν ποικιλίες με ανθεκτικότητα σε συγκεκριμένες δραστικές ουσίες, όπωςalachlore+linuron, metholachlore+promethrin, cynazine ή metazole, αλλά οπωσδήποτε όχι ορμονικά ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες σιτηρών (López Bellido et al. 1994).

Η σπορά γίνεται από τον Οκτώβριο έως τον Δεκέμβριο για περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ για ψυχρές ή/και ορεινές περιοχές, λαμβάνει χώρα από τέλη Φεβρουαρίου έως και αρχές Μαΐου. Η σπορά γίνεται με τις σπαρτικές των χειμερινών σιτηρών ή στα πεταχτά. Στην πρώτη περίπτωση, η συνιστώμενη απόσταση σποράς είναι 25 εκ. μεταξύ των γραμμών και η ποσότητα σπόρου 10 kg ανά στρέμμα (Παπακώστα, Τασοπούλου, 2005), ενώ στην δεύτερη περίπτωση, κυμαίνεται μεταξύ 6-8 kg ανά στρέμμα (Δαλιάνης, 1993). Στο Μαρόκο, η σπορά γίνεται το Δεκέμβριο σε εποχές με ξηρασία, και Φεβρουάριο σε εποχές με πολλές βροχοπτώσεις, προς αποφυγήν προσβολής των φυτών από βακτηριολογική ασθένεια, λόγω υπερβολικής υγρασίας (Enneking et al., 1995).

Στις αμειψισπορές παίρνει την θέση των άλλων ψυχανθών της κατηγορίας της, με σκοπό την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, τη χλωρή λίπανση (Saoub et al. 2012) και την ευκολότερη διαχείριση ασθενειών και ζιζανίων, σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα (Jones & Singh, 2000). Συνήθως δεν ενδείκνυται ως προηγούμενο για την καλλιέργεια του σιταριού, ιδίως για τις καρποπαραγωγικές και ανοιξιότικες

καλλιέργειες, γιατί μέχρι την συγκομιδή της (τέλη άνοιξης-αρχές καλοκαιριού), εξαντλεί τα αποθέματα υγρασίας του εδάφους και κατά την εκρίζωση ολόκληρων φυτών, απομακρύνονται και οι ρίζες με τα φυμάτια (Δαλιάνης, 1993). Η συγκαλλιέργεια κριθαριού-ρόβης είναι αρκετά διαδεδομένη στις ημιξηρικές περιοχές της Μεσογείου (Turk, 1999). Το κριθάρι συμβάλει στην αύξηση της διαπερατότητας του φωτός στην φυτεία και στην διευκόλυνση της μηχανικής συγκομιδής των φυτών (Turk & Tawaha, 2002) με αποτέλεσμα η ρόβη να παράγει άχυρο υψηλής ποιότητας (Turk, 1999).

Η συγκομιδή μπορεί να πραγματοποιηθεί στο χέρι με εκρίζωση του φυτού, ή με την χρήση θεριζαλωνιστικών μηχανών των σιτηρών και εκτελείται στο χρονικό στάδιο κατά το οποίο τα φυτά έχουν ωριμάσει πλήρως και οι κατώτεροι λοβοί αρχίζουν να κιτρινίζουν. Παλαιότερα, όταν δεν υπήρχαν θεριζαλωνιστικές, γινόταν θερισμός ή συνηθέστερα εκρίζωση των φυτών λόγω σχετικά χαμηλού τελικού ύψους. Μια άλλη πρακτική ήταν η παραμονή των φυτών στο έδαφος, μεμονωμένα ή σε σειρές, μέχρι να ξεραθούν πλήρως και στη συνέχεια ακολουθούσε αλωνισμός. Ο χρόνος συγκομιδής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στην τελική παραγωγή του φυτού σε σπόρο όσο και στην ποιότητα του αχύρου. Καθυστερημένη συγκομιδή αυξάνει τις απώλειες σπόρου λόγω τινάγματος, ενώ πρόωμη συγκομιδή μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της βλαστικότητας των σπερμάτων (Samarah et al., 2003). Η απώλεια σπόρου από καθυστέρηση συγκομιδής μπορεί να προκληθεί και από προσβολές των φυτών από πουλιά. Για την αποφυγή απωλειών σπόρου, συνιστάται η διαδικασία να λαμβάνει χώρα κατά τις πρωινές ώρες. Για παραγωγή σανού και αχύρου, έχει αποδειχθεί ότι η άριστη ποιότητα επιτυγχάνεται, αν η συγκομιδή γίνει στο στάδιο πλήρους γεμίσματος των λοβών (Karlan et al. 2014).

1.1.7 Εχθροί και ασθένειες

Στη χώρα μας, λόγω των μικρών εκτάσεων που καταλαμβάνουν οι καλλιέργειες, οι αναφορές σε εχθρούς και ασθένειες της ρόβης είναι περιορισμένες. Μέχρι στιγμής, οι πιο σοβαροί εχθροί που έχουν καταγραφεί είναι ο βρούχος (*Bruchus spp.*) και τα πλατύφυλλα ζιζάνια, που αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για τις καλλιέργειες ψυχανθών. Στην Ισπανία έχουν καταγραφεί είδη *Bruchus* και νηματώδεις ως κύριοι εχθροί της ρόβης (Bellido 1994), ενώ στο Μαρόκο μεγαλύτερη βαρύτητα είχαν η Οροβάγχη (*Orobancha spp.*) και οι μαύρες αφίδες (Enneking et al., 1995). Οι εχθροί

και οι ασθένειες που έχουν καταγραφεί σε άλλα χειμερινά ψυχανθή, είναι πιθανό να αντιστοιχούν και στην καλλιέργεια της ρόβης. Από τους νηματώδεις που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές σε πολλές καλλιέργειες ψυχανθών έχουν αναφερθεί οι κυστώδεις νηματώδεις (*Heterodera spp.*) και οι κομπονηματώδεις (*Globodera spp.*) (Davis & Mitchum, 2005). Τα πλέον εξαπλωμένα είδη μαύρης αφίδας που αποτελούν σοβαρούς εχθρούς για τα ψυχανθή είναι το *Aphis fabae* Scopoli (μαύρη αφίδα των κουκιών), κυρίως για κουκί, λούπινο (Hansen et al. 2008; Philippi et al. 2015) και το *Aphis craccivora* Koch, κυρίως για κουκί και φακή (Nuessly et al. 2004; Stevenson et al. 2007).

Οι αφίδες αυτές, ως φορείς ιών, μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές έμμεσες ζημιές μεταδίδοντας ιούς όπως το Μωσαϊκό της σόγιας (Soybean mosaic virus, SbmV) στη σόγια (Halbert et al. 1981; Halbert et al. 1986), το κοινό Μωσαϊκό του φασολιού (Bean common mosaic virus, BCMV) στο κοινό φασόλι (Verma & Gupta, 2010) και στο μαυρομάτικο φασόλι (Yadav et al. 2010), το Μωσαϊκό της αγγουριάς (Cucumber mosaic virus, CMV) στο λούπινο (Bwye et al., 1997), ο Ιός του καρουλιάσματος των φύλλων του φασολιού (Bean leafroll virus, BLRV) στο κουκί (El-Beshehy & Azza, 2013) και ο αφιδομεταδιδόμενος Ιός του Μωσαϊκού (aphid-borne mosaic virus, CABMV) στο μαυρομάτικο φασόλι (Damiri et al. 2013).

Η αντιμετώπιση των πλατύφυλλων ζιζανίων και ιδίως της Οροβάγλης, αποτελεί μείζον ζήτημα για την προστασία της καλλιέργειας της ρόβης, λόγω της σταδιακής απόσυρσης πολλών ζιζανιοκτόνων που θα μπορούσαν να είναι αποτελεσματικά κατά των πλατύφυλλων ζιζανίων. Η χρήση πρώιμων ποικιλιών ή η πρώιμη σπορά, όπως προτείνεται από τον Abd El Moneim (1993) και τους Enneking et al. (1995) για την αποφυγή της έκθεσης του φυτού στην Οροβάγλη κατά το στάδιο της καρπόδεσης, μπορεί να εφαρμοστεί και στην περίπτωση που είναι πιθανή η προσβολή και από τους βρούχους ή τις αφίδες. Η χρήση ποικιλιών κουκιού με ενισχυμένη ανθεκτικότητα στις μαύρες αφίδες και η συγκαλλιέργεια με εαρινά σιτηρά έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία (Hansen et al. 2008; Béji et al. 2015).

1.1.8 Αποδόσεις

Οι εκτάσεις που καταλαμβάνει η καλλιέργεια της ρόβης στις χώρες της Μεσογείου είναι πολύ μικρές. Στην Ελλάδα, την δεκαετία του '90 η ρόβη καταλάμβανε κάθε χρόνο γύρω στα 16000 στρέμματα εκ των οποίων τα μισά καλλιεργούνταν για σανό

και τα άλλα μισά για καρπό. Οι εκτάσεις αυξήθηκαν από το 2010, φτάνοντας περίπου στα 42000 στρέμματα ετησίως (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2010). Στις χορτοδοτικές καλλιέργειες, οι αποδόσεις σε σανό είναι χαμηλές, κυμαινόμενες από 225 έως 300 κιλά ανά στρέμμα, (Δαλιάνης, 1993). Η απόδοση και η ποιότητα του σανού επηρεάζονται σημαντικά από το βιολογικό στάδιο στο οποίο θα γίνει η συγκομιδή, αλλά και από τον ίδιο το βιολογικό κύκλο του φυτού. Έχει αποδειχθεί ότι πρόωμη ανάδυση και μακρύτερη βλαστική περίοδος είναι ευνοϊκή για την παραγωγή αχύρου και σανού (J. D. Berger et al., 2002), ενώ αν η συγκομιδή γίνει κατά το στάδιο γεμίσματος των σπερμάτων, επιτυγχάνεται η άριστη ποιότητα αχύρου (Karlan et al. 2014). Στην Τουρκία, οι αποδόσεις σε σανό ορισμένων βελτιωμένων σειρών ρόβης κυμαίνονται από 887 έως 1443 κιλά ανά στρέμμα, αν η συγκομιδή γίνει κατά την περίοδο της άνθησης, ενώ είναι πολύ υψηλότερες (1229-1806 κιλά ανά στρέμμα) αν η συγκομιδή γίνει κατά το στάδιο γεμίσματος των σπερμάτων (Karlan et al. 2014). Οι αποδόσεις αυτές παρουσιάζουν διαφοροποίηση ανάμεσα στις σειρές. Στη Συρία, οι αποδόσεις σε άχυρο κυμαίνονται από 190 έως 400 κιλά ανά στρέμμα, ενώ οι αποδόσεις σε σανό είναι αγγίζουν 200-300 κιλά ανά στρέμμα (Moneim, 1993; Berger et al., 2002; Larbi et al., 2010).

Σε καρποδοτικές καλλιέργειες, η μέση στρεμματική απόδοση στην Ελλάδα κυμαίνεται από 90 έως 119 κιλά σπερμάτων ανά στρέμμα (Δαλιάνης 1993), ενώ η παραγωγή σε περιοχές με βροχοπτώσεις που φτάνουν τα 350-400 mm, μπορεί να φτάσει και τα 200 κιλά το στρέμμα. Οι αποδόσεις σε σπόρο, διαφοροποιούνται επίσης ανάλογα με τον βιολογικό κύκλο της ποικιλίας του φυτού. Ποικιλίες με πρόωμη ανάδυση, έχουν αυξημένη βλαστική περίοδο κατά την οποία συσσωρεύεται αρκετή βιομάζα που μπορεί να υποστηρίξει την παραγωγή σπόρου, ενώ η πρόωμη άνθηση συμβάλει στην αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεων κατά το αναπαραγωγικό στάδιο της ρόβης από την υπερβολική ξηρασία (Berger et al. 2002a). Στο όρος Rif του Μαρόκου, οι αποδόσεις των τοπικών ποικιλιών είναι χαμηλές, κυμαινόμενες στα 30 έως 80 κιλά ανά εκτάριο (Enneking et al. 1995), με δείκτη συγκομιδής 6,16%. Οι ποικιλίες αυτές όμως παρουσιάζουν παραλλακτικότητα ως προς τα παραγωγικά, μορφολογικά και φαινολογικά τους στοιχεία (El Fatehi et al., 2014). Στην Ισπανία, οι αποδόσεις σε σπόρο έχουν μεγαλύτερο εύρος, φτάνοντας τα 40 έως 220 κιλά σπερμάτων ανά στρέμμα και σε πειραματικές καλλιέργειες με βελτιωμένες σειρές οι αποδόσεις μπορούν να φτάσουν τα 160 – 300 κιλά ανά στρέμμα (Bellido 1994). Στους πειραματικούς αγρούς της ICARDA στη Συρία, οι αποδόσεις ορισμένων

βελτιωμένων σειρών ρόβης κυμαίνονται από τα 73 έως και τα 196 κιλά σπόρου ανά στρέμμα (Moneim 1993; Berger et al. 2002; Larbi et al. 2010). Η παραλλακτικότητα ανάμεσα στις διάφορες σειρές και ποικιλίες, καθιστά επιθυμητή και δυνατή την επιλογή για ποικιλίες με πρόωμη άνθηση και ωρίμανση, παράλληλα με την υψηλή τους αποδοτικότητα σε σπόρο και σανό (Moneim, 1993).

1.1.9 Χρήσεις

Από τα πολυάριθμα αρχαιολογικά ευρήματα σπερμάτων ρόβης που εντοπίστηκαν μαζί με σπόρους άλλων ψυχανθών και σιτηρών, των οποίων ήταν γνωστή η καλλιέργεια και χρήση τους για ανθρώπινη κατανάλωση, σε συνδυασμό με την έλλειψη εξημερωμένων ζώων σε ορισμένες από τις αρχαιολογικές τοποθεσίες των ευρημάτων αυτών, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η ρόβη χρησιμοποιούταν από το τέλος της Παλαιολιθικής και την αρχή της Νεολιθικής Περιόδου, ως τροφή για τον άνθρωπο. Μετά την εξημέρωση των ζώων όμως, σύντομα η χρήση της προορίστηκε κυρίως για τα ζώα, καθώς σταδιακά η σημασία της για την τροφή του ανθρώπου προσπεράστηκε από άλλα ψυχανθή και τα σιτηρά (Enneking & Miller, 2014). Τις πρώτες γραπτές αναφορές για την καλλιέργεια και τη χρήση της ρόβης στην διατροφή των ζώων τις συναντάμε στα κείμενα του Θεόφραστου (372-287/5 π.Χ.), όπου ήταν γνωστή με την ονομασία *όροβος*.

Στη σύγχρονη περίοδο, η φήμη και η χρήση της καλλιέργειας περιορίστηκε ακόμη περισσότερο, με σχεδόν αποκλειστικό της προορισμό την κτηνοτροφία (Fatehi et al., 2014). Έτσι, πλέον αποτελεί καλλιέργεια μικρής κλίμακας κυρίως για χώρες της Μεσογειακής λεκάνης και της Δυτικής και Κεντρικής Ασίας (Kinard, 2009) για παραγωγή σπόρου, σανού και αχύρου (Francis et al., 2000; Sadeghi et al. 2008; Abdullah et al. 2010). Ωστόσο, ανθρώπινη κατανάλωση στη σύγχρονη εποχή έχει καταγραφεί στις φτωχότερες οικονομικές τάξεις και σε περιόδους λιμού (Zohary et al. 2012).

Η περιεκτικότητα των σπερμάτων της ρόβης σε αντιθρεπτικούς παράγοντες είναι ο κύριος λόγος που υποβάθμισε την θρεπτική της αξία, ελαχιστοποίησε την χρήση της στην ανθρώπινη διατροφή και περιορίσε την χρήση της ακόμα και στην διατροφή των ζώων. Η γνώση αυτή υπήρχε από τους αρχαίους χρόνους, όπως φαίνεται σε γραπτά κείμενα του Πλινείου του Πρεσβυτέρου (23-79 μ.Χ.), όπου αναφέρεται ότι η κατανάλωση των σπερμάτων μπορεί να προκαλέσει εμετό,

κοιλιακές διαταραχές και ενοχλήσεις στο κεφάλι και στο στομάχι, ενώ η χορήγηση του σπόρου στα ζώα πρέπει να γίνει αφότου προηγηθεί μούλιασμα σε νερό για μερικές μέρες. Ο Θεόφραστος αναφέρει ότι η εαρινή σπορά της ρόβης, καθιστά τους σπόρους της λιγότερο ζημιογόνους και άπεπτους, από ότι η φθινοπωρινή σπορά. Την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, που ήταν περίοδος λιμού και τροφικής ανεπάρκειας για πολλές πληγείσες χώρες, όπως και η χώρα μας, οι λαϊκές τάξεις τρέφονταν με ρόβη, προς αντικατάσταση του ψωμιού. Τα σπέρματα έπρεπε να βράσουν και να ξεπλυθούν ορισμένες φορές ή να μουλιάσουν στο νερό για 36 ώρες, όπου μετά τους ξέραιναν στον ήλιο και μετά από άλεση παρήγαγαν αλεύρι με το οποίο ζύμωναν ψωμί (Enneking et al. 1995).

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με ιστορικές πηγές, μέχρι και το πρώτο μισό του 20^{ού} αιώνα, το άχυρο της ρόβης αποτελούσε τροφή υψηλής θρεπτικής αξίας για τα αιγοπρόβατα, τα σπέρματα χορηγούνταν στα βόδια και στις κότες, ενώ το αλεύρι του σπόρου χρησιμοποιούταν ως ζυμωτική ύλη στην αρτοποιία (Παπακώστα–Τασοπούλου, 2005). Η ρόβη εμφανίζεται και σε νεότερα, λαογραφικά κυρίως κείμενα, όπου βρίσκουμε αναφορές για την καλλιέργεια σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και την αξιοποίησή της στην κτηνοτροφία.

Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η φυτομάζα της ρόβης χρησιμοποιείται για βόσκηση από πρόβατα κατά τους πρώτους μήνες της άνοιξης (Moneim & Ryan, 2004; Haddad, 2006) ή επεξεργάζεται για παραγωγή σανού ή ενσιρώματος (Berhane & Eik, 2006). Τα σπέρματα χρησιμεύει ως πηγή πρωτεΐνης και ενέργειας σε σιτηρέσια μηρυκαστικών (Abdullah et al., 2010; Haddad, 2006), μονογαστρικών (Yalcin et al. 2003), και πουλερικών (Farran et al. 2005; Sadeghi et al. 2009). Τέλος, το άχυρο χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα πρωτεΐνης σε σιτηρέσια που έχουν ως βάση το άχυρο σιτηρών (López-Bellido et al. 1994). Πράγματι, η πρωτεΐνη των σπερμάτων της ρόβης κυμαίνεται από 20,1% έως και 32% και αποτελεί καλή πηγή μεταβολιστέας ενέργειας (13,57 MJ/Kg) και μεταλλικών στοιχείων (σίδηρος, χαλκός, φωσφόρος, κάλιο και χλώριο) (Pastor-Cavada et al., 2011). Η προσθήκη ποσότητας σπερμάτων ρόβης σε σιτηρέσια πουλερικών που προορίζονται για ωοπαραγωγή, είναι ικανή να αυξήσει το βάρος των αυγών (Mohammadi & Sadeghi, 2009), ενώ σε σιτηρέσια μηρυκαστικών ζώων που βρίσκονται σε κακή φυσική κατάσταση, βοηθά στην άμεση ανάκαμψή τους (Altuntas & Karadag, 2006).

Η πρωτεΐνη της ρόβης έχει ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή βρώσιμης/βιοδιασπώμενης μεμβράνης

(Arabestani et al., 2013; 2016; Porta et al., 2015). Οι μεμβράνες αυτές έχουν ως βάση πολυσακχαρίτες, πρωτεΐνες και λιπίδια και ως εκ τούτου βιοδιασπώνται σε μικρότερο χρονικό διάστημα από ότι οι πλαστικές μεμβράνες, προσφέροντας θετικό οικολογικό αντίκτυπο και μεγαλύτερης διάρκειας και αποτελεσματικότητας διατήρηση των τροφίμων. Σε παλαιότερη μελέτη είχε ανακαλυφθεί ένα είδος λεκτίνης στους σπόρους της ρόβης, πλούσιο σε όξινα και υδροξυλικά αμινοξέα, χωρίς θειούχα αμινοξέα (Fornstedt & Porath, 1975). Σε μεταγενέστερες αναλύσεις, βρέθηκε ότι η ρόβη είναι πλούσια σε όξινα αμινοξέα, όπως γλουταμινικό οξύ, ασπαρτικό οξύ, λυσίνη, αργινίνη και λευκίνη, ενώ έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θειούχα αμινοξέα όπως μεθειονίνη και κυστεΐνη (Pastor-Cavada et al., 2011). Τα στοιχεία αυτά, αποτελούν βασικούς παράγοντες για την παραγωγή πρωτεϊνούχων μεμβρανών με καλύτερες υδρόφοβες δυνατότητες (Arabestani et al., 2013).

Η χρήση της ρόβης στην ανθρώπινη υγεία έχει βρει εφαρμογές από τους προϊστορικούς χρόνους. Υπάρχουν αναφορές που παρουσιάζουν ότι τα σπέρματα ρόβης χρησιμοποιούνταν για δερματολογικές ασθένειες, εγκαύματα, βήχα, λέπρα, αιμορροΐδες, τσιμπήματα εντόμων, γαστρεντερικές διαταραχές, ενώ το έλαιο των σπερμάτων έχει τονωτικές ιδιότητες (Lev et al. 2005). Οι μελέτες αυτές βασίστηκαν σε πηγές από ιστορικά πρόσωπα, όπως τον φαρμακοποιό Ibn al-Baitar (1197-1248), τον ραββίνο Hayyim ben Joseph Vital (1542-1620), τον λόγιο Al Biruni (973-1048) και τον Πέρση φιλόσοφο Al Kindi (801-873). Για τον τελευταίο μάλιστα υπάρχει αναφορά που κάνει λόγο για χρήση της ρόβης για την θεραπεία καρκίνου (Ben-Arye et al., 2011). Η υπόθεση αυτή υποστηρίχτηκε και από τον John Riddle (1985), που μελετώντας τα κείμενα του Διοσκουρίδη κάνει λόγο για πιθανή αντικαρκινική δράση της ρόβης. Οι φαρμακευτικές ιδιότητες της ρόβης αναφέρονται ήδη από τον Πλινίο τον Πρεσβύτερο (23-79 μ.Χ.), που στις διασωθείσες αναφορές του, κάνει λόγο για περιθάλψη δερματικών παθήσεων, ακόμα και για τη χρήση της ως αντίδοτο για δηλητηριάσεις.

Σε αναλύσεις που έγιναν από τους Mirzaei et al. (2014) στο σπόρο και στο υπέργειο μέρος της ρόβης, βρέθηκε υψηλή περιεκτικότητα των σπερμάτων της ρόβης σε ολικές φαινολικές ουσίες (62,7-105 mg γαλλικού οξέος ανά γραμμάριο δείγματος) και των υπέργειων τμημάτων της σε φλαβονοειδή (22,1-43 mg ρουτίνη ανά γραμμάριο δείγματος). Τόσο τα σπέρματα όσο και τα τμήματα του υπέργειου μέρους χαρακτηρίστηκαν από υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα (TEAC και DPPH αντίστοιχα), τα τμήματα του υπέργειου μέρους είχαν υψηλότερα επίπεδα

αντιοξειδωτικής δράσης (FRAP). Αργότερα, οι Okba et al. (2017), με αναλύσεις εκχυλίσματος των σπερμάτων της ρόβης εντόπισαν ωφέλιμες για την υγεία του ανθρώπου χημικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές, σε πειράματα με ποντικούς, έδειξαν σημαντική αντιφλεγμονώδη δράση, υψηλή αντι-ελκογόνο δράση, σημαντική υπογλυκαιμική δράση και σημαντική μείωση επιπέδων γλυκόζης, τριγλυκεριδίων και χοληστερόλης στο αίμα. Τα αποτελέσματα, σύμφωνα με τους ίδιους είναι καθοριστικά για την ανάπτυξη μεθόδων αντιμετώπισης σοβαρών ασθενειών όπως ο διαβήτης, οι ρευματικές μυοσκελετικές διαταραχές, το έλκος κ.ά.

Το αγρονομικό δυναμικό της ρόβης, έγκειται και στην ευνοϊκή της δράση στις άλλες καλλιέργειες. Η χρήση της για χλωρή λίπανση και για εδαφοκάλυψη είναι γνωστή από την εποχή του Θεόφραστου, ο οποίος επισημαίνει την συγκαλλιέργεια της ρόβης με ραδίκια για την αντιμετώπιση της προσβολής από αραχνοειδή και αναγνωρίζει τη ρόβη μαζί με το ρεβύθι (όροβος και ερέβυνθος) ως τα πιο ανθεκτικά είδη ενάντια σε εχθρούς. Σήμερα, η ρόβη χρησιμοποιείται κυρίως ως χλωρή λίπανση και ως εδαφοκάλυψη για την βελτίωση της παραγωγικότητας του εδάφους και αύξηση των αποδόσεων των σιτηρών σε σπόρο (Christiansen et al. 2000; Jones & Singh 2000; Enneking & Miller 2014). Η συγκαλλιέργεια της ρόβης με το κριθάρι, ενισχύει την παραγωγικότητα και την ποιότητα του κριθαριού (Turk & Tawaha, 2002).

1.1.10 Γενετική – ποικιλίες της ρόβης

Η ρόβη είναι αυτογονιμοποιούμενο είδος (Zhang & Mosjidis, 1995, Zohary et al. 2012). Οι άγριες μορφές της χαρακτηρίζονται από ανάπτυξη ροζέτας και τίναγμα σπερμάτων, χαρακτηριστικό που ελέγχεται από δύο κυρίαρχα γονίδια (Enneking & Miller, 2014). Τόσο οι άγριες, όσο και οι καλλιεργούμενες μορφές είναι διπλοειδή είδη, αποτελούμενα από ίσο αριθμό βασικής σειράς χρωμοσωμάτων ($2n = 14$) που παρουσιάζουν τον ίδιο καρύοτυπο, ο οποίος αποτελείται από δύο ζεύγη μετακεντρικών, δύο ζεύγη υπομετακεντρικών, δύο ζεύγη αρκετά μακρών ακροκεντρικών και ένα ζεύγος μικρότερων ακροκεντρικών χρωμοσωμάτων. Οι διασταυρώσεις ανάμεσα στην άγρια και την καλλιεργούμενη μορφή δίνουν γόνιμα F1 υβρίδια (Ladizinsky & OSS, 1984). Εκτός από τις άγριες και καλλιεργούμενες, υπάρχουν και οι τοπικές ποικιλίες, και οι βελτιωμένες σειρές. Η πρώτη βελτιωμένη σειρά ρόβης, η O-4 αναπτύχθηκε από τους Panos et al. (1961) στην Ελλάδα, από

γενετικό υλικό που συλλέχθηκε την περίοδο του 1930 από διάφορες χώρες. Πιο πρόσφατα, στην Ισπανία δημιουργήθηκαν πέντε εμπορικές ποικιλίες: Huly, Taranto, Moro DA 5, Moro DA 131 και Moro DA 291 (Enneking & Miller, 2014).

Σύμφωνα με την βάση δεδομένων GENESYS που παρέχει πληροφορίες για τους φυσικούς πόρους όλων των καλλιεργειών παγκοσμίως, υπάρχουν συνολικά 2141 καταγεγραμμένες ποικιλίες ρόβης στον κόσμο, το 29,1% των οποίων αποτελούν οι τοπικοί πληθυσμοί (623 συνολικά). Οι βελτιωμένες ποικιλίες είναι μόλις 14, ενώ ένα μεγάλο μέρος καταλαμβάνουν οι άγριοι τύποι (137) και οι φυσικοί τύποι (59). Το γενετικό υλικό φυλάσσεται στις Γενετικές Τράπεζες της Ρωσίας, Συρίας, Αυστραλίας, Αρμενίας, Ελλάδας, Κύπρου, Ιταλίας, Η.Π.Α., Αλβανίας, Ισπανίας, Βουλγαρίας, Τουρκίας, Μαρόκου, Αιθιοπίας, Ουγγαρίας, Πορτογαλίας, Αζερμπαϊτζάν, Ισραήλ, Π.Γ.Δ.Μ., Ουκρανίας, Γερμανίας και Ηνωμένου Βασιλείου. Οι περισσότερες ποικιλίες φυλάσσονται στην Γενετική Τράπεζα του Ινστιτούτου Vavilon της Ρωσίας (N.I. Vavilon Research Institute of Plant Industry) και απαριθμούν στο 25,18% του συνόλου. Στην Ελλάδα, 183 ποικιλίες ρόβης φυλάσσονται στο Κέντρο Γεωργικής Έρευνας Βόρειας Ελλάδας του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ), που αποτελούνται από τοπικούς πληθυσμούς (79), βελτιωτικό υλικό (53), φυσικούς (1) και ημιφυσικούς (1) τύπους. Οι τοπικοί πληθυσμοί αλλά και όλοι οι τύποι ποικιλιών παγκοσμίως είναι κυρίως Ισπανικής, Ελληνικής, Τουρκικής και Συριακής καταγωγής.

1.1.11 Η σημασία των τοπικών πληθυσμών

Ο όρος *τοπική ποικιλία* (landrace) δόθηκε πρώτη φορά το 1908 από τον von Rumker για τις ποικιλίες που εξελίχθηκαν μόνες τους στην σημερινή τους κατάσταση, χωρίς την επίδραση της επιλογής. Συνώνυμα της τοπικής ποικιλίας είναι ο *τοπικός πληθυσμός*, *εγχώριος πληθυσμός*, *παραδοσιακή ποικιλία* και *πληθυσμός παραδοσιακής καλλιέργειας*. Στην πάροδο των χρόνων και ενώ η βιολογική κατάσταση των νέων ποικιλιών ήταν επίκεντρο ερευνών και συζήτησης, δόθηκε νέος πιο αναλυτικός όρος από τον Zeven (1998), σύμφωνα με τον οποίο η αυτόχθονος τοπική ποικιλία έχει υψηλή ικανότητα να ανταποκρίνεται σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, και χαρακτηρίζεται συνεπώς από μέσο επίπεδο αποδόσεων υψηλής σταθερότητας, στα πλαίσια μιας γεωργικής πρακτικής χαμηλών εισροών.

Η μελέτη της τοπικής ποικιλίας συνεχίζεται μέχρι και σήμερα, με την τοποθέτηση νέων ορισμών, από τις όλο και περισσότερες πληροφορίες που συλλέγουμε. Οι ορισμοί αυτοί συμφωνούν σε μερικά από τα πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά της τοπικής ποικιλίας, τα οποία είναι η γενετικά ετερογενής καλλιεργούμενη ποικιλία, με υψηλή γενετική και φαινοτυπική παραλλακτικότητα, που είναι εξελιγμένη ή εξελισσόμενη σε συγκεκριμένη οικο-γεωγραφική τοποθεσία με ή χωρίς επιλογή, με τις παραδοσιακές γεωργικές πρακτικές του αγρότη και είναι επομένως προσαρμοσμένη στις τοπικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες και στις τοπικές παραδοσιακές πρακτικές (Casañas et al., 2017). Επομένως, όπως είχε επισημάνει και ο Harlan (1975), η παραλλακτικότητα που εμφανίζουν οι τοπικοί πληθυσμοί δεν είναι τυχαία, καθώς προκύπτει από τις επιμέρους προσαρμογές στις ιδιαίτερες συνθήκες εντός του περιβάλλοντος ανάπτυξης.

Σε ειδικότερο επίπεδο, όπως τονίζει ο Harlan, οι γονότυποι που απαρτίζουν έναν τοπικό πληθυσμό παρουσιάζουν διαφοροποιημένη αντίδραση σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις λόγω της ενδοπληθυσμιακής παραλλακτικότητας που εμφανίζει ο πληθυσμός ως προς την άμυνά του στις καταπονήσεις αυτές (Harlan, 1992). Κατά συνέπεια, ο τοπικός πληθυσμός να μπορεί να αμυνθεί στις διάφορες φυλές των παθογόνων και σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Έτσι, παρεμποδίζεται και η αύξηση μιας κυρίαρχης φυλής παθογόνου σε επίπεδα που οδηγούν σε επιδημία, αφού πάντοτε υπάρχουν ανθεκτικά φυτά εντός του τοπικού πληθυσμού. Φαίνεται λοιπόν ότι εν πολλοίς, η ετερογένεια ενός πληθυσμού είναι άμεσα συνδεδεμένη με την προσαρμοστικότητά του (Harlan, 1992) (Tesemma & Bechere, 1998) (Cooper & Poinar, 2000). Επιπλέον, οι τοπικοί πληθυσμοί χαρακτηρίζονται από χαμηλές μεν, αλλά σταθερές αποδόσεις, κυρίως λόγω της προσαρμογής τους στις συχνά μη εξελιγμένες τεχνικές της παραδοσιακής γεωργίας (προετοιμασίας εδάφους, σποράς, ζιζανιοκτονίας και συγκομιδής). Ως εκ τούτου, έχουν ικανοποιητική ανάπτυξη με χαμηλές εισροές λίπανσης και φυτοπροστασίας, αφενός λόγω της προσαρμοστικότητάς τους και αφετέρου λόγω της χαμηλής παραγωγικότητάς τους. Άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των τοπικών πληθυσμών είναι η καθορισμένη γενετική τους ακεραιότητα. Είναι αναγνωρίσιμοι μορφολογικά και ο καθένας εκδηλώνει ειδικευμένη προσαρμογή στον τύπο εδάφους, χρόνο σποράς, εποχή ωρίμανσης, διατροφική αξία, χρήση και άλλες ιδιότητες.

Οι τοπικοί πληθυσμοί αποτελούν σημαντικό φυτογενετικό πόρο για κάθε περιοχή και είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι δεν έχουν υποστεί τεχνητή επιλογή

από βελτιωτικά προγράμματα (Esquinas-Alcazar, 1993), αλλά έχουν προκύψει από έναν μακροχρόνιο συνδυασμό φυσικής και τεχνητής επιλογής. Η τεχνητή επιλογή στην προκειμένη περίπτωση διεξάγεται από τους αγρότες που καλλιεργούν τους πληθυσμούς, με διατήρηση του σπόρου των φυτών που κατά την κρίση τους είχαν τις πιο επιθυμητές επιδόσεις. Η επίδραση των αγροτών στους εγχώριους πληθυσμούς μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά την συχνότητα εμφάνισης ορισμένων αλληλομόρφων, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε αύξηση ή μείωση της ετερογένειας (Zeven, 2002). Η διατήρηση των τοπικών πληθυσμών κληροδοτείται από γενιά σε γενιά αγροτών και η καλλιέργειά τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την κοινωνικό και πολιτιστικό χαρακτήρα του τόπου όπου καλλιεργούνται, μέσω της παρασκευής παραδοσιακών φαγητών και άλλων τοπικών προϊόντων. Ο τοπικός πληθυσμός λοιπόν, μπορεί να αποτελέσει τμήμα της πολιτιστικής κληρονομιάς μιας περιοχής ή χώρας, όπως εύστοχα επισημαίνει και ο Zeven (1998).

Από τον 19^ο αιώνα, όπου ξεκίνησε η εφαρμογή της επιστήμης της βελτίωσης των φυτών, ξεκίνησε σταδιακά η συνεχής και σχεδόν εξ' ολοκλήρου αντικατάσταση των τοπικών πληθυσμών από τις σύγχρονες βελτιωμένες ποικιλίες (Harlan, 1975). Η ταχύτατη εξάπλωση των βελτιωμένων ποικιλιών έναντι των τοπικών πληθυσμών, αυξάνει τον κίνδυνο γενετικής διάβρωσης των δεύτερων (Vida, 1994). Οι συνέπειες μιας γενετικής διάβρωσης βρίσκονται στον περιορισμό του γενετικού αποθέματος που είναι χρήσιμος σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης για χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την προσαρμοστικότητα και την ανθεκτικότητα σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, καθώς και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, γενετική διάβρωση ενός τοπικού πληθυσμού, επιφέρει και τη μεταβολή των οικοσυστημικών υπηρεσιών που συντηρούσε, καθώς και την απώλεια της παραδοσιακής καλλιεργητικής τεχνικής που σχετίζεται με αυτόν και αποτελούσε σημαντικό στοιχείο πολιτισμού του τόπου απ' τον οποίο προέρχεται.

Τα οφέλη των τοπικών πληθυσμών και οι κίνδυνοι γενετικής διάβρωσής τους, έχουν προσελκύσει το ερευνητικό ενδιαφέρον για τη μελέτη και διατήρηση των τοπικών πληθυσμών, με συντονισμό των προσπαθειών για συλλογή και διατήρηση φυτογενετικών πόρων (Hintum et al., 2000). Οι προσπάθειες αυτές αφορούν είδη που χρησιμοποιούνται είτε άμεσα στη γεωργία είτε ως πηγές γονιδίων σε βελτιωτικά προγράμματα. Στην πράξη, η διατήρηση και η εκμετάλλευση των τοπικών πληθυσμών προϋποθέτουν τη μελέτη της δομής της γενετικής παραλλακτικότητάς τους (Hintum & Visser, 1995), με την βοήθεια της οποίας θα συσταθεί κατάλογος

στον οποίο θα υπάρχουν πληροφορίες περιγραφής των πληθυσμών αυτών (Villa et al., 2005). Η γνώση και ταυτοποίηση της γενετικής παραλλακτικότητας και των γενετικών σχέσεων μεταξύ των τοπικών πληθυσμών, αποτελούν θεμέλιο για την διεξαγωγή προγραμμάτων τόσο βελτίωσης των φυτών όσο και διατήρησης των φυτογενετικών πόρων (Scippa et al., 2008).

1.2 Αλληλεπίδραση φυτού – επικονιαστή

1.2.1 Γενικά στοιχεία

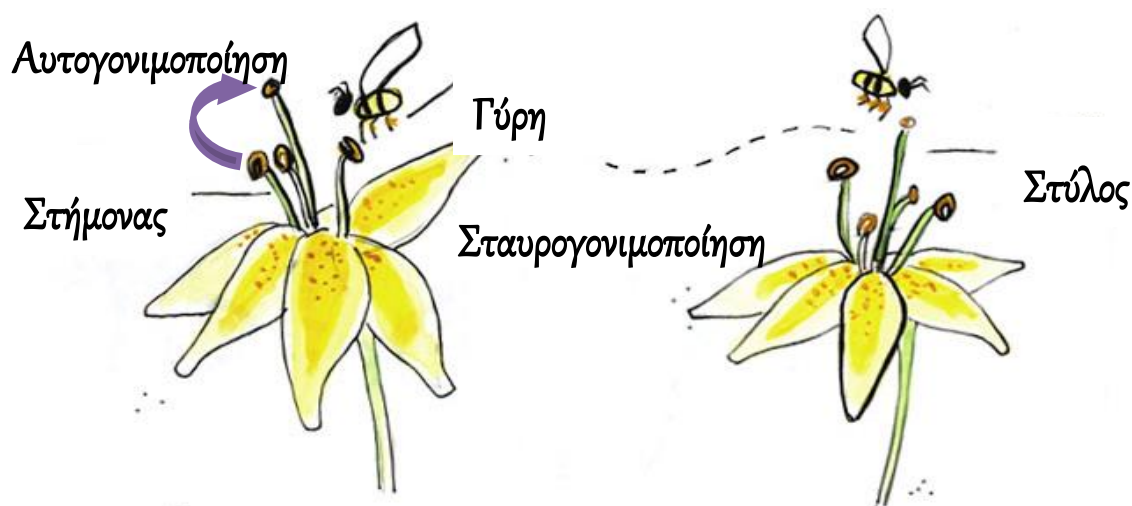
Ο όρος επικονίαση αναφέρεται στην απελευθέρωση και μεταφορά της γύρης από τους στήμονες ενός άνθους στο στίγμα του ιδίου ή άλλου άνθους του ιδίου ή άλλου ατόμου φυτού. Στην περίπτωση που η γύρη μεταφέρεται στο στίγμα του ιδίου ή άλλου άνθους στο ίδιο φυτό, τότε αναφερόμαστε σε **αυτο-επικονίαση** και εντέλει **αυτογονιμοποίηση** του φυτού. Η μεταφορά της γύρης στο στίγμα άνθους άλλου ατόμου προκαλεί την **σταυρο-επικονίαση** και εντέλει την **σταυρογονιμοποίηση** του φυτού.

Η επικονίαση αποτελεί το πρώτο και εξαιρετικά σημαντικό στάδιο της διαδικασίας της αναπαραγωγής των φυτών, καθώς χωρίς την πραγματοποίησή της, δεν είναι δυνατή η γονιμοποίηση και κατά συνέπεια η διαίωσιση και επιβίωση του είδους. Δεν είναι όμως μόνο τα ζητήματα επιβίωσης που κάνουν την επικονίαση καθοριστική στο βιολογικό κύκλο των φυτών, αλλά και η διασπορά και η επίτευξη και διατήρηση ενός ποσοστού γενετικής παραλλακτικότητας των πληθυσμών του είδους. Το κάθε φυτό αποκτά επαφή με άλλα άτομα του πληθυσμού του και τα γονίδια αναδιανέμονται για μια καινούρια γενιά, συντελώντας στην επίτευξη μιας γενετικής ποικιλομορφίας που αποτελεί σημείο εκκίνησης στην εξελικτική διαδικασία.

Οι κυριότεροι τρόποι επικονίασης των φυτών είναι ο άνεμος (ανεμόφιλα), τα πουλιά και τα έντομα (εντομόφιλα). Τόσο η γύρη όσο και όλη η δομή του άνθους, προσαρμόζονται στον τρόπο μεταφοράς της γύρης. Τα ανεμόφιλα φυτά, έχουν μικρά, άχρωμα, άοσμα, σχεδόν αφανή άνθη, ενώ η γύρη που παράγουν αποτελείται από μικρούς σε μέγεθος και βάρος αλλά άφθονους γυρεόκοκκους, ώστε να εξασφαλιστεί

η μεταφορά τους με τον άνεμο στα υπόλοιπα άνθη των γύρω ατόμων. Με ειδικές παγίδες γύρης έχει υπολογιστεί ότι, σε οικοσυστήματα όπου κυριαρχούν ανεμόφιλα φυτά, 300 εκατομμύρια γυρεοκόκκων προσγειώνονται κάθε χρόνο ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας, ενώ με τον άνεμο μπορούν να εξαπλωθούν σε εμβέλεια δεκάδων μέτρων, έως και τα 4.5 χλμ. (Hofmann et al. 2014). Ανεμόφιλα είδη απαντώνται σε όλες τις οικογένειες των φυτών, ενώ στα Κωνοφόρα (Συνομοταξ.: *Pinophyta*) και τα Αγρωστώδη (Οικ.: *Gramineae*) κάποια είναι ανεμόφιλα και κάποια είναι κλειστόγαμα, δηλαδή έχουν διαμορφώσει μηχανισμό αυτογονιμοποίησης.

Στα εντομόφιλα φυτά, η μεταφορά γύρης εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τα έντομα. Για να είναι επιτυχής η μεταφορά αυτή, τα άνθη παράγουν νέκταρ και γύρη υψηλής θρεπτικής αξίας και διαθέτουν μορφολογία με ανάλογες προσαρμογές ώστε να προσελκύσουν τα έντομα που θα είναι χρήσιμα για την επικονίασή τους. Τα έντομα προσελκύονται από τις πτητικές ουσίες, το χρώμα και το σχήμα του άνθους και πλησιάζουν ώστε να τραφούν από τη γύρη και το νέκταρ που τους προσφέρει. Το άνθος όμως έχει τέτοια κατασκευή ώστε το έντομο κατά την είσοδο και έξοδο του από αυτό να αναγκαστεί να ακουμπήσει τους στήμονες. Με αυτόν τον τρόπο, η γύρη του άνθους που είναι βαριά και κολλώδης σε αυτού του τύπου τα φυτά, προσκολλάται πάνω στις τρίχες του εντόμου (Meeuse, 1961). Κατά την επίσκεψή του σε άλλο άνθος, το έντομο θα μεταφέρει τη γύρη, την οποία θα εναποθέσει στο στύλο και θα ολοκληρωθεί το στάδιο της επικονίασης για να επέλθει το στάδιο της γονιμοποίησης.



Εικόνα 1.3. Απεικόνιση της αυτο- και σταυρο-γονιμοποίησης. Σχέδιο εικόνας από Ashley Barlow (*Cross Pollination, Help a honey bee out.* www.tootieanddots.com)

Η επικονίαση δεν είναι μια απλή διαδικασία, όπως ενδεχομένως να φαίνεται εκ πρώτης όψεως. Πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν, ότι τόσο οι μορφολογικοί χαρακτήρες του άνθους των φυτών όσο και του σώματος των εντόμων που λειτουργούν ως επικονιαστές, έχουν υποστεί τις ίδιες επιλεκτικές πιέσεις και συνεξελίχθηκαν μέσα στους αιώνες, ώστε να ταιριάζουν στην επιτελούμενη λειτουργία. Οι κλασικές θεωρίες της εξέλιξης θεωρούν την συμπεριφορά των επικονιαστών ως έναν από τους σημαντικότερους μηχανισμούς για την εξέλιξη και διαμόρφωση των φυτικών ειδών. Τα απολιθωμένα ευρήματα δίνουν την ευκαιρία να γίνει σε βάθος διερεύνηση των παραγόντων εκείνων που μαζί με την παράλληλη εξέλιξη των εντόμων, και κυρίως των μελισσών, βοήθησαν στην κυριαρχία των ανθοφόρων φυτών.

Εντομόφιλα είναι όλα τα είδη που έχουν φανερά ανθικά μέρη (πέταλα). Τα είδη των εντόμων που είναι χρήσιμα για την επικονίαση των φυτών ανήκουν κυρίως στις τάξεις Υμενόπτερα, Λεπιδόπτερα, Κολεόπτερα, Θυσανόπτερα και Δίπτερα. Τα πιο σπουδαία είδη όμως είναι οι μέλισσες (Apoidea), δηλαδή όσα ανοίκουν στην υπεροικογένεια Apoidea που περιλαμβάνει τις μελιτοφόρες μέλισσες (*A. mellifera* L.), τους βομβίνους (*Bombus spp.*) και πλήθος μοναχικών μελισσών που παίζουν τον κυριότερο ρόλο στην επιτέλεση του οικολογικού έργου της επικονίασης.

1.2.2 Ιστορικά στοιχεία

Τα πρώτα φυτά που εξαπλώθηκαν στη Γη ήταν τα Γυμνόσπερμα (με κύριους αντιπροσώπους τα Κωνοφόρα) και τα Πτεριδόφυτα. Χρειάστηκε να περάσουν αρκετά εκατομμύρια χρόνια μέχρι να εμφανιστούν τα Αγγειόσπερμα (Ανθόφυτα) κατά την Κρητιδική περίοδο, δηλαδή πριν από περίπου 135 εκατ. χρόνια (Barrett & Willis, 2001). Η εμφάνιση των Αγγειοσπέρμων βασίστηκε σε δύο μεγάλες υποθέσεις: Στην πρώτη αναφέρεται ότι καθοριστικό παράγοντα είχαν οι δεινόσαυροι, καθώς συμπίπτουν χρονικά η εμφάνιση των Ανθοφύτων με μια αλλαγή στη μορφή και τις τροφικές συνήθειες των φυτοφάγων δεινοσαύρων (Bakker, 1978). Με τις αλλαγές αυτές μειώθηκαν οι πληθυσμοί των Κωνοφόρων και Πτεριδοφύτων, δίνοντας χώρο στην εξάπλωση των Ανθοφύτων που είχαν μικρό αλλά ταχύ βιολογικό κύκλο και άρα ταχεία αναπαραγωγή. Η δεύτερη υπόθεση συσχετίζει την εμφάνιση και εξάπλωση των Ανθοφύτων με την εμφάνιση των εντόμων που ενεπλάκησαν στην επικονιάσή τους. Η παρουσία ανθέων ευνόησε τα συγκεκριμένα είδη εντόμων και με τη σειρά τους ευνόησαν την εξάπλωση και διαφοροποίηση των Ανθοφύτων (Barrett & Willis,

2001; Berendse & Scheffer, 2009; Mulcahy, 1979; Regal, 1977), λαμβάνοντας μέρος σε μία συνεξέλιξη που θα σφραγίσει την σχέση φυτών-εντόμων για τους επόμενους αιώνες.

Καμία από τις δύο υποθέσεις δεν έχει επισήμως επικρατήσει λόγω ανεπάρκειας αποδεικτικών στοιχείων. Ωστόσο, στηριζόμενες στην δεύτερη υπόθεση και στην πρωτοφανή σχέση αλληλεξάρτησης των Ανθοφύτων με τα έντομα, αρκετές μελέτες διεξάγονται πάνω σε ορυκτά δείγματα εντόμων και φυτών από την Ιουρασική και Κρητιδική περίοδο (Labandeira, 1994; Labandeira, Wilf et al. 2007; Peñalver et al., 2012; Peris et al., 2017). Τα ευρήματα των μελετών αυτών υποστηρίζουν ότι οι σχέσεις φυτού-εντόμου που συντελούσαν σε επικονίαση, προϋπήρχαν των Ανθοφύτων, καταγράφοντας τέσσερα συστήματα επικονίασης των Γυμνόσπερμων φυτών. Κατά το μακρύ διάστημα μετάβασης που σημειώθηκε στην Ύστερη Κρητιδική περίοδο, κάποια είδη Γυμνοφύτων εξαφανίστηκαν και σημειώθηκε η απότομη εμφάνιση των Ανθοφύτων με εξελιγμένα συστήματα επικονίασης που ήταν περισσότερο αποτελεσματικά. Τα έντομα με μορφολογία ειδικευμένη σε κάποιο από τα προηγούμενα συστήματα επικονίασης αφανίστηκαν, ενώ όσα είχαν την ικανότητα να επικονιάζουν ευρύ φάσμα ειδών επιβίωσαν και διαφοροποιήθηκαν έως τις μορφές που συναντάμε και σήμερα (Peris et al., 2017).

Οι μέλισσες είναι μερικά από τα είδη που διαφοροποιήθηκαν σημαντικά κατά τη μετάβαση αυτή και με τη σειρά τους συνέβαλαν ενεργά στην μετέπειτα εξάπλωση και επικράτηση των Αγγειοσπέρμων φυτών (Michener & Grimaldi, 1988; Poinar & Danforth, 2006).

1.2.3 Η σημασία της ζωικής επικονίασης στα καλλιεργούμενα και αυτοφυή φυτά

Η αδιαμφισβήτητη μακροχρόνια αλληλεπίδραση φυτών-επικονιαστών υπήρξε αντικείμενο μελέτης για αρκετά χρόνια. Πολυάριθμες προσπάθειες έχουν γίνει για να εκτιμηθεί η προσφορά των επικονιαστών στα φυτά σε παγκόσμιο επίπεδο. Η εκτίμηση αυτή επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους, επομένως για να την κατανοήσουμε χρειάζεται να ληφθούν κάποια ποσοτικά στοιχεία που να περιγράφουν έστω κατά προσέγγιση τα πολλαπλά οφέλη της επικονίασης. Η αύξηση αποδόσεων, η βελτιωμένη ποιότητα και παραγωγή (Steffan-Dewenter et al., 2005; Bommarco et al., 2012; Klatt et al., 2014) και θρεπτική αξία καρπών και σπερμάτων (Eilers et al., 2011;

Ellis et al., 2015), η ποικιλότητα της αυτοφυούς βλάστησης και η διατήρηση της βιολογικής ισορροπίας (Palmer et al. 2009; Suso & Del Río, 2015) είναι μερικά μόνο από τα οφέλη αυτά.

Από τους πρώτους ερευνητές που μελέτησαν τα οφέλη που προσφέρουν οι επικονιαστές στα καλλιεργούμενα φυτά ήταν ο McGregor που δήλωσε το 1976 (McGregor, 1976) ότι η ζωική επικονίαση είναι σημαντική για την εγγενή αναπαραγωγή των φυτών, και ότι το 1/3 της τροφής του ανθρώπου, συμπεριλαμβανομένων και των προϊόντων ζωικής προέλευσης στις ΗΠΑ, το καταλαμβάνουν καλλιέργειες που επικονιάζονται από μέλισσες. Την άποψη συμμερίστηκαν και άλλοι μεταγενέστεροι ερευνητές (Watanabe, 1994; Williams, 1994; Buchmann & Nabhan, 1996; Kearns et al., 1998; Klein et al., 2007; Aizen & Harder, 2009; Gallai et al., 2009; Ollerton et al., 2011) υποστηρίζοντας ότι στο σύνολο των υπό μελέτη καλλιεργειών, αλλά και αυτοφυών φυτών πάνω από το 50% επηρεάζεται θετικά από τη ζωική επικονίαση.

Στην Ευρώπη το 84% ενός συνόλου σημαντικών καλλιεργειών (n=264), εξαρτάται έστω κατά το ελάχιστο από τη ζωική επικονίαση (Williams, 1994), ενώ εξαιρετικά υψηλά ποσοστά (70% έως και 94%) των τροπικών καλλιεργειών περιλαμβάνουν τουλάχιστον μία ποικιλία που εξαρτάται από τους επικονιαστές (Roubik 1995; Ollerton et al. 2011). Περίπου 75% των 115 πιο παραγωγικών καλλιεργειών παγκοσμίως, επωφελούνται από την ζωική επικονίαση, κυρίως των μελισσών με υψηλότερες αποδόσεις (Klein et al., 2007). Καλλιέργειες όπως η καρύδα (*Cocos nucifera* L.), το καρπούζι (*Cucumis melo* L.), τα κολοκυνθοειδή (*Cucurbita spp.*), το κακάο (*Theobroma cacao* L.), η βανίλια (*Vanilla planifolia* L.), το μάνγκο (*Magnifera indica* L.), τα μύρτιλα (*Cyanococcus spp.*), η κερασιά (*Prunus spp.*), η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) κ.ά. εξαρτώνται από την ζωική επικονίαση σε πολύ μεγάλο βαθμό (Garibaldi et al. 2011; Garibaldi et al., 2013; Greenleaf & Kremen, 2006a; Pfister et al. 2017). Η ήμερη μέλισσα (*Apis mellifera* L.) θεωρείται ο πιο πολύτιμος οικονομικά επικονιαστής παγκοσμίως για τις μεγάλες καλλιέργειες (McGregor, 1976; Watanabe, 1994) και οι αποδόσεις σε καρπό, σπόρο και ξηρό καρπό θα μειώνονταν κατά πάνω από 90% χωρίς την προσφορά της (Southwick & Southwick Jr, 1992).

Οι εκτιμήσεις αυτές τέθηκαν υπό αμφισβήτηση από ορισμένους μεταγενέστερους ερευνητές, θεωρώντας ότι τα δεδομένα στα οποία βασίστηκαν, δεν επαρκούν για να επαληθευτεί η βαρύτητα των αρνητικών επιπτώσεων μιας

επικείμενης έλλειψης επικονιαστών στις αποδόσεις των καλλιεργειών (Ghazoul, 2005; Richards, 2001). Επιπλέον, οι κατά προσέγγιση προβλέψεις της ποσοστιαίας συμβολής των επικονιαστών στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών, μπορεί να είναι παραπλανητικές γιατί δεν μελετήθηκαν τα πραγματικά επίπεδα εξάρτησης της κάθε καλλιέργειας από τη ζωική επικονίαση ούτε η σημασία της καλλιέργειας για τον καταναλωτή (ποιότητα και τιμή προϊόντος) (Bartomeus et al., 2014; Klein et al., 2007).

Το μεγαλύτερο μέρος της διατροφής του ανθρώπου περιλαμβάνει προϊόντα που προέρχονται από καλλιέργειες που δεν επικονιάζονται από έντομα/ζώα (Ghazoul, 2005; Richards, 2001), αλλά είναι είτε αυτογονιμοποιούμενα ή ανεμόφιλα (π.χ. σιτηρά) ή βασίζονται κυρίως στον αγενή πολλαπλασιασμό (π.χ. πατάτα, καρότο και άλλα λαχανικά). Σε εκτενέστερη ανάλυση δεδομένων, όπου συνυπολογίζονταν τα επίπεδα εξάρτησης της κάθε καλλιέργειας στους επικονιαστές και οι συνέπειες της αρνητικής επίδρασης της απουσίας επικονιαστών, βρέθηκε ότι εκ του ποσοστού των καλλιεργειών που επηρεάζονται από την ζωική επικονίαση, περίπου το 10% εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από επικονιαστές (Aizen et al. 2009; Klein et al., 2007). Το ποσοστό αυτό συγκαταλέγεται στο 2% της παγκόσμιας τροφής του ανθρώπου. Με βάση τα δεδομένα αυτά, υπολογίστηκε ότι το ενδεχόμενο μηδενικής δραστηριότητας επικονιαστών, θα μηδένιζε και την παραγωγή του 5 – 8% (Aizen et al., 2009) και 9,5% (Gallai et al., 2009) της παγκόσμιας τροφής. Τα αποτελέσματα αυτά, δύνανται να υποστηρίξουν την άποψη ότι μια ενδεχόμενη 'κρίση επικονιαστών' δεν θα επιφέρει τις παγκόσμιας κλίμακας καταστρεπτικές συνέπειες που παρουσίαζαν κατά προσέγγιση προγενέστεροι μελετητές.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι οι εν λόγω μετρήσεις αντιστοιχούν σε αποδόσεις των καλλιεργειών σε τόννους και επομένως απεικονίζουν μια ποσοτική εκτίμηση του φαινομένου, δηλαδή μόνο ένα μέρος του. Δεν περιγράφουν σε καμιά περίπτωση άλλες προοπτικές που επωφελούν την σχέση φυτών-επικονιαστών. Στην ίδια μελέτη, οι Aizen et al. (2009) επισημαίνουν ότι η κάθε καλλιέργεια έχει οικονομικές και θρεπτικές αξίες που ποικίλλουν μάλιστα από χώρα σε χώρα και που δεν παρουσιάζονται σωστά μόνο από την παγκόσμια ποσοτική εκτίμηση της παραγωγής. Οι Gallai et al. (2009), αναφέρουν ότι στην Ανατολική Ασία παράγεται το 52% της παγκόσμιας παραγωγής λαχανικών, και η απουσία επικονιαστών θα επιβάρυνε την παραγωγή τους κατά 15%, ενώ οι εκτιμήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο είναι 12%. Παρομοίως, στην Δυτική Αφρική όπου παράγεται

καφές και κακάο, που εξαρτώνται από τους επικονιαστές, η απώλεια θα επέφερε ζημιές έως και 90%. Φαίνεται λοιπόν ότι η ευαισθησία ορισμένων καλλιεργειών από την απώλεια επικονιαστών επιφέρει άμεσες συνέπειες στην χώρα ή τόπο παραγωγής τους, κι έπειτα σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς θα επηρεαζόταν αρνητικά η διαμόρφωση της τιμής στην πασκόσμια αγορά (Gallai et al., 2009). Η επιρροή αυτή λοιπόν δεν αφορά μόνο την παραγωγή τροφής αυτή καθ' αυτή, αλλά και τις οικονομικές επιπτώσεις από την έλλειψη της τροφής αυτής, που δεν θα αφήσει ανέπαφες τις υπόλοιπες τροφές της αγοράς.

Η σχέση επικονιαστών-φυτών δεν αφορά μόνο τις αποδόσεις σε τόνους παραγόμενου προϊόντος, αλλά και στην ποιότητά του. Δεν αφορά το άμεσο όφελος της αυξημένης παγκόσμιας παραγωγής μιας καλλιέργειας μεγάλης βαρύτητας, αλλά και το όφελος αυξημένης παραγωγής και ποιότητας πολλαπλών άλλων καλλιεργειών στις χώρες παραγωγής τους, που συμβάλλουν κατά σημαντικό ποσοστό στην τοπική τροφή των ανθρώπων και την τοπική οικονομία της χώρας τους. Αφορά και το έμμεσο όφελος ενός ισορροπημένου οικοσυστήματος στην ευημερία του ανθρώπου. Θα ήταν επομένως παραπλανητικό να συμπεραίναμε ότι υπό συνθήκες μείωσης των επικονιαστών, οι επιπτώσεις στις καλλιέργειες θα ήταν περιορισμένες, ακόμα και σε παγκόσμια κλίμακα. Για το λόγο αυτό, η χρήση φυτών των υπό μελέτη καλλιεργειών, απομονωμένων από επικονιαστές και η μελέτη των αποδόσεών τους, είναι ένας βελτιωμένος τρόπος εκτίμησης της πραγματικής προσφοράς των επικονιαστών στις καλλιέργειες (Bartomeus et al., 2014).

Υπάρχουν μελέτες που τονίζουν την ανωτερότητα σε ποιότητα προϊόντος από εντομο-επικονιαζόμενο φυτό. Οι Klatt et al. (2014), υπολόγισαν ότι η επικονίαση ποικιλιών φράουλας από ήμερες και άγριες μέλισσες συνέβαλε στην αύξηση της εμπορικής τους αξίας κατά 38,6%, συμβάλλοντας έτσι στο ποσό των 1,12 δις δολλαρίων στο σύνολο των 2,9 δις με την πώληση 1,5 εκατ. τόνων προϊόντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2009. Επιπλέον, η επικονίαση από τις μέλισσες συνέβαλε στην βελτίωση της μετασυλλεκτικής ικανότητας της φράουλας, αυξάνοντας την μετασυλλεκτική ζωή των φρούτων κατά 12 ώρες σε σχέση με τα προϊόντα που προέρχονται από επικονίαση ανέμου, και κατά 26 ώρες σε σχέση με τα προϊόντα που προέρχονται από αυτοεπικονίαση. Το όφελος αυτής της βελτίωσης κοστολογήθηκε ως προς την εμπορική αξία της φράουλας στα 0,32 δις δολάρια. Στο βαμβάκι (*Gossypium spp.*) και στο σουσάμι (*Sesamum spp.*), που η παραγωγή τους στηρίζεται μεταξύ άλλων, την τοπική οικονομία πολλών χωρών και περιοχών της

νοτιοανατολικής Ασίας και της Αφρικής, η επικονίαση από μέλισσες ενισχύει την ποιότητα της παραγωγής αυξάνοντας την καρπόδεση, το βάρος του σπόρου και το βάρος της ίνας στην περίπτωση του βαμβακιού, κατά ποσοστά που κυμαίνονται μεταξύ 32,36% έως και 48,73% (Stein et al., 2017). Ο αποκλεισμός των επικονιαστών επέφερε μείωση του βάρους της ίνας κατά 33%, στοιχείο που αποδεικνύει ότι η μείωση του πλήθους επικονιαστών ιδίως των *Apis mellifera* L., δεν θα επηρέαζε μόνο την ποσοτική παραγωγή σπόρου και ίνας, αλλά θα υποβάθμιζε επίσης την ποιότητα της ίνας. Παρόμοια θετικά αποτελέσματα βρέθηκαν και για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (βάρος, μέγεθος, συνεκτικότητα, σάκχαρα) των καρπών της μηλιάς (*Malus domestica* L. Borkh.) που με τη σειρά τους βελτιώνουν την οικονομική αξία τους (Garratt et al., 2014; Hogendoorn et al. 2006; Stern et al. 2007). Η αύξηση του αριθμού και βάρους των σπερμάτων και το αυξημένο μέγεθος καρπών είναι τα συχνότερα εγγυημένα θετικά αποτελέσματα της επικονίασης από μέλισσες, όπως έχει αποδειχθεί σε τομάτα (Hogendoorn et al. 2010), πιπεριά *Capsicum annuum* L. (Serrano & Guerra-Sanz, 2006), βίγνα (*V. unguiculata* L. Walp.) (Musa et al. 2013) και στην ελαιοκράμβη *Brassica napus* L. (Bommarco et al., 2012). Για την ελαιοκράμβη συγκεκριμένα, τα σπέρματα έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε έλαιο και χαμηλότερα επίπεδα χλωροφύλλης (Bartomeus et al., 2014; Bommarco et al., 2012), ενώ υπό συνθήκες έλλειψης επικονιαστών, επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση σε καρπό και σπόρο (Stanley et al. 2013) και επομένως η οικονομική αξία της προσφοράς τους κοστολογείται στα 3,9 εκατ. ευρώ ετησίως για θερινή και χειμερινή καλλιέργεια (Stanley et al. 2013). Αν και περισσότερες μελέτες χρειάζεται να εκπονηθούν και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά πολλών ακόμα σημαντικών καλλιεργειών, ως εκ τούτου είναι ήδη ξεκάθαρο και αποδεκτό ότι οι επικονιαστές συμβάλουν στην ενίσχυση της ποιότητας της παραγωγής, το οποίο ίσως είναι και σημαντικότερο από την ενίσχυση της οικονομικής τους αξίας (Bailes et al. 2015).

Η παραγωγή προϊόντων που είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία χρήσιμα στην διατροφή και την υγεία του ανθρώπου, προέρχεται κατά ένα μεγάλο βαθμό από καλλιέργειες που βασίζονται στην επικονίαση από έντομα. Με σκοπό τον υπολογισμό της ποσοστιαίας συμβολής της ζωικής επικονίασης στην θρεπτική αξία του φυτού και κατ' επέκταση στην διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στην διατροφή του ανθρώπου, αποδείχθηκε ότι το 74% των παγκοσμίως παραγομένων λιπιδίων συναντάται στα έλαια φυτών που επηρεάζονται από ζωική επικονίαση (Eilers et al., 2011). Τα έλαια των φυτών αυτών αποτελούν και πρωτογενείς πηγές πολλών λιπο-

διαλυτών βιταμινών. Το 98% της βιταμίνης C προέρχεται από έντομο-επικονιαζόμενα φυτά, όπως τα εσπεριδοειδή και άλλα οπωροκηπευτικά. Το 55% της βιταμίνης B προέρχεται από φασόλια και φυλλώδη λαχανικά, στα οποία τα ποσοστά με την βοήθεια της επικονίασης αυξάνονται κατά 7,3%. Το 70% της Βιταμίνης A και το 98% των καροτενοϊδών (κρυπτοξανθίνη και προβιταμίνη A) προέρχονται από έντομο-επικονιαζόμενα φυτά (κόκκινα, κίτρινα και πορτοκαλί φρούτα και λαχανικά) και η άμεση αύξηση των αποδόσεων τους από την επικονίαση, ανέρχεται στο 43%. Το 58% του ασβεστίου και το 62% του φωσφόρου, προέρχονται από φασόλια, ξηρούς καρπούς κυρίως αμύγδαλα, όπου η αύξηση με την επικονίαση αγγίζει το 9% και 20% αντίστοιχα. Το 29% του σιδήρου επίσης βασίζεται σε καλλιέργειες των οποίων οι αποδόσεις μπορούν να αυξηθούν κατά 6%. Η εξάρτηση της Βιταμίνης A, όπως και πολλών άλλων θρεπτικών, έχει διακυμάνσεις από περιοχή σε περιοχή στον κόσμο, φτάνοντας το 50% στην Ταϊλάνδη και άλλες περιοχές της Ασίας, Ευρώπης και Αυστραλίας και το 12-15% για το σίδηρο σε Ασία, Αφρική και Κ. Αμερική (Charlin-Kramer et al., 2014). Οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται στις διαφορετικές καλλιέργειες που προσφέρουν κύρια τροφή σε κάθε χώρα. Η κολοκύθα, το μάνγκο και το πεπόνι είναι οι πιο πλούσιες σε βιταμίνη A πηγές που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους επικονιαστές. Η μπάμια και διάφορα τροπικά φρούτα για την Ινδία και Ταϊλάνδη, η βερυκοκιά και η κερασιά για το Ιράν, βερυκοκιά και δαμασκηλιά για τη Ρουμανία και ροδακινιά για το Μεξικό, είναι μερικά από τα παραδείγματα κύριων πηγών Βιταμίνης A για κάθε χώρα που εξαρτώνται από επικονιαστές (Charlin-Kramer et al., 2014). Καλλιέργειες όπως το καρότο και η γλυκοπατάτα είναι πλούσιες σε Βιταμίνη A και πολλαπλασιάζονται αγενώς, επομένως η εξάρτησή τους από τους επικονιαστές περιορίζεται μόνο στο ζήτημα της σποροπαραγωγής. Έτσι δεν λαμβάνονται υπόψη στις μελέτες εξάρτησης των καλλιεργειών από επικονιαστές για παραγωγή τροφής. Εντούτοις η παραγωγή σπόρου που χρησιμεύει στα προγράμματα βελτίωσης θα επηρεαζόταν αρνητικά υπό συνθήκες μείωσης επικονιαστών.

Όπως δείχνουν αποτελέσματα ερευνών (Aizen et al., 2008; Charlin-Kramer et al., 2014; Eilers et al., 2011; Lautenbach et al., 2012) η σημασία των επικονιαστών διαφέρει από χώρα σε χώρα, όπου η παραγωγή τροφής και μικροθρεπτικών στοιχείων προέρχεται από καλλιέργειες με διαφορετικά επίπεδα εξάρτησης. Συνεπώς κάθε χώρα θα βίωνε τις επιδράσεις απώλειας επικονιαστών σε διαφορετικό βαθμό και με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Επιπλέον, οι αναπτυσσόμενες χώρες της Ασίας και της Αφρικής αποτελούν κύριους παραγωγούς έντομο-επικονιαζόμενων τροφών που

συμβάλουν κατά μεγάλο ποσοστό στο σύνολο των μικροθρεπτικών που απαρτίζουν μια υγιή ανθρώπινη διατροφή, γεγονός που οι Lautenbach et al. (2012) θεώρησαν ότι έχει μεγαλύτερη σημασία από το οικονομικό όφελος που έχει καταγραφεί για την προσφορά των επικονιαστών.

1.2.4 Οι μέλισσες ως πολύτιμοι και εποικοδομητικοί επικονιαστές

Ως μέλισσες (Apiformes) αναφέρονται όλα τα είδη ιπτάμενων εντόμων που ανήκουν στην υπεροικογένεια Apoidea, της τάξης των Υμενοπτέρων. Η υπεροικογένεια αποτελείται από περίπου 20000 είδη που έχουν ταξινομηθεί σε 7 αναγνωρισμένες οικογένειες: Apidae, Colletidae, Megachilidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae και Stenotritidae (Danforth et al., 2006; Charles et al., 2000). Τα είδη αυτά χαρακτηρίζονται από την αναγνωρισμένη δράση τους να επικονιάζουν τα ανθοφόρα φυτά, ενώ η συντριπτική πλειονότητά τους περιλαμβάνει μοναχικές μέλισσες. Οι μέλισσες με ανεπτυγμένη κοινωνική συμπεριφορά εντοπίζονται μόνο στην οικογένεια Apidae και συγκεκριμένα στην υποοικογένεια Arinae, τα είδη της οποίας χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη της συλλεκτικής συσκευής της γύρης (corbicula ή καλάθακι γύρης) στο τρίτο ζευγάρι ποδιών τους. Οι πιο γνωστές φυλές που συγκαταλέγονται στην ομάδα αυτή είναι οι βομβίνοι (Bombini), οι μέλισσες ορχιδέες (Euglossini), οι άκεντρες μέλισσες (Meliponini) και οι μελιτοφόρες μέλισσες (Apini). Τα είδη των μελιτοφόρων και άκεντρων μελισσών θεωρούνται εξ' ορισμού κοινωνικά, με την έννοια της ύπαρξης διαφοροποιημένης κάστας εργατών. Οι βομβίνοι έχουν επίσης κοινωνική συμπεριφορά, με την διαφορά ότι οι εργάτες είναι διαφοροποιημένοι από τη βασίλισσα μόνο ως προς το μέγεθος (Engel, 2001).

Εκτός από την ήμερη μέλισσα (*A. mellifera*) έχει γίνει προσπάθεια διαχείρισης ορισμένων μοναχικών μελισσών με σκοπό την ολοκληρωμένη επικονίαση καλλιεργειών. Μερικά από αυτά είναι το *Megachile rotundata* Fabricius, 1787 (alfalfa leafcutter bee) και το *Nomia melanderi* Cockerell, 1906 (alkali bee) των οικογενειών Megachilidae και Halictidae αντίστοιχα (Hymenoptera), που χρησιμοποιούνται κυρίως για την καλλιέργεια της μηδικής (Cane, 2008; Losey & Vaughan, 2006; Pitts-Singer & Cane, 2011a), καθώς και το *Osmia lignaria* Say, 1837 (Hymenoptera: Megachilidae) γνωστό και ως μέλισσα του οπωρώνα (orchard bee), που χρησιμοποιείται σε οπωροκηπευτικές καλλιέργειες (Bosch et al., 2006; Losey & Vaughan, 2006). Πρόσφατες προσπάθειες γίνονται για την διαχείριση και την

εμπορευματοποίηση ορισμένων βομβίνων για ελεγχόμενη επικονίαση στις καλλιέργειες (Graystock et al. 2014; Campbell et al. 2017). Στα εύκρατα κλίματα, οι άγριες μέλισσες κατατάσσονται τυπικά σε δύο ομάδες: τους βομβίνους και τις μοναχικές μέλισσες (Steffan-Dewenter et al. 2002; Winfree, 2010).

Οι ρόλοι των μελισσών των διαφόρων οικογενειών στην επιτυχή ενίσχυση των αποδόσεων των καλλιεργειών έχουν συζητηθεί εκτενώς (Aebi et al., 2012; Breeze et al. 2011; Losey & Vaughan, 2006; Ollerton et al., 2011; Woodcock et al., 2013). Ο ρόλος της ήμερης μέλισσας ως ο κύριος επικονιαστής των καλλιεργειών έχει ευρεία αναγνωρισιμότητα, εντούτοις δεν έχει επιβεβαιωθεί επαρκώς σε ερευνητικό επίπεδο (Breeze et al., 2011). Οι μοναχικές μέλισσες και οι βομβίνοι από την άλλη, φαίνεται ότι συμβάλουν σε μεγαλύτερα ποσοστά στην επικονίαση των φυτών λόγω καλύτερης επαφής τους με το στίγμα του άνθους (Woodcock et al., 2014). Στο 71,3% των επισκέψεών τους οι μοναχικές μέλισσες εκτελούν επιτυχή μεταφορά της γύρης στο στίγμα, ενώ οι αντίστοιχες αποδόσεις για βομβίνους και ήμερες μέλισσες φτάνουν έως το 35,1% και 34% των επισκέψεων (Breeze et al., 2011; Woodcock et al., 2013). Η αποτελεσματικότητα της επικονίασης όμως εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως το πλήθος και η αφθονία των ειδών επικονιαστών, που διαφέρει από περιοχή σε περιοχή (Richards, 2001; Vázquez & Aizen, 2004; Woodcock et al., 2014). Για παράδειγμα, η μειωμένη αποτελεσματικότητα επικονίασης των ήμερων μελισσών σε σχέση με τις άγριες, αντισταθμίζεται από την ικανότητα μεταφοράς των μελισσιών από περιοχή σε περιοχή και τη δυνατότητα να προσφέρει θετικά αποτελέσματα σε περιοχές μειωμένης δραστηριότητας άγριων επικονιαστών (Breeze et al., 2011; Woodcock et al., 2014). Η μορφολογία του τοπίου της καλλιέργειας μπορεί να επηρεάσει την κοινότητα των μελισσών σε επίπεδο είδους και πληθυσμού. Επομένως η αναλογία του πληθυσμού ήμερων και άγριων μελισσών ποικίλλει από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα, ενώ κύριος επικονιαστής για το καρπούζι είναι η ήμερη μέλισσα (Morse & Calderone, 2000), σε ορισμένες εκμεταλλεύσεις βιολογικής γεωργίας που γειτνιάζουν σε φυσικούς ή ημι-φυσικούς οικότοπους, το πλήθος των μοναχικών μελισσών είναι μεγαλύτερο (Le Féon et al., 2013; Woodcock et al., 2014), και μπορούν να καλύψουν πλήρως τις ανάγκες επικονίασης των καλλιεργειών, ακόμα και του καρπουζιού, για άριστες αποδόσεις (Kremen et al., 2002; Kremen et al., 2004; Losey & Vaughan, 2006).

Ο ρόλος των άγριων μελισσών είναι ύψιστης σημασίας και αποδεικνύεται σε πολλές έρευνες. Μπορούν να επιτελέσουν λειτουργίες να επισκεφτούν και να επικονιάσουν άνθη κυρίως αυτογονιμοποιούμενων φυτών, που οι ήμερες μέλισσες δεν μπορούν να επισκεφθούν. Για παράδειγμα, τα άνθη της τομάτας δεν παράγουν νέκταρ, ενώ για να απελευθερώσουν γύρη πρέπει να δεχτούν κάποιο είδος δόνησης, που μόνο ορισμένες άγριες μέλισσες μπορούν να πραγματοποιήσουν με τα φτερά τους, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο σε αύξηση της καρπόδεσης έως 45% και του βάρους καρπού έως 200% (Greenleaf & Kremen, 2006a; Losey & Vaughan, 2006). Οι δύο ομάδες μελισσών μπορούν επίσης να δράσουν συνεργιστικά για άριστες επιδόσεις επικονίασης σε ορισμένα είδη φυτών, όπως έχει καταγραφεί στην φράουλα (Chagnon et al., 1993), στην ελαιοκράμβη (Woodcock et al., 2014) και στην παραγωγή υβριδίων ηλιάνθου (Greenleaf & Kremen, 2006b).

1.2.5 Παράγοντες που ευνοούν – προωθούν την επικονίαση

Η αγροτική εντατικοποίηση σε συνδυασμό με την αυξημένη χρήση χημικών σκευασμάτων (φάρμακα και λιπάσματα) ασκούν συνεχόμενη πίεση στους πληθυσμούς των επικονιαστών (Kearns et al., 1998; Potts et al., 2010). Η ευρεία χρήση εντομοκτόνων προκαλεί άμεσες ζημιές στους επικονιαστές (Cresswell, 2011; Gill et al., 2012; Scott-Dupree et al., 2009, p.), και αποτελεί σοβαρή απειλή για την βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων (Kevan, 1975; Tilman et al., 2001, Robinson & Sutherland, 2002). Η αγροτική εντατικοποίηση και η αστικοποίηση των εδαφών έχουν οδηγήσει στον κατακερματισμό και την υποβάθμιση πολλών φυσικών και ημι – φυσικών οικοσυστημάτων, στα οποία βασίζεται η επιβίωση των άγριων επικονιαστών σε μεγάλο βαθμό ως πόροι τροφής και κατασκευής της φωλιάς τους (Garibaldi et al., 2011; Steffan-Dewenter et al., 2002; Kleijn & Raemakers, 2008). Ως αποτέλεσμα, αλλοιώνεται η δομή και η λειτουργία των σχέσεων φυτού-επικονιαστή στους οικοτόπους αυτούς (Williams & Osborne, 2009; Burkle et al., 2013). Οι επιπτώσεις στους επικονιαστές έχουν ήδη καταγραφεί από πρόσφατες μελέτες στην Ευρώπη, όπου σημειώθηκε μείωση της αφθονίας και ποικιλομορφίας ειδών άγριων μελισσών (Biesmeijer & Slaa, 2006), συρφίδων (Οικ.: Syrphidae) (Keil et al., 2011), πεταλούδων (Τάξη Λεπιδοπτέρων) (Forister et al., 2011; Swaay et al., 2011), βομβίνων (*Bombus spp*) (Bommarco et al., 2012; Cameron et al., 2011; Williams & Osborne, 2009). Ο πληθυσμός τόσο των ήμερων όσο και των άγριων μελισσών έχει

υποστεί μείωση κατά τις τελευταίες δεκαετίες σε Ευρώπη και Β. Αμερική (Potts et al., 2010; Engelsdorp et al., 2011).

Οι μοναχικές μέλισσες είναι πιο ευάλωτες στην ανθρωπογενή υποβάθμιση των φυσικών οικοσυστημάτων από ότι οι βομβίνοι, λόγω της εξειδίκευσης που παρουσιάζουν στις ανάγκες τους για τους πόρους τροφής και στέγασης (Biesmeijer & Slaa, 2006; Steffan-Dewenter et al., 2002) και του υψηλού αριθμού επισκέψεων που πρέπει να καλύψουν για να τραφούν οι ίδιες και να ταΐσουν τις προνύμφες τους (Müller et al., 2006). Επιπλέον, έχουν χαμηλό αναπαραγωγικό ρυθμό (μία γενιά ανά έτος) (Abrol, 2011; Danforth et al., 2006), επομένως μια μικρή μείωση του αριθμού των προνυμφών τους λόγω έλλειψης τροφής, μπορεί να επιφέρει σημαντικές συνέπειες στους πληθυσμούς τους (Le Féon et al., 2013).

Η αναδόμηση και επαναφορά του φυσικού περιβάλλοντος των επικονιαστών, είναι τα κύρια μέσα αντιμετώπισης του προβλήματος, με τα οποία μπορεί να ελαχιστοποιηθούν οι ζημιές που προκαλούν οι πιέσεις της αγροτικής εντατικοποίησης στους επικονιαστές. Η σωστή διαχείριση του τοπίου σε επίπεδο χώρου (χλωρίδα τοπίου) και χρόνου (χρήση αμειψισποράς) μπορεί να επαναφέρει τους πόρους που χρειάζονται για την επιβίωση των άγριων επικονιαστών (Vanbergen, 2013). Η δομή του τοπίου μπορεί να επηρεάσει την ποικιλομορφία ειδών κυρίως των άγριων μελισσών. Η σπορά και διαχείριση ημι-φυσικών λειμώνων με τη χρήση της παραδοσιακής τοπικής πρακτικής (Woodcock et al., 2014) ή και η αμειψισπορά με λειμώνια φυτά για τουλάχιστον 1-4 έτη (Le Féon et al. 2013) προσφέρουν ένα κατάλληλο και σταθερό περιβάλλον στην αφθονία της μελισσοπανίδας. Η χρήση μελισσιών που να γειτνιάζουν στις καλλιέργειες είναι ένας άλλος τρόπος που αποσκοπεί στην ενίσχυση της επικονίασης και επηρεάζει θετικά την επισκεψιμότητα των μελισσών και των βομβίνων στα άνθη των καλλιεργειών (Woodcock et al., 2014). Σε καλλιέργειες σιτηρών, η χρήση της ελαιοκράμβης ως περιφερειακή καλλιέργεια, βοηθάει την ενίσχυση της αφθονίας των μελισσών παρέχοντάς τους πόρους τροφής, ενώ η χρήση φυτοφραχτών φέρει επίσης θετικά αποτελέσματα (Le Féon et al. 2013), καθώς δημιουργούν μικροκλίμα που μπορεί να υποστηρίξει την δραστηριότητά τους (Lundberg & Ranta, 1980; Szabo & Smith, 1972).

Ένα περιβάλλον κατάλληλο για την διατήρηση της αφθονίας και δραστηριότητας των άγριων μελισσών, περιλαμβάνει αγρούς νότιου προσανατολισμού με ποικιλία φυτικών ειδών που προσφέρουν άριστους πόρους τροφής και φωλιάς (Blaauw & Isaacs, 2014a, 2014b; Woodcock et al., 2014). Τα

διάφορα φυτικά είδη πρέπει να ανθίζουν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους, ώστε να παρέχουν τροφή σε όλες τις ομάδες μελισσών που πετούν σε διαφορετικές εποχές, τα χειμερινά σταυρανθή (Brassicaceae), ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.), ψυχανθή όπως το κουκί (*Vicia faba* L.) και η φακελωτή (*Phacelia tanacetifolia* L.) (Le Feon et al. 2013). Ως αποτέλεσμα της διατήρησης ενός ισορροπημένου οικοσυστήματος στα πλαίσια μιας αιφόρου καλλιέργειας, παρατηρούνται οι αυξημένες αποδόσεις της καλλιέργειας αυτής, όπως υποστηρίζουν και οι Garibaldi et al. (2013). Έχει αποδειχθεί ότι ο αυξημένος πληθυσμός και ποικιλομορφία ειδών επικονιαστών μπορεί κατ' επέκταση να αυξήσει την απόδοση σε σπόρο και βάρος σπόρου (Bommarco et al. 2012; Jauker et al. 2012; Woodcock et al. 2014). Η υποστήριξη των άγριων επικονιαστών μέσω του σχεδιασμού κατάλληλων ποικιλιών που με τα επιθυμητά ανθικά χαρακτηριστικά έχει ήδη προταθεί από τους Suso και Maalouf (2010) και έχει ξεκινήσει να εφαρμόζεται σε διεθνή προγράμματα που αφορούν την βελτίωση των γεωργικών πρακτικών της αιφόρου γεωργίας (Suso & Del Río, 2015).

Η ωφελιμότητα των επικονιαστών στις αποδόσεις των καλλιεργειών είναι χρήσιμη ως μια εναλλακτική λύση για τους αγρότες, σε περιπτώσεις όπου η πρόσβαση σε υβρίδια ή βελτιωμένες υψηλοαποδοτικές ποικιλίες είναι περιορισμένη ή αδύνατη. Η χρήση φιλικών προς τους επικονιαστές ποικιλιών είναι μια κερδοφόρα στρατηγική με πλήρη ανταπόκριση στις γεωργικές και οικονομικές ανάγκες ενός αγροκτήματος, καθώς εκτός από θετικό αντίκτυπο στα αγρο-οικοσυστήματα, επιφέρει και οικονομικό όφελος στον αγρότη (Christmann & Aw-Hassan 2012; Worthington et al. 2012). Ως εκ τούτου, υπάγεται και στις στρατηγικές-στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την υιοθέτηση βιώσιμων γεωργικών μεθόδων χαμηλών εισροών.

1.2.6 Η ελκυστικότητα των φυτών-ανθικά χαρακτηριστικά

Όλα τα Αγγειόσπερμα φυτά εξελίχθηκαν έτσι ώστε η δομή των ανθικών μερών τους να είναι ελκυστική για τα έντομα ή ζώα που θα επιτελέσουν το οικολογικό έργο της επικονίασης. Ως αντάλλαγμα για το έργο αυτό, παράγουν νέκταρ, το οποίο είναι μια τροφή πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και απαραίτητη για πολλά είδη εντόμων όπως τα Λεπιδόπτερα (Jervis & Boggs, 2005). Η ακριβής σύσταση του νέκταρος παρουσιάζει διαειδική αλλά και ενδοειδική διαφοροποίηση (Baude et al. 2011; Burkle et al., 2013), εντούτοις κατά βάση περιέχει 80% w/w σάκχαρα (σουκρόζη, γλυκόζη

και φρουκτόζη), με το υπόλοιπο 20% w/w να αποτελείται από αμινοξέα, λιπίδια και σύμπλοκα δευτερογενών μεταβολιτών (Baker & Baker, 1983; Nicolson & Thornburg, 2007). Πρόσφατες μελέτες απέδειξαν ότι η παραγωγή, σύνθεση, έκκριση και ρύθμιση του νέκταρος έχει γενετικό και ορμονικό υπόβαθρο (Radhika et al. 2010; Heil, 2011; Liu & Thornburg, 2012; Bender et al., 2013; Lin et al., 2014). Οι εκτιμήσεις αυτές μπορεί να φανούν χρήσιμες στη διαμόρφωση προγραμμάτων βελτίωσης φυτών που αποσκοπούν στη δημιουργία ποικιλιών με ενισχυμένα ανθικά χαρακτηριστικά και μεγαλύτερα επίπεδα ελκυστικότητας στους επικονιαστές (Carruthers et al., 2017).

Η προσβασιμότητα στο νέκταρ από τους επικονιαστές, καθορίζεται από μορφολογικά χαρακτηριστικά των ανθικών μερών όπως το σχήμα και το μέγεθος. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να αποτελέσουν τόσο παράγοντες ελκυστικότητας για να ευνοήσουν την επίσκεψη των επικονιαστών, όσο και παράγοντες φυσικής άμυνας για να περιορίσουν την πρόσβασή τους σε αυτά (Torres & Galetto, 2002). Η ελκυστικότητα σε επίπεδο άνθους συντίθεται και από την εμφάνιση και τα οσφρητικά χαρακτηριστικά των ανθικών μερών (Wright & Schiestl, 2009). Όλα αυτά τα ανθικά χαρακτηριστικά είναι κληρονομούμενα και η διαφοροποίησή τους από είδος σε είδος και από ποικιλία σε ποικιλία είναι υπεύθυνη για τις διαφορές στην ελκυστικότητα των φυτών (Mitchell & Shaw, 1993; Mitchell et al. 2009). Πράγματι, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η ελκυστικότητα ενός είδους μπορεί να διαφέρει σημαντικά και ανάμεσα στις ποικιλίες (Suso et al., 2001; Horneburg, 2006; Klatt et al., 2013, 2014; Garratt et al., 2014; Cerrutti & Pontet, 2016; Carruthers et al., 2017).

Τα κριτήρια επιλογής για τον επικονιαστή γενικά βασίζονται σε ένα σύνολο ερεθισμάτων που λαμβάνουν από τα άνθη, τα οποία είναι είτε οπτικά (χρώμα), είτε δομικά (φυσική επαφή του εντόμου με τους ανθήρες ή το στύλο του άνθους) είτε χημικά (πτητικές ουσίες). Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι για πολλά είδη εντόμων, το χρώμα του άνθους αποτελεί βασικό κριτήριο προτίμησής τους (Dafni & Bernhardt, 1990; Heiling et al. 2003; Amots Dafni & Potts, 2004; Ômura & Honda, 2005; Dötterl et al. 2014). Το οπτικό σύστημα για τα πιο μελετημένα είδη επικονιαστών, το *Apis mellifera* Linnaeus, 1751 και το *Bombus terrestris* Linnaeus, 1751 έχει χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο για τα υπόλοιπα είδη μελισσών. Όπως είναι γνωστό τα είδη αυτά βλέπουν στο φάσμα του υπεριώδους, του ιώδους και το πράσινου φωτός (300-700 nm). Καθώς τα οπτικά χαρακτηριστικά των ανθέων είναι προσαρμοσμένα στα οπτικά συστήματα των εντόμων, ορισμένα είδη επικονιαστών, ενδεχομένως να φανερώνουν εγγενείς προτιμήσεις για συγκεκριμένα χρώματα (Lunau & Maier, 1995;

Raine & Chittka, 2007; Willmer, 2011). Αυτό όμως δεν ισχύει πάντοτε. Για παράδειγμα, οι απόψεις για το αν οι ημέρες μέλισσες ανταποκρίνονται περισσότερο στο λευκό ή στο ιώδες χρώμα δίστανται (Musa et al. 2013) ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν ότι τυχόν προτίμηση κάποιου χρώματος μπορεί να μην είναι εγγενής (Lunau & Maier, 1995) και να προκύπτει από συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά του άνθους.

Τα ανθικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την συμπεριφορά του επικονιαστή έχουν καταταχθεί σε δύο μεγάλες ομάδες: τον *ανθικό σχεδιασμό* (floral design) και την *ανθική απεικόνιση* (floral display) (Barrett et al. 1996; Goulson, 1999). Η ανθική απεικόνιση περιγράφει τον αριθμό των ανοιχτών σε μια δεδομένη στιγμή ανθέων και την διάταξή τους σε ταξιανθίες, ενώ ο ανθικός σχεδιασμός αναφέρεται στη μορφολογία του άνθους, το χρώμα, την οσμή, την ποσότητα και ποιότητα του νέκταρος καθώς και την παραγωγή γύρης (Barrett et al., 1996). Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση του Cresswell (1998), τα χαρακτηριστικά του ανθικού σχεδιασμού αναλύονται σε τέσσερις κατηγορίες: *επίδειξη* (διαστάσεις πετάλων), *διαστάσεις θηλυκού μέρους* (μήκος στύλου, αριθμός ωοθηκών), *αμοιβή* (χαρακτηριστικά νέκταρος) και η *προσαρμογή με επικονιαστή* (διαστάσεις πετάλων, μήκος ανθικής κεφαλής). Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των Suso et al. (2005), μαζί με τον *ανθικό σχεδιασμό* και την *ανθική απεικόνιση*, προστίθεται και η ομάδα της *φαινολογίας άνθησης*, που περιλαμβάνει έναρξη και διάρκεια άνθησης. Για τα φυτά εκείνα που βασίζονται στην επικονίαση, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των ανθέων τους είναι τέτοια που να μπορεί να προσελκύσει και να καθοδηγήσει τους επικονιαστές προς το νέκταρ (Westerkamp & Weber, 1999).

1.2.7 Σχέση ψυχανθών – επικονιαστών

Η οικογένεια των ψυχανθών (Fabaceae) περιλαμβάνει 750 γένη και 19000 είδη (Christenhusz & Byng, 2016) που αποτελούν το 7% των ανθοφόρων φυτών (Magallón & Sanderson, 2001). Τα ψυχανθή δέχονται επισκέψεις από μέλισσες είτε ημέρες, κοινωνικές είτε άγριες (Delaplane & Mayer, 2000; Suso et al., 2005; Palmer et al., 2009; Suso et al., 2016). Τα άνθη τους, λόγω της ταξινομικής τους προέλευσης, αν και αυτογονιμοποιούμενα, κατέχουν την δυνατότητα για σταυρεπικονίαση (Suso et al. 2015). Η βελτίωση ψυχανθών στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας, συνδέεται με την ανάπτυξη ποικιλιών βελτιωμένων ως προς χαρακτηριστικά περιβαλλοντικού

χαρακτήρα (Helenius & Stoddard, 2007). Με τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς στα σχέδια διατήρησης και ενίσχυσης της μελισσοπανίδας, παρέχοντας πόρους τροφής και κατασκευής φωλιάς που ενδείκνυνται για τις μέλισσες (Palmer et al., 2009). Η βελτιστοποίηση της σχέσης ψυχανθών-επικονιαστών μπορεί να συμβάλει στην σύνθεση μεθόδων βελτίωσης με σκοπό την ενίσχυση και σταθεροποίηση των αποδόσεων με την χρήση κοινωνικών και μοναχικών μελισσών και εντέλει την δημιουργία ποικιλιών που να είναι φιλικές προς τους επικονιαστές. Στα προγράμματα αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τόσο οι ανάγκες των επικονιαστών σε ανθικά χαρακτηριστικά, όσο και στις ανάγκες των φυτών για υψηλότερες αποδόσεις. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την προσθήκη χαρακτηριστικών ή την ενίσχυση ήδη υπάρχοντων σε μια ποικιλία, ώστε να εξυπηρετούνται οι σχέσεις φυτού με επικονιαστή.

Κοινό χαρακτηριστικό των ψυχανθών (πιο συγκεκριμένα των οσπρίων) είναι ότι είναι αποκλειστικά ή επί των πλείστων αυτογονιμοποιούμενα (Suso et al., 2005). Μπορούν επομένως να δώσουν σπόρο και καρπό χωρίς την συμβολή των επικονιαστών, ωστόσο οι επισκέψεις μπορούν να αυξήσουν την καρπόδεση και την ποιότητα του καρπού (Suso & Del Río, 2015). Αυξημένες αποδόσεις έχουν καταγραφεί από μελέτες σε μαυρομάτικο (Fohouo et al. 2009; Musa et al. 2013), κουκί (Musallam et al. 2004; Bishop et al. 2016), φασόλι Ισπανίας (Pando et al. 2011) και σόγια (Milfont et al. 2013; Monasterolo et al. 2015).

Στη σύγχρονη γεωργία, 19 καλλιέργειες ψυχανθών προσφέρουν απαραίτητη τροφή στον άνθρωπο τόσο παγκοσμίως όσο και σε τοπική κλίμακα (Broughton et al., 2003; Smykal et al., 2015; Suso et al., 2016). Από αυτές, οι 11 έχει αναφερθεί ότι δύνανται να σταυρογονιμοποιηθούν από επικονιαστές (Klein et al., 2007; Suso & Del Río, 2015). Μερικές από αυτές είναι η σόγια (*Glycine max* L.), το κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.), το φασόλι Ισπανίας (*P. coccineus* L.), το φασόλι λίμα (*P. lunatus* Benth.), το κουκί (*Vicia faba* L.), το φασόλι ατζούκι (*Vigna angularis* (Wild.) Ohwi & H. Ohashi), η ροβίτσα (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), και το μαυρομάτικο φασόλι (*V. unguiculata* (L.) Walp.) (Suso et al., 2016). Πολυάριθμες μελέτες έχουν εντοπίσει και εκτιμήσει τα επίπεδα σταυρογονιμοποίησης σε φακή (*Lens culinaris* L.), μαυρομάτικο (*Vigna unguiculata* L. Walp.), κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.), φασόλι λίμα (*Phaseolus lunatus* L.), λαθούρι (*Lathyrus spp*), λούπινο (*Lupinus albus* L.) μπιζέλι (*Pisum sativum* L.), σόγια (*Glycine max* L.) και ρεβύθι (*Cicer arietinum* L.), τα οποία διαφέρουν σημαντικά ανάμεσα στις ποικιλίες,

τις χρονιές, τις περιοχές και τα εργαλεία διεξαγωγής των πειραμάτων, διαγράφοντας ένα εύρος από 0,06 έως τα 36 % (Suso et al. 2015). Κύριοι επικονιαστές υπεύθυνοι για την σταυρεπικονίαση των εν λόγω καλλιεργειών, είναι η ήμερη μέλισσα (*A. mellifera*) και οι βομβίνοι (κυρίως *B. terrestris*) για την φακή, το μαυρομάτικο φασόλι και το κουκί, και άγριες μέλισσες του γένους *Xylocopa* και *Megachile* κυρίως για το κοινό φασόλι και το μπιζέλι.

Από τα παραπάνω μελετημένα ψυχανθή, το κουκί είναι το πιο μελετημένο είδος, λόγω του μερικώς αλλόγαμου συστήματος αναπαραγωγής, αποτελώντας φυτό μοντέλο για τη μελέτη των σχέσεων ψυχανθούς-επικονιαστή. Τα επίπεδα σταυρογονιμοποίησης του είδους κυμαίνονται μεταξύ 4 και 84 % (Suso et al., 2001), αναλόγως γεωγραφικής περιοχής, τοπικών περιβαλλοντολογικών συνθηκών και της παρούσας τη δεδομένη στιγμή μελισσοπανίδας (Pierre et al., 1996; Pierre et al. 1999). Η γεωγραφική περιοχή μπορεί να επηρεάσει τις σχέσεις των ποικιλιών κουκιού με τους επικονιαστές, με σημαντικές διαφορές ως προς τον αριθμό ανοιχτών ανθέων ημερησίως και τα επίπεδα επισκεψιμότητας των επικονιαστών (Suso et al., 2001).

1.2.8 Τοπικές ποικιλίες ψυχανθών

Οι τοπικές ποικιλίες ψυχανθών είναι εκ φύσεως ετερογενείς ενώ γνωρίσματα και γονίδια έχουν εξελιχθεί σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Η ετερογένεια αυτή μπορεί να αποδοθεί στις πρακτικές ανταλλαγής σπερμάτων ανάμεσα στους αγρότες και στην φυσική σταυρογονιμοποίηση, συμπεριλαμβανομένου και εκείνης που προωθείται από επικονιαστές (Martin & Adams, 1987; Suso et al., 2016). Σύγχρονα δεδομένα μας δείχνουν ότι η φυσική σταυρογονιμοποίηση μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της διαπληθυσμιακής γενετικής διαφοροποίησης στους καλλιεργούμενους πληθυσμούς (Barnaud et al. 2008; Para & Gepts, 2004). Μπορούν επομένως να αποτελούν χρήσιμη πηγή γονοτύπων με γνωρίσματα λειτουργικά ως προς την σχέση φυτών-επικονιαστών στην βελτίωση φυτών. Η χρήση των τοπικών ποικιλιών των καλλιεργούμενων ειδών, συμπεριλαμβανομένων και των ψυχανθών, αποτελούν σημαντικά εργαλεία της αειφόρου γεωργίας, χάρις στα αγρονομικά τους χαρακτηριστικά που είναι φιλικά προς το περιβάλλον, λόγω των χαμηλών εισροών που απαιτούν. Το περιβαλλοντικό τους όφελος μπορεί να συμπεριλάβει και τη διατήρηση της πανίδας επικονιαστών, καθώς με τα ανθικά τους γνωρίσματα και την υψηλή ετερογένειά τους, μπορούν να

υποστηρίζουν την αφθονία των ειδών και του πλήθους των επικονιαστών σε καλά επίπεδα. Οι πολυάριθμες μελέτες που έχουν γίνει στο κουκί (*Vicia faba* L.), δείχνουν ότι η καλλιέργειά του, μπορεί ενεργά να συμβάλει στην ανθική ποικιλομορφία ενός αγρού και μπορεί να υποστηρίξει την ευημερία των επικονιαστών (Suso et al. 2015) και κατ' επέκταση να ενισχύσει τη χρήση των αειφορικών γεωργικών συστημάτων (Körpke & Nemecek, 2010).

Πολλές τοπικές ποικιλίες οσπρίων κινδυνεύουν να χαθούν, λόγω της αντικατάστασής τους από βελτιωμένες ποικιλίες (Negri et al. 2009; Carvalho et al. 2016). Σύμφωνα με τους Suso et al. (2016), για να διακρίνουμε το ρόλο των τοπικών ποικιλιών ψυχανθών στις σχέσεις τους με τους επικονιαστές, πρέπει να γνωρίζουμε την δομή του πληθυσμού της τοπικής ποικιλίας για να κατανοήσουμε την γενετική δομή και να την βελτιστοποιήσουμε με *ex situ* και *in situ* (on-farm) διατήρηση και διαχείριση στα προγράμματα βελτίωσης. Λόγω της υψηλής ετερογένειας των ποικιλιών αυτών, η γνώση της δομής τους είναι ακόμη ανεπαρκής.

1.2.9 Ανθικά χαρακτηριστικά ψυχανθών

Το τυπικό άνθος των ειδών της οικογένειας Fabaceae αποτελείται από κάλυκα με 5 σέπαλα και πενταμερή στεφάνη που περιλαμβάνει τον πέτασο, δύο πτερύγια και δύο κατώτερα πέταλα που διαμορφώνουν την τρόπιδα. Το ανδρείο περιλαμβάνει δέκα στήμονες που περιβάλλουν τον στύλο, ο οποίος βρίσκεται σε ψηλότερη θέση και μαζί με την υποφυή ωοθήκη αποτελούν το γυναικείο.

Τα άνθη αυτά έχουν ζυγόμορφη συμμετρία, η οποία είναι εμφανής, ώστε να είναι αντιληπτή από τα έντομα από απόσταση. Μόλις το έντομο πλησιάσει στο άνθος, θα αντιληφθεί και ένα άλλο είδος συμμετρίας που αποτελούν οι γραμμές που διαγράφονται στην τρόπιδα και αποτελούν οδηγούς νέκταρος (nectar guides), καθώς καθοδηγούν το έντομο προς το σημείο όπου βρίσκονται τα νεκτάρια (Delgado-Salinas et al. 2011; Suso et al. 2015). Οδηγούς νέκταρος διαθέτουν πολλά είδη ψυχανθών, οι οποίοι είναι εμφανείς είτε στο ορατό φως, όπως το κουκί, είτε στο υπεριώδες, όπως η σόγια (Erickson & Garment, 1979). Επιπλέον, ορισμένα άνθη διαθέτουν εξωανθικά νεκτάρια όπως το κουκί και η βίγνα, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην προσέλκυση των εντόμων (Westerkamp & Weber, 1999).

Σε κάποια είδη ψυχανθών, όπως το κουκί, σύμφωνα με τους Suso et al. (2015) υπάρχει το σύστημα της δευτερογενούς παρουσίασης της γύρης, στο οποίο ο

στύλος περιέχει λεπτά τριχίδια κάτω από το στίγμα. Συνήθως, η ωρίμανση της γύρης γίνεται όσο το άνθος είναι κλειστό, και πραγματοποιείται με αυτόν τον τρόπο η αυτογονιμοποίηση. Κάποιο μέρος της γύρης όμως θα καταλήξει στα τριχίδια του στύλου, τα οποία παραμένουν άθικτα. Όταν το άνθος ανοίγει, η γύρη αυτή εκτίθεται στον πρώτο επισκέπτη του. Το χαρακτηριστικό αυτό υπάρχει σε διάφορα γένη ψυχανθών, όπως *Phaseolus*, *Vicia*, *Lathyrus*, *Lens* και *Pisum* (Lavin & Delgado, 1990). Τα μέρη της πολύπλοκης δομής των ανθέων ψυχανθών εκτελούν μια ξεχωριστή λειτουργία και σύμφωνα με τους Westerkamp και Weber (1999), είναι ο πέτασος, η τρόπιδα και οι πτέρυγες. Ο πέτασος λειτουργεί για την οπτική προσέλκυση του εντόμου και ως στήριγμα. Η τρόπιδα περικλείει τους στήμονες με τον στύλο, ενώ οι πτέρυγες διευκολύνουν την προσγείωση και την στήριξη του εντόμου στο άνθος.

Από τις μελέτες των ανθικών γνωρισμάτων που έγιναν σε είδη ψυχανθών, υπάρχουν ορισμένες που έχουν συσχετίσει θετικά την αυξημένη επισκεπτικότητα των επικονιαστών ή την αυξημένη απόδοση με ορισμένα από τα ανθικά γνωρίσματα. Στην σόγια, αυξημένη παραγωγή σπόρου ορισμένων σειρών, συσχετίστηκε θετικά με αυξημένο μήκος πετάσου και αλλαγές στο σχήμα του (Suso et al. 2010). Στο κουκί, ο αριθμός των διαθέσιμων ανθέων συσχετίζεται θετικά με αυξημένη επισκεψιμότητα και η συσχέτιση αυτή εξαρτάται από ποικιλία σε ποικιλία (Suso et al., 2001). Στην φακή, τα υψηλότερα επίπεδα σταυρεπικονίασης εντοπίστηκαν στις ποικιλίες με τα μεγαλύτερα άνθη, δίνοντας ενδείξεις ότι οι ποικιλίες αυτές δέχτηκαν περισσότερες επισκέψεις λόγω του μεγέθους και του χρώματος των ανθέων. Οι συσχετίσεις αυτές δεν είναι σταθερές, καθώς επηρεάζονται από τους παράγοντες ποικιλία και περιβάλλον. Σημαντικές διαφορές μπορεί να εντοπιστούν ακόμα και εντός της ποικιλίας (Horneburg, 2006).

1.2.10 Τα ανθικά χαρακτηριστικά της ρόβης

Τα άνθη της ρόβης είναι μικρά, μήκους 7 – 8 mm, σε ταξιανθίες των 1 – 4 ανθέων (Δαλιάνης, 1987). Το χρώμα είναι κυρίως λευκό με ιώδεις ή/και ροζ χρωματισμούς στον πέτασο. Σχηματίζουν λοβούς μήκους 16 – 20 χιλ. με 3-4 σπόρους στον καθένα (Δαλιάνης, 1987; Livaniotis et al., 2017). Ο σχεδιασμός τους ανταποκρίνεται στο τυπικό άνθος ψυχανθούς με πέτασο, τρόπιδα και πτερύγια. Η ύπαρξη των γραμμώσεων (οδηγοί νέκταρος) στον πέτασο δείχνουν ότι τα άνθη αυτά ενδεχομένως

να παρέχουν αμοιβή σε έντομα-επισκέπτες για την επίτευξη της επικονίασης. Ωστόσο, δεν έχει γίνει καμιά μελέτη μέχρι στιγμής για την ανάλυση των ανθικών της γνωρισμάτων ως πιθανοί παράγοντες προσέλκυσης επικονιαστών, ή την μελέτη των επιπέδων σταυρεπικονίασης. Η μοναδική εν γνώσει μας δημοσίευση που παρουσίασε την αξιολόγηση 31 ποικιλιών από 12 είδη του γένους *Vicia*, έδειξε ότι όλα τα είδη είναι κυρίως αυτογονιμοποιούμενα με μοναδική εξαίρεση τον άγριο βίκο ή *Vicia villosa* spp. *varia* (hairy vetch), που είναι κυρίως σταυρογονιμοποιούμενο (Zhang & Mosjidis, 1995).

Ανθικά γνωρίσματα που έχουν μελετηθεί στη ρόβη, αφορούσαν φαινολογικά χαρακτηριστικά της άνθησης, όπως ημερομηνία έναρξης και διάρκεια (Abbasi et al. 2007; Larbi et al. 2011; El Fatehi et al. 2014; Seydoşoğlu et al. 2015; Livanios et al. 2017). Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, η ρόβη ανθίζει αρχές με μέσα άνοιξης και έχει διάρκεια από 5 έως 50 ημέρες, ενώ η διαφοροποίηση είναι έντονη ανάμεσα στις διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και τις χρονιές μετρήσεων. Η ρόβη θεωρείται αυτογονιμοποιούμενο φυτό (Zohary et al., 2012) και λόγω αυτού, αναμένεται υψηλή παραλλακτικότητα ανάμεσα στις τοπικές ποικιλίες λόγω διαφορετικής γεωγραφικής προσαρμογής, και όχι εντός των ποικιλιών (Djè et al. 1998; Terzopoulos & Bebeli, 2010). Εντούτοις, οι Livanios et al. (2017) διέκριναν αρκετά υψηλά επίπεδα ενδοπληθυσμιακής παραλλακτικότητας, τα οποία αποδόθηκαν σε πιθανή ύπαρξη κάποιου βαθμού σταυρογονιμοποίησης, όπως έχει αποδειχθεί για άλλα κυρίως αυτογονιμοποιούμενα ψυχανθή (Suso et al., 2016).

1.3 Τα ψυχανθή ως ζωοτροφές

1.3.1 Γενικά στοιχεία

Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2009), έως το έτος 2050 οι απαιτήσεις σε τρόφιμα θα είναι οι διπλάσιες εκείνων του 2010. Από αυτά, οι απαιτήσεις σε ζωοκομικά προϊόντα (γάλακτοκομικά, αυγά, κρέας) θα αυξηθούν κατά τα δύο τρίτα (FAO, 2012). Ένα σημαντικό μέρος των απαιτήσεων προέρχεται από τις αναπτυσσόμενες χώρες, στις οποίες η αύξηση του πληθυσμού, η ενίσχυση της αστικοποίησης και των εισοδημάτων, παρατηρούνται πιο έντονα, από ότι στις ανεπτυγμένες χώρες (Rosegrant et al., 2009; Thornton, 2010). Η Επιστήμη της Ζωικής Παραγωγής, στην

προσπάθειά της να καλύψει τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του πληθυσμού σε υψηλής ποιότητας ζωοκομικά προϊόντα κατόρθωσε να παράγει ζώα υψηλού γενετικού δυναμικού που αποφέρουν υψηλές αποδόσεις. Τα ζώα αυτά για να εκδηλώσουν πλήρως το γενετικό δυναμικό τους, πρέπει να ακολουθούν μια ισορροπημένη διατροφή, ώστε αφενός να ικανοποιούνται οι ανάγκες σε πρωτεΐνες, ενέργεια, αμινοξέα και άλλα θρεπτικά στοιχεία και αφετέρου να επιφέρει το λιγότερο δυνατό κόστος. Η ανάπτυξη της γενετικής βελτίωσης, της διατροφής και της καλής υγείας των ζώων συμβάλουν στη μεγιστοποίηση του παραγωγικού δυναμικού τους (Thornton, 2010). Ωστόσο, η ανεπάρκεια διαθέσιμης και κατάλληλης ποιότητας τροφής, καθώς και η μη ισορροπημένη διατροφή αποτελούν βασικές αιτίες της χαμηλής παραγωγικότητας των ζώων στη σημερινή πραγματικότητα (FAO, 2012). Το κόστος της διατροφής είναι από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες διαμόρφωσης του συνολικού κόστους παραγωγής και συνίσταται κυρίως από την προμήθεια των πρώτων υλών και δευτερευόντως από την επεξεργασία τους, Στόχος της διατροφής είναι η κάλυψη των θρεπτικών αναγκών κάθε ζωικού οργανισμού μέσω της κατάρτισης ορθολογικών σιτηρεσίων.

Μετά την απαγόρευση και τον περιορισμό χρήσης των πρωτεϊνικών πηγών ζωικής προέλευσης (EC directive 999/2001), η χρήση των κτηνοτροφικών ψυχανθών για την διατροφή των ζώων έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος, και οι ανάγκες ενσωμάτωσής τους στα σιτηρέσια έχει αυξηθεί σημαντικά. Κύρια πρωτεϊνική πηγή σήμερα αποτελεί το σογιάλευρο που χρησιμοποιείται πλέον ευρύτατα. Το εμπορικά διαθέσιμο σογιάλευρο όμως, προέρχεται ως επί το πλείστον από γενετικά τροποποιημένους σπόρους (Danielsson, 2017), γεγονός που συνδέεται με ζητήματα κυρίως οικολογικής και οικονομικής φύσεως (Wesseler, 2005). Επιπλέον, δεν παράγεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση, που σημαίνει επιπλέον κόστος από τη μεταφορά αλλά και ανασφάλεια στον εφοδιασμό. Το κόστος της πιστοποιημένης γενετικά μη τροποποιημένης σόγιας είναι εξαιρετικά υψηλό, καθιστώντας δύσκολη την ένταξή της στην εντατική διατροφή των ζώων. Εναλλακτικά, έχουν χρησιμοποιηθεί για μερική υποκατάσταση της σόγιας, πλακούντες και άλευρα από την ελαιουργία ελαιούχων σπερμάτων, όπως του βάμβακος (*Gossypium spp.*), της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και του ηλιάνθου (*Helianthus annuus* L.) που έχουν σχετικά χαμηλό κόστος (Broderick et al. 2013; Laudadio et al. 2014). Είναι όμως περιορισμένη η χρήση τους λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ινώδεις ουσίες και/ή αντιθρεπτικούς παράγοντες (Gadelha et al. 2014; Montagne et al. 2003).

Επιπλέον, οι διαφορές στις ανάγκες σε αμινοξέα ανάμεσα στα διαφορετικά είδη, τον σωματότυπο των ζώων και το τελικό ζωοκομικό προϊόν για το οποίο προορίζονται (Batterham & Egan, 1986), καθιστούν απαραίτητη την ένταξη πολλαπλών πηγών πρωτεΐνης στην διαμόρφωση του σιτηρεσίου. Τα είδη που προτιμούνται για την κάλυψη των αναγκών αυτών είναι τα κτηνοτροφικά ψυχανθή (Hanbury et al. 2000).

Αναμφίβολα, η προώθηση της καλλιέργειας των εγχώριων κτηνοτροφικών ψυχανθών θα περιορίσει τις εισαγόμενες πρωτεϊνούχες ζωοτροφές, θα καλύψει μεγάλο μέρος των διατροφικών αναγκών των εκτρεφόμενων ζώων και θα συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση του κόστους της παραγωγής. Τα εγχώρια κτηνοτροφικά ψυχανθή θα μπορέσουν σε μεγάλο βαθμό να ακυρώσουν ή να μειώσουν τη χρήση της εισαγόμενης σόγιας και να συμβάλουν ώστε να μπορεί η χώρα μας να καλύψει τις ανάγκες της εγχώριας κτηνοτροφίας. Παράλληλα, η καθιέρωση της χρήσης τους θα ενισχύσει τον χαρακτήρα της τοπικότητας και θα συμβάλει καθοριστικά στην περαιτέρω αύξηση της παραγωγής βιολογικών ζωοκομικών προϊόντων.

1.3.2 Τα κτηνοτροφικά ψυχανθή

Η καλλιέργεια των ψυχανθών αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές σε παγκόσμια κλίμακα, καταλαμβάνοντας περίπου το 12 – 15% της καλλιεργήσιμης γης (Graham & Vance, 2003). Τα κτηνοτροφικά ψυχανθή καλλιεργούνται για παραγωγή ξηρού και χλωρού χόρτου, αλεύρου χορτονομής, ενσιρώματος, σανού, σπόρου και αχύρου. Τα σπουδαιότερα ψυχανθή που καλλιεργούνται για παραγωγή σπόρου είναι το μπιζέλι (*Pisum sativum* L.), το ρεβύθι (*Cicer arietinum* L.), το κουκί (*Vicia faba* L.), το λούπινο (*Lupinus albus* L.), το λαθούρι (*Lathyrus spp*) και η σόγια (*Glycine max* L.), τα σπέρματα της οποίας έχουν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Για τις υπόλοιπες χρήσεις (σανό, χλωρή νομή, ενσίρωση, βόσκηση κλπ), είναι η μηδική (*Medicago sativa* L.), ο βίκος (*Vicia sativa* L.), και διάφορα τριφύλλια. Ανάλογα με την εποχή σποράς, τα ψυχανθή διακρίνονται σε χειμερινά και εαρινά ψυχανθή. Στα χειμερινά ανήκουν: ο βίκος, η ρόβη, το κουκί, το μπιζέλι, το ρεβύθι, το λαθούρι και το λούπινο.

Η χρήση των ψυχανθών για τη διατροφή του ανθρώπου έχει μακρά ιστορία που χρονολογείται σε πάνω από τρεις χιλιετίες (Kaplan & Lynch, 1999; Graham & Vance, 2003). Η αποκλειστική καλλιέργεια όμως ορισμένων ειδών ως κτηνοτροφικά, έλαβε χώρα αρκετά αργότερα. Ο Θεόφραστος (370-287 π.Χ.) αναφέρει το λούπινο (*Lupinus*

spp.) και είδη του γένους *Vicia* ως καλλιεργούμενα είδη, εντούτοις την εποχή εκείνη, τα είδη αυτά είχαν παράλληλες χρήσεις, όπως τη χλωρά λίπανση, την ανθρώπινη κατανάλωση και φαρμακευτικές χρήσεις (Hirata, 2011). Μοναδική εξαίρεση στην ιστορία της καλλιέργειας ψυχανθών αποτελούσε η μηδική (*Medicago sativa* L.) που είναι και το πρώτο είδος που εξημερώθηκε, καλλιεργήθηκε ως κτηνοτροφικό φυτό στην Περσία πριν από 3 χιλιετίες και εξαπλώθηκε στην Ευρώπη μέσω της Ελλάδας κατά την περίοδο των Περσικών Πολέμων. Η καλλιέργειά της περιγράφηκε από αξιόλογους συγγραφείς όπως τον Θεόφραστο και τον Βάρωνα (116-27 π.Χ.). Οι πρώτες αναφορές εξάπλωσης της καλλιέργειας των κτηνοτροφικών ψυχανθών, όπως η βίγνα (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), χρονολογούνται κατά τους πρώτους Χριστιανικούς χρόνους, από τους συγγραφείς και αγρονόμους Πλινίο τον Πρεσβύτερο (23-25/79 μ.Χ.) και τον Κολουμέλα (4-70 μ.Χ.).

Η γνώση της ευνοϊκής επίδρασης των κτηνοτροφικών ψυχανθών στο έδαφος και κατ' επέκταση στις άλλες καλλιέργειες, είναι επίσης γνωστή από τους αρχαίους χρόνους (Hirata, 2011). Τα είδη αυτά, ως ψυχανθή, εκτός από αξιόλογη διατροφική αξία, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, έχουν και υψηλή αγρονομική αξία, λόγω των ιδιοτήτων του ριζικού τους συστήματος. Η ύπαρξη φυματίων, όπου διαβιώνουν τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, συμβάλει στην δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου και τον εμπλουτισμό του εδάφους με άζωτο, ενώ παράλληλα, η πασσαλώδης μορφή των ριζών συντελεί στην βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους. Λόγω των ευνοϊκών τους ιδιοτήτων, τα κτηνοτροφικά ψυχανθή είναι επιθυμητά σε ποικίλα προγράμματα αμειψισποράς, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος, την εφαρμογή των κωδίκων ορθής γεωργικής πρακτικής, τη συμμόρφωση προς τη νέα αναθεωρημένη ΚΑΠ της ΕΕ, την αειφορική διαχείριση των φυσικών γενετικών πόρων και εντέλει τη βιώσιμη ανάπτυξη.

Είναι φανερό η ανάγκη και για τη χώρα μας προσανατολισμού της έρευνας προς την κατεύθυνση της καλλιέργειας κτηνοτροφικών ψυχανθών και της αξιοποίησής τους στη διατροφή των αγροτικών ζώων και πτηνών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε ότι όπως όλες οι ευρωπαϊκές χώρες, έτσι και η χώρα μας εστιάζει στην αναζήτηση εναλλακτικών καλλιεργειών της σόγιας, και ως εκ τούτου παρατηρείται αύξηση της παραγωγής σπερμάτων από εγχώριες ποικιλίες κτηνοτροφικών ψυχανθών, όπως της ρόβης, του κουκιού, του ρεβυθιού, του μπιζελιού, του βίκου και του λούπινου. Τα είδη αυτά, εξαιτίας της υψηλής διατροφικής αξίας τους (Πίνακας 1.1), εύκολα μπορούν να ενσωματωθούν στα

σιτηρέσια όλων των αγροτικών ζώων και να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στην παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών ζωοκομικών προϊόντων. Επιπλέον, οι εγχώριες ποικιλίες είναι προσαρμοσμένες στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες και ως εκ τούτου η καλλιέργειά τους χαρακτηρίζεται από χαμηλές εισροές, αφού συνήθως δεν απαιτούν λίπανση και άρδευση, οι ανάγκες τους σε νερό είναι ελάχιστες, έχουν αποδεδειγμένα χαμηλό κόστος παραγωγής και εμπλουτίζουν τα εδάφη με άζωτο για τις επόμενες καλλιέργειες. Συνήθως καλλιεργούνται το φθινόπωρο και συγκομίζονται την άνοιξη, γεγονός που επιτρέπει στον παραγωγό να καλλιεργήσει στο ίδιο αγροτεμάχιο μια επιπλέον ανοιξιιάτικη καλλιέργεια, όπως είναι για παράδειγμα το καλαμπόκι, το σόργο, κ.ά.

Πίνακας 1.1. Χημική σύσταση του σπόρου της ρόβης, βάσει των αποτελεσμάτων παλαιότερων μελετών.

Ξηρά ουσία	Πρωτεΐνη	Ινώδεις ουσίες	Λιπαρές	Υδατάνθρακες	Τέφρα	Πηγή
94,5	26,5	5,32	0,4	588,6	3,38	Sadeghi et al., 2008
91,8	21,3	5,12	1,30	604,9	3,60	Hassan-nejad, 2003
94,6	22,2	7,41	2,18	627,9	5,45	Arabi, 1997
91,6	28,5	4,06	1,05	624,1	3,93	Ferran et al., 2001a
-	22,2	7,70	2,43	636,4	3,97	Tabatabaei et al., 2000
-	21,0	5,00	1,60	625	3,00	Lopez Bellido, 1994
-	28,0	-	-	-	-	Larbi et al., 2010
90,3	26,4	-	-	-	3,17	Aletor et al. 1994
92	26,1	3,50	1,10	-	3,20	Hadjipanayiotou et al., 1985
92,5	24,7	5,4	1,4	617,8	3,7	M.O.

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (2015) από την Ετήσια Γεωργική Στατιστική Έρευνα για το έτος 2015, η καλλιέργεια του συνόλου των κτηνοτροφικών φυτών στην Ελλάδα, καταλαμβάνει 2,5 εκατ. στρέμματα, εκ των οποίων περίπου το 15% χρησιμοποιείται για κτηνοτροφικά φυτά που παράγουν σπόρο (βίκος, ρόβη, λούπινο, λαθούρι, τριφύλλια). Ειδικότερα, η ρόβη καλλιεργείται σε 421 στρέμματα, με συνολική παραγωγή 61 τόνων σπόρου. Για την παραγωγή σανού, τις μεγαλύτερες εκτάσεις καταλαμβάνουν τα πολυετή τριφύλλια (π.χ. μηδική)

με 1,1 εκατ. στρέμματα και παραγωγή 1,2 εκατ. τόνων σανού, καθώς και ο βίκος με 165 χιλ στρέμματα και παραγωγή 71 χιλ. τόνους.

Όπως και στο σύνολο των κτηνοτροφικών ψυχανθών, η καλλιέργεια της ρόβης, όπως παρατηρείται στον Πίνακα 1.2, έχει κερδίσει ολοένα και αυξανόμενο έδαφος, καθώς από το 2010 έως το 2015 η έκταση που καταλαμβάνει στην Ελλάδα αυξήθηκε κατά περίπου 40%. Πρόσφατη αναφορά της ΕΛΣΤΑΤ (2015) για την κατανομή της καλλιέργειας της ρόβης ανά Περιφέρεια και νομό, δείχνει ότι πιο εκτενώς (σε πάνω από 50 στρέμματα) καλλιεργείται στη Βόρεια Ελλάδα (νομοί Ροδόπης, Κοζάνης, Γρεβενών, Χαλκιδικής) και στην Κρήτη (νομός Ηρακλείου).

Πίνακας 1.2. Εκτάσεις (στρέμματα) που καταλάμβαναν καλλιέργειες κτηνοτροφικών φυτών, κατά την πενταετία 2010 – 2015.

Είδος καλλιέργειας	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ρόβη	170	220	290	80	135,4	421
Ρεβίθια	37110	33080	43350	48160	51110	-
Κουκιά	4690	3080	2467	4410	7710	-
Λούπινα	146	132	163,6	520	1240	21361
Μπιζέλι	29240	18270	17190	23900	33990	-
Βίκος	77530	71860	47750	61850	69400	126544
Λαθούρια	-	-	-	-	-	1358
Τριφύλλια	-	-	-	-	-	21152

(Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

1.3.3 Θρεπτική σύσταση της ζωοτροφής

Ο όρος διατροφική αξία χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιηθεί σε μια τροφή η παρουσία και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών που είναι απαραίτητα για τα ζώα, αλλά και για να προβλεφθεί η παραγωγή από τα ζώα όπου αυτή χορηγήθηκε (Coleman & Henry, 2002; Dryden, 2008). Περιλαμβάνει την σύσταση της ζωοτροφής σε κατηγορίες θρεπτικών συστατικών (π.χ. πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, βιταμίνες και μέταλλα), την διαθεσιμότητα (δηλ. πεπτικότητα) των θρεπτικών συστατικών και της ενέργειας, καθώς και την αποτελεσματικότητα με την οποία αξιοποιούνται (Coleman & Moore, 2003).

Οι πιο σημαντικές κατηγορίες συστατικών που χαρακτηρίζουν μια ζωοτροφή είναι η πρωτεΐνη, οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι ιώδεις ουσίες, οι βιταμίνες, τα

ανόργανα στοιχεία, το νερό και η ενέργεια. Η ενέργεια δεν αποτελεί η ίδια θρεπτικό στοιχείο, αλλά παρέχεται από διάφορα συστατικά της τροφής, όπως το άμυλο, τα σάκχαρα, οι ινώδεις ουσίες, τα λιπίδια και η πρωτεΐνη (Coleman & Moore, 2003). Τα θρεπτικά συστατικά έχουν ευρέως ταξινομηθεί σε *μακροθρεπτικά*, *μικροθρεπτικά* και τα *αναγκαία* θρεπτικά στοιχεία. Στα μακροθρεπτικά συγκαταλέγονται οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια, που αποτελούν πηγή ενέργειας και δομής των ζωικών κυττάρων, καθώς και το νερό και οι ινώδεις ουσίες. Τα μικροθρεπτικά περιλαμβάνουν τα μεταλλικά στοιχεία, τις βιταμίνες και τα οργανικά οξέα, ενώ ως αναγκαία θεωρούνται ορισμένα αμινοξέα (λευκίνη, βαλίνη) και λιπαρά οξέα (Warne, 2014). Θεωρητικά, όλα τα θρεπτικά συστατικά πρέπει να είναι διαθέσιμα στο σιτηρέσιο του ζώου, ώστε ο μοναδικός περιοριστικός παράγοντας για την παραγωγικότητά του να είναι το γενετικό δυναμικό του. Επομένως, πρωταρχικό ρόλο παίζει η ποιότητα μιας ζωοτροφής, η οποία καθορίζει και τον βαθμό χρησιμοποίησής της στα σιτηρέσια των ζώων.

1.1.1.1 Ξηρά ουσία

Η ξηρή ουσία, περιλαμβάνει το σύνολο των ανόργανων και οργανικών συστατικών της τροφής, όπως υδατάνθρακες, λιπαρά, πρωτεΐνες, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία και ίνες. Οι ζωοτροφές αποτελούνται από ξηρά ουσία και νερό (Buckmaster, 2010), επομένως το ποσοστό ξηράς ουσίας αντιστοιχεί στη μάζα του δείγματος μετά από ξήρανση σε θερμοκρασία 100 °C και ατμοσφαιρική πίεση περιβάλλοντος. Η απώλεια βάρους αντιστοιχεί στην υγρασία του δείγματος (νερό) που είναι συμπληρωματικό της ξηράς ουσίας. Υψηλή περιεκτικότητα της ζωοτροφής σε ξηρά ουσία, συνεπάγεται και υψηλά επίπεδα των ωφέλιμων οργανικών και ανόργανων συστατικών της (Παπαδόπουλος, 1998). Η συγκέντρωση διαφόρων θρεπτικών ή τοξικών ουσιών μιας ζωοτροφής εκφράζεται σε ποσοστό επί της ξηράς ουσίας, γεγονός που καθιστά ευκολότερη την σύγκριση μεταξύ των ζωοτροφών, καθώς αυτές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς την περιεκτικότητα σε υγρασία (Wattiaux, 1999).

1.1.1.2 Πρωτεΐνη

Οι πρωτεΐνες είναι οργανικά στοιχεία που αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και σε ορισμένες περιπτώσεις σίδηρο, φωσφόρο και θείο. Αποτελούν βασική δομική ύλη των ζωικών ιστών και συμμετέχουν στην ανάπτυξη νέων και την

αποκατάσταση παλαιότερων ιστών. Οι πρωτεΐνες συντίθενται από ποικίλους συνδυασμούς έως 26 αμινοξέων, που αποτελούν βασικό δομικό συστατικό (Schaefer, 1946). Πολλά από τα αμινοξέα δεν μπορεί να τα συνθέσει ο οργανισμός του ζώου (αργινίνη, ιστιδίνη, ισολευκίνη, λευκίνη, λυσίνη, μεθειονίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, τρυπτοφάνη, βαλίνη) ή τα συνθέτει σε ανεπαρκείς ποσότητες και χρειάζεται να τα εφοδιαστεί μέσω της τροφής (Bergen, 2007). Γι' αυτό και τα αμινοξέα αυτά συγκαταλέγονται στα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία, ως στοιχεία δηλαδή που πρέπει να τα εφοδιαστεί εξωγενώς το ζώο για την ομαλή λειτουργία του οργανισμού του (Warne, 2014). Οι πρωτεΐνες θεωρούνται βασικό συστατικό για την ανάπτυξη του ζώου. Καθώς οι περισσότερες ζωοτροφές έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, η ανεπάρκεια στο στοιχείο αυτό θεωρείται και η πιο συχνή τροφική ανεπάρκεια, με εμφανή συμπτώματα που περιλαμβάνουν το μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης, χαμηλότερο βάρος, ή χαμηλότερα επίπεδα γαλακτοπαραγωγής (Madsen, 1942).

Το ποσοστό των ζωοτροφών σε πρωτεΐνες υπολογίζεται μέσω του προσδιορισμού του αζωτούχου κλάσματος. Το κλάσμα αυτό, περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες και τις μη πρωτεϊνικής φύσεως αζωτούχες ουσίες. Η αναλογία του αζώτου των πρωτεϊνών προς το υπόλοιπο άζωτο εξαρτάται από το είδος της τροφής και την κατηγορία στην οποία ανήκει. Οι πρωτεΐνες των ζωοτροφών έχουν περιεκτικότητα σε άζωτο που κυμαίνεται από 16-19 %. Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άζωτο έχουν εκείνες των ελαιούχων σπερμάτων (βαμβακιού 18,9%, φοινικοειδών 18,3%), ενώ μικρότερη έχουν οι ζωικής προέλευσης (15,8-16%). Οι μη πρωτεϊνικής φύσεως αζωτούχες ουσίες έχουν μεγαλύτερο εύρος περιεκτικότητας σε άζωτο (π.χ. ουρία 46,6%) (Παπαδόπουλος, 1998).

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα φυτικά είδη (Wallace et al., 1997). Μερικά από τα κτηνοτροφικά φυτά με τις υψηλότερες περιεκτικότητες σε πρωτεΐνες είναι το λειμώνιο τριφύλλι (*Trifolium pretense* L.), το έρπον τριφύλλι (*Trifolium repens* L.) και η μηδική (*Medicago sativa* L.) που έχουν σημαντική αξία και συμβολή στο πρωτεϊνικό περιεχόμενο του σιτηρεσίου των παραγωγικών ζώων (Ruckle et al., 2017).

1.1.1.3 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες συντίθενται από άτομα άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου σε μορφή δακτυλίου και διακρίνονται σε μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη), ολιγοσακχαρίτες (σουκρόζη) και πολυσακχαρίτες (άμυλο, φρουκτάνες). Οι ινώδεις ουσίες επίσης εντάσσονται στην εν λόγω κατηγορία, ως δομικοί υδατάνθρακες, που όμως απορροφώνται μερικώς από το πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών ζώων (Knudsen et al., 2016; Smith & Prince, 2017). Οι μονο- και δισακχαρίτες εντάσσονται στην κατηγορία των υδατοδιαλυτών υδατανθράκων, ενώ μαζί με το άμυλο και τις φρουκτάνες αποτελούν τους μη-δομικούς υδατάνθρακες (Smith & Prince, 2017). Σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες είναι η μόνη κατηγορία θρεπτικών που απαντά σε αφθονία σε όλα τα φυτά, αφού αποτελεί προϊόν της φωτοσύνθεσής τους. Αποτελούν έτσι το 50 – 80% της ξηρής βιομάζας των κτηνοτροφικών φυτών και την κύρια πηγή ενέργειας για τους ζωικούς οργανισμούς (Knudsen et al. 2016).

Αυξημένη περιεκτικότητα των ζωοτροφών σε (μη-δομικούς) υδατάνθρακες έχει συσχετιστεί θετικά με τις προτιμήσεις των ζώων (Mayland et al. 2000) και την αύξηση του βάρους (Gregorini et al., 2006) και σε γενικές γραμμές θεωρείται πλεονέκτημα για τις ζωοτροφές. Το άμυλο, αποτελεί αποθησαυριστικό υδατάνθρακα στα φυτά και ως εκ τούτου συναντάται σε μεγαλύτερες ποσότητες στον σπόρο τους. Η περιεκτικότητα της φυτομάζας σε υδατάνθρακες εξαρτάται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και από το είδος των φυτών (Knudsen et al., 2016; Smith & Prince, 2017).

1.1.1.4 Λιπίδια

Οι λιπαρές ουσίες, όπως και οι υδατάνθρακες, είναι μόρια που αποτελούνται από άτομα άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου. Στην πλειονότητά τους είναι τριγλυκερίδια, που αποτελούνται από την ένωση μονομερών λιπαρών οξέων με γλυκερόλη.

Οι ολικές λιπαρές ουσίες διαχωρίζονται σε: ουδέτερα λίπη (γλυκερίδια λιπαρών οξέων), τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, τις λιποδιαλυτές χρωστικές και βιταμίνες, τα αιθέρια έλαια, τις ρητίνες, τις στερόλες και άλλες ουσίες που διαλύονται στον αιθέρα. Από τις παραπάνω ουσίες, τα ουδέτερα λίπη αποτελούν το σημαντικότερο κλάσμα της ζωοτροφής για την θρέψη των ζώωνκαθότι αυξάνουν την ενεργειακή

αξία της. Οι υπόλοιπες ουσίες απαντώνται σε μικρή αναλογία και, αν εξαιρέσουμε τις λιποδιαλυτές βιταμίνες και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, δεν θεωρούνται θρεπτικά συστατικά και σε μεγαλύτερες αναλογίες υποβαθμίζουν την ποιότητα της ζωοτροφής (Παπαδόπουλος, 1998). Μερικά λιπαρά οξέα (λινολεϊκό οξύ, α-λινολενικό οξύ) δεν μπορούν να συντεθούν στον οργανισμό των ζώων, επομένως πρέπει να χορηγηθούν μέσω της τροφής. Τα κτηνοτροφικά φυτά παρέχουν όλα τα απαραίτητα λιπίδια στη διατροφή των μυρκαστικών. Το σύνολο των λιπιδίων βρίσκεται σε αφθονία στα φύλλα των κτηνοτροφικών φυτών που προορίζονται για βοσκή ή σανό, κατά τα πρώτα βλαστητικά τους στάδια, όπου κυμαίνονται μεταξύ 3,5 και 4% της ξηρής ουσίας τους (Mir et al. 2006), ενώ παλιότερη αναφορά έχει υποστηρίξει και ποσοστά έως 8% (Harfoot 1981, όπως αναφέρουν οι Boufaied et al., 2003).

Η περιεκτικότητα των φυτών σε λιπίδια επηρεάζεται από το είδος και την ποικιλία του φυτού, καθώς και από το περιβάλλον, το στάδιο ανάπτυξης και συγκομιδής και τη μέθοδο συντήρησης της ζωοτροφής (Yang & Fujita, 1997; Boufaied et al., 2003; Clapham et al. 2005). Συγκεκριμένα, ένα μεγάλο ποσοστό των λιπιδίων χάνεται καθώς βαίνει το φυτό προς την ωρίμανση, και μεγάλο μέρος οξειδώνεται κατά τις διεργασίες ενσίρωσης ή παραγωγής σανού (Dewhurst et al. 2010). Οι παράγοντες είδος και στάδιο κοπής για κτηνοτροφικά φυτά όπως η πολυετής ήρα (*Lolium perenne* L.), η φεστούκα (*Festuca pratensis* L.) και τα υβρίδιά τους (*x Festulolium*), παίζουν καθοριστικό ρόλο στην περιεκτικότητά τους σε λιπαρά οξέα (Dewhurst et al. 2001).

1.1.1.5 Ινώδεις ουσίες

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο των υδατανθράκων, οι ινώδεις ουσίες θεωρούνται ερειστικοί (δομικοί) υδατάνθρακες, που συμμετέχουν στην δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων. Οι ουσίες αυτές είναι η κυτταρίνη, οι ημικυτταρίνες και οι πηκτινικές ύλες. Η λιγνίνη επίσης μετέχει στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων και ενώνεται μέσω φυσικού δεσμού με την κυτταρίνη σχηματίζοντας σύμπλοκο. Από τους παραπάνω υδατάνθρακες, η λιγνίνη είναι άπεπτη, ενώ η κυτταρίνη και οι ημικυτταρίνες πέπτονται μερικώς (Παπαδόπουλος, 1998).

Οι ζωοτροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες έχουν συσχετιστεί με την παρεμπόδιση της αξιοποίησης θρεπτικών ουσιών από το πεπτικό σύστημα του ζώου, καθώς και με χαμηλή ενεργειακή αξία της ζωοτροφής (Knudsen, 2001).

Ωστόσο, η αρνητική επίδραση εξαρτάται από την σύσταση της ζωοτροφής σε ινώδεις ουσίες (Lindberg, 2014), η οποία διαφέρει ανάμεσα στα είδη και τις ποικιλίες των φυτών (Grev et al. 2017). Επιπλέον, η παρουσία των ινωδών στις ζωοτροφές έχει θετική επίδραση στην υγεία του εντέρου, ενισχύουν τον κορεσμό και μπορούν να βελτιώσουν την ευεξία των ζώων (Knudsen et al. 2012; Lindberg 2014).

Η εκτίμηση της αναλογίας των ινωδών ουσιών στη ζωοτροφή εξαρτάται από τη μέθοδο προσδιορισμού. Οι συνολικές ινώδεις ουσίες προσδιορίζονται κατά Henneberg & Stohmann, σύμφωνα με την αναλυτική τακτική Weende, ενώ για τον προσδιορισμό των κλασμάτων τους χρησιμοποιείται η αναλυτική μέθοδος των Van Soest και Moore, η οποία στηρίζεται στο διαχωρισμό της ξηράς ουσίας της ζωοτροφής σε δύο κατηγορίες συστατικών: α) το κυτταρικό περιεχόμενο, δηλαδή τις ουσίες που βρίσκονται εντός του κυττάρου και β) τα κυτταρικά τοιχώματα, δηλαδή χημικές ενώσεις που μετέχουν στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος. Για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός, τα δείγματα υποβάλλονται σε βρασμό με ένα «διάλυμα ουδέτερης αντίδρασης» (Neutral Detergent Solution, NDS) που διαλυτοποιεί το κυτταρικό περιεχόμενο και εκτιμάται συνολικά, η περιεκτικότητα της ζωοτροφής σε ημικυτταρίνες, κυτταρίνες, λιγνίνη, κουτίνη και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά (NDF). Με το NDS διάλυμα, δεν υδρολύεται πλήρως το άμυλο και οι αζωτούχες ουσίες, γι' αυτό αν η ζωοτροφή είναι πλούσια στα συστατικά αυτά, τότε η τιμή NDS εμφανίζεται μεγαλύτερη από την πραγματική. Με την χρήση του «διαλύματος όξινης αντίδρασης» (Acid Detergent Solution, ADS), εκτός από την υδρόλυση του κυτταρικού περιεχομένου, υδρολύονται και περνούν στο διήθημα οι ημικυτταρίνες και μικρό μέρος πρωτεϊνών. Το κλάσμα ADF, εκφράζει συνολικά την περιεκτικότητα της ζωοτροφής σε κυτταρίνη, λιγνίνη, κουτίνη και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Η τιμή του ADF συνδέεται πιο στενά με το πεπτό μέρος της ξηράς ουσίας της ζωοτροφής, κι έτσι εκφράζει με μεγαλύτερη προσέγγιση το κλάσμα των συστατικών της τροφής που χρησιμοποιείται λιγότερο από τα ζώα (Παπαδόπουλος, 1998).

Η λιγνίνη, που περιλαμβάνεται στο σύνολο και στα κλάσματα των ινωδών ουσιών, είναι ένα πολυφαινολικό συστατικό που είναι αδιάλυτο στην πέψη κι επομένως επηρεάζει αρνητικά την πεπτικότητα της ζωοτροφής. Τα επίπεδα των κλασμάτων των ινωδών ουσιών, σε συνδυασμό με την περιεκτικότητα σε πεπτύς υδατάνθρακες καθορίζουν σημαντικά την ποιότητα και την πεπτικότητα της ζωοτροφής (Capstaff & Miller, 2018). Ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα κτηνοτροφικά φυτά με πολύ καλή πεπτικότητα θεωρείται η ήρα η πολυετής (*Lolium*

perenne L.), λόγω χαμηλών επιπέδων λιγνίνης και υψηλής περιεκτικότητας σε διαλυτά σάκχαρα (Ruckle et al. 2017).

1.1.1.6 Τέφρα

Η τέφρα αποτελεί το σύνολο των ανόργανων συστατικών της ζωοτροφής και αντιστοιχεί στο μέρος της ζωοτροφής που μένει, έπειτα από πυράκτωση του δείγματος στους 500 °C. Το μέρος που καίγεται κατά την πυράκτωση αντιστοιχεί στην οργανική ουσία, δηλαδή το συμπληρωματικό της τέφρας. Το σύνολο της τέφρας της ζωοτροφής προέρχεται από δύο πηγές: α) εσωτερική, δηλαδή το σύνολο των ανόργανων μεταλλικών στοιχείων των μερών του φυτού και β) εξωτερική, δηλαδή ρύπους από γαιώδεις προσμίξεις (Παπαδόπουλος, 1998). Στα ψυχανθή η περιεκτικότητα σε τέφρα ποικίλει από 6-9 % Η πολύ υψηλή περιεκτικότητα είναι ένδειξη ρύπανσης της ζωοτροφής από το χώμα του εδάφους, το οποίο μειώνει την ποιότητά της (Hoffman, 2005). Στην τέφρα, με ειδικές αναλυτικές τεχνικές γίνεται ο προσδιορισμός των ανόργανων στοιχείων στη ζωοτροφή. Στην περίπτωση όμως προσδιορισμού σεληνίου και άλλων στοιχείων που χάνονται κατά την πυράκτωση του δείγματος, συνιστάται η μέθοδος της υγρής αποτέφρωσης, για μεγαλύτερη ακρίβεια (Παπαδόπουλος, 1998).

1.1.1.7 Μεταλλικά στοιχεία

Τα μεταλλικά στοιχεία, είναι ανόργανα στοιχεία που είναι επίσης απαραίτητα στην θρέψη φυτών και ζώων. Οι αναγκαίες συγκεντρώσεις των στοιχείων αυτών στον ζωικό οργανισμό συνήθως είναι χαμηλότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες των απαραίτητων οργανικών στοιχείων και ενέργειας. Ωστόσο, είναι ζωτικής σημασίας για το μεταβολισμό τόσο του ζωικού όσο και του φυτικού οργανισμού και η ανεπάρκεια σε θρεπτικά στοιχεία μπορεί να επηρεάσει αισθητά την παραγωγικότητα και υγεία των ζώων (Zargar et al., 2015). Στον αντίποδα του ζητήματος, η προσπάθεια για τη μη συσσώρευση τοξικών επιπέδων των μεταλλικών στοιχείων έχει μεγάλη σημασία (Capstaff & Miller 2018). Τα άχυρα των κτηνοτροφικών φυτών, συνήθως δεν πληρούν τις προδιαγραφές των αναγκαίων συγκεντρώσεων, πολλές φορές διαθέτοντας μεγάλες ποσότητες πυριτίου, σεληνίου και φθορίου που μπορούν να προκαλέσουν συμπτώματα τοξικότητας στα ζώα (Georgievskii et al., 1982).

Ορισμένα στοιχεία μπορούν επίσης να επηρεάσουν αρνητικά την γευστικότητα της ζωοτροφής. Σημαντική βρέθηκε να είναι η συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα των φυτών σε Mg, Na και K και τις τροφικές προτιμήσεις των φυτοφάγων εντόμων (Joern et al. 2012). Συσχετίσεις ανάμεσα στην προτίμηση μηρυκαστικών ζώων και τα επίπεδα μεταλλικών στοιχείων εντοπίστηκαν και για πολλά είδη κτηνοτροφικών φυτών (Sultan et al., 2008; Rahim et al. 2013). Οι ανάγκες των ζώων σε μεταλλικά στοιχεία εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο παραγωγής τους. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι το Ασβέστιο, ο Φωσφόρος, το Μαγνήσιο, ο Χαλκός, ο Ψευδάργυρος, το Νάτριο, το Κάλιο, το Χλώριο, το Μαγγάνιο, το Σελήνιο, το Ιώδιο, το Κοβάλτιο και το Θείο (Georgievskii et al. 1982).

Τα στοιχεία Fe και Zn, ως καταλυτικοί παράγοντες στο μεταβολισμό των ανωτέρων οργανισμών, θεωρούνται από τα πλέον απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία για την ανάπτυξή τους και πρέπει να είναι διαθέσιμες οι επαρκείς ποσότητες στην διατροφή τους (Brugger & Windisch, 2016; Zargar et al., 2015). Ο Ψευδάργυρος σε γενικές γραμμές, συμβάλει στην ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και της σωματικής ανάπτυξης (Nielsen, 2012) και έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες. Οι ανάγκες σε Zn καλύπτονται κυρίως με προσθήκη ισορροπιστών, καθώς δεν υπάρχουν φυσικές τροφές που να μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των ζώων στο στοιχείο αυτό (Kirchgessner et al. 1993; Nielsen 2012; Brugger & Windisch 2016). Λόγω συνήθους προσθήκης μεγαλύτερης ποσότητας από την καθημερινή απαιτούμενη για κάθε ζώο, υπάρχουν ανησυχίες για τον αντίκτυπο στο περιβάλλον και την υγεία του ζώου και του καταναλωτή. Για το λόγο αυτό, έχουν ξεκινήσει προσπάθειες εύρεσης φυσικών πόρων διαθέσιμου Ψευδαργύρου (Brugger & Windisch 2016). Οι ανάγκες σε Σίδηρο, συνήθως καλύπτονται επαρκώς από τις φυσικές ζωοτροφές. Υψηλότερες περιεκτικότητες από τα επιθυμητά επίπεδα αποτελούν ένδειξη ρύπανσης της ζωοτροφής από το έδαφος και πρέπει να αποφεύγεται γιατί μπορεί η παρουσία του να παρεμποδίζει την δράση ή απορρόφηση άλλων μεταλλικών στοιχείων (Hibma, 2016). Η περιεκτικότητα των φυτών σε Fe και Zn, όπως και στα περισσότερα μεταλλικά στοιχεία επηρεάζεται σημαντικά από την διαθεσιμότητά τους στο έδαφος, αλλά παρουσιάζει υψηλή παραλλακτικότητα και ανάμεσα στα είδη και τους γονότυπους του κάθε είδους και ποικιλίας, λόγω των διαφορών τους στην ικανότητα απορρόφησης των στοιχείων από το έδαφος (Zargar et al. 2015). Η παραλλακτικότητα αυτή έχει μελετηθεί στα σιτηρά (Graham et al. 1992; Çakmak & Kutman 2017) και στα ψυχανθή, όπως το κοινό φασόλι (Ribeiro et al., 2012;

Gouveia et al. 2014; Zargar et al. 2015), το κουκί (Baloch et al. 2015), το ρεβύθι και την φακή (Vandemark et al. 2018).

Τα στοιχεία Ca και P, έχουν δομική λειτουργία, συμμετέχοντας ενεργά στην δομή του σκελετού των ζωικών οργανισμών. Σε γενικές γραμμές, οι ζωοτροφές από ψυχανθή εξασφαλίζουν επαρκείς ποσότητες ασβεστίου στην διατροφή των ζώων. Είναι σπάνιες οι περιπτώσεις τοξικότητας από Ca και P, και η περισσότερη προσοχή κατευθύνεται στην εκπλήρωση των διαφορετικών απαιτήσεων του κάθε ζώου, ιδίως κατά την περίοδο του παραγωγικού του κύκλου (Harty 2014) και στην αναλογία μεταξύ τους. Τα συμπτώματα ανεπάρκειας σε φωσφόρο, θεωρούνται από τα πλέον διαδεδομένα και οικονομικής σημασίας στην διατροφή των ζώων, κυρίως λόγω ανεπαρκών ποσοτήτων στην ζωοτροφή (Madsen 1942; Chase 1998). Η διαθεσιμότητα του P στα σιτηρά διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και από είδος σε είδος, με το σιτάρι να υπερτερεί των υπολοίπων, λόγω της ύπαρξης ενζύμων (φυτάση) που τον καθιστούν διαθέσιμο. Για το λόγο αυτό γίνεται και βιομηχανική χρήση του ενζύμου αυτού για προσθήκη του στις ζωοτροφές (Chase 1998).

Τα υπόλοιπα προαναφερθέντα μεταλλικά στοιχεία (Mn, I, Co, Se) είναι επίσης απαραίτητα, ως καθοριστικοί λειτουργικοί παράγοντες στον ζωικό οργανισμό. Το Μαγγάνιο μπορεί να επηρεάσει τον οίστρο, καθώς και την σωματική διάπλαση των νεογνών (Hidiroglou, 1979), το Ιώδιο έχει ως κύριο ρόλο τη ρύθμιση του μεταβολισμού των ορμονών του θυρεοειδούς αδένος (Flachowsky, 2007), το Σελήνιο έχει αντιοξειδωτική δράση και ευνοϊκή επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα (Edens & Sefton, 2016), ενώ το Κοβάλτιο είναι βασικό συστατικό της Βιταμίνης B12 που συντίθεται στον οργανισμό των ζώων και έχει μεγάλη σημασία για το μεταβολισμό τους (Henry, 1995). Και τα τέσσερα στοιχεία απαντώνται σε διαφορετικές ποσότητες στις ζωοτροφές, αναλόγως του είδους κτηνοτροφικού φυτού και της περιοχής όπου αναπτύχθηκε. Η καλλιεργητική πρακτική και η λίπανση παίζουν βασικό ρόλο στις τελικές συγκεντρώσεις των στοιχείων στα φυτά. Σε κάθε περίπτωση, οι ποσότητες στις ζωοτροφές δεν μπορούν να φτάσουν τα επίπεδα τοξικότητας, εκτός εάν εφαρμοστεί αλόγιστη χρήση συμπληρωμάτων. Η χρήση της οργανικής μορφής συμπληρωμάτων έχει αποδειχθεί να είναι πιο αποτελεσματική από την ανόργανη μορφή (Hidiroglou 1979; Henry 1995; Flachowsky 2007; Lyons et al. 2007; Castro et al. 2011).

Το Κάλιο είναι το τρίτο σε αφθονία στοιχείο στον ζωικό οργανισμό, μετά το Ca και το P. Εκτελεί κύριες οσμωτικές και βιοχημικές λειτουργίες στον ζωικό μεταβολισμό και είναι ένας από τους πιο κοινούς ηλεκτρολύτες, μαζί με το Νάτριο και το Χλώριο. Οι ανάγκες σε K διαφέρουν αναλόγως το είδος και τύπο του κάθε ζώου και σε γενικές γραμμές είναι μικρές συγκριτικά με των υπολοίπων στοιχείων (Orent-Keiles & McCollum, 1941). Το Νάτριο πρέπει να βρίσκεται σε επαρκείς ποσότητες, ώστε να είναι εφικτή η αφομοίωση ορισμένων αμινοξέων και σακχάρων από το λεπτό έντερο (McDowell, 2017). Συναντάται κυρίως στη μορφή του άλατος NaCl, το οποίο προστίθεται επιπλέον στις ζωοτροφές, ώστε να πληρούνται οι ανάγκες των ζώων σε Na αλλά και σε Cl (Berger, 2006). Το Μαγνήσιο συμμετέχει σε πολλές βιοχημικές διεργασίες του μεταβολισμού, με δράση που σχετίζεται στενά με των Ca και P. Οι ανάγκες σε Mg εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης και την παραγωγικότητα του ζώου και η ακριβής γνώση τους είναι απαραίτητη (Pointillart, 1989). Ο εμπλουτισμός σιτηρεσίου με Mg έχει βελτιώσει αισθητά την πεπτικότητα των ζωοτροφών Ωστόσο, περιεκτικότητα μεγαλύτερη του επιθυμητού, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την διαθεσιμότητα Ca και P (Gaál et al. 2004).

Σε γενικές γραμμές, οι φυσικές ζωοτροφές δεν διαθέτουν σε επαρκείς ποσότητες στα απαραίτητα μεταλλικά στοιχεία για την κάλυψη των ετησίων αναγκών των ζώων, με κίνδυνο την εμφάνιση συμπτωμάτων τροφικής ανεπάρκειας (Khan, Ashraf & Hussain, 2007). Για το λόγο αυτό, είναι ευρεία εδώ και πολλά χρόνια, η χρήση διατροφικών συμπληρωμάτων για ενίσχυση της περιεκτικότητας των ζωοτροφών στα μεταλλικά στοιχεία. Η περιεκτικότητα κτηνοτροφικών φυτών σε μεταλλικά στοιχεία εξαρτάται έντονα από τις εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές συνθήκες στις οποίες αναπτύχθηκαν, καθώς και από το γενετικό τους υπόβαθρο (Khan et al. 2007; Marijanušić et al. 2017). Είναι απαραίτητη η γνώση του περιεχομένου μιας ζωοτροφής σε όλα τα αναγκαία μεταλλικά στοιχεία, ώστε να εφοδιαστούν και με τα αντίστοιχα συμπληρώματα και να αποφευχθούν συμπτώματα ανεπάρκειας, ή ακόμα και τοξικότητας, που για ορισμένα στοιχεία μπορεί να είναι χειρότερα από της ανεπάρκειας (McDowell, 1996). Η ενίσχυση της περιεκτικότητας των φυτών σε μεταλλικά στοιχεία, μέσω της βιοενδυνάμωσης, είτε διαμέσου της θρέψης είτε με την χρήση βελτιωτικών προγραμμάτων, είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται ευρύτατα στα όσπρια (Blair et al. 2013; Kahraman et al. 2017) και στο ρύζι (Barokah et al. 2018) για ενίσχυση του θρεπτικού προφίλ τους στην διατροφή του ανθρώπου.

1.3.4 Αξιολόγηση της θρεπτικής αξίας των ψυχανθών

Η θρεπτική αξία των ψυχανθών είναι αξιόλογη, καθώς περιλαμβάνει σχετικά υψηλότερα ποσοστά πρωτεϊνών εξαιρετικής ποιότητας, ασβέστιο, φωσφόρο, καθώς και σημαντική ποσότητα βιταμινών A και D (Batterham & Egan, 1986; Cabrera et al. 2003). Τα σπέρματα των διαφόρων ειδών και ποικιλιών κτηνοτροφικών ψυχανθών αποτελούν πηγές ενέργειας, ιωδών, αμινοξέων, μεταλλικών στοιχείων, βιταμινών και λιπαρών οξέων (Batterham & Egan, 1986) και χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ευρώπη για τη διατροφή των χοίρων, πτηνών και μηρυκαστικών (Gatel, 1994). Η συμβολή τους όμως σε ενέργεια, αμινοξέα, πρωτεΐνη και ασβέστιο θεωρείται ότι έχει μεγαλύτερη σημασία, καθώς ενισχύουν το οικονομικό δυναμικό της ζωοτροφής (Batterham & Egan, 1986).

Συγκριτικά με τα σιτηρά, τα σπέρματα και το άχυρο των ψυχανθών έχουν ίση έως και ελαφρώς υψηλότερη ενεργειακή αξία, χαμηλότερη ποσότητα αμύλου και ιωδών ουσιών και υψηλότερη περιεκτικότητα σε αζωτούχες ουσίες πρωτεϊνικής φύσεως (Mosse 1990; López et al. 2005). Επιπλέον τα επίπεδα ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων, όπως η λυσίνη, η θρεονίνη και (σε μικρότερο βαθμό) η τρυπτοφάνη στα σιτηρά είναι ελλειμματικά (D’Mello, 1993; Shewry, 2007), έτσι ώστε να χρειάζεται η συμπλήρωσή τους στα σιτηρέσια. Για το λόγο αυτό, εξ’ άλλου, επιχειρείται και η δημιουργία νέων ποικιλιών σιτηρών με μεγαλύτερα επίπεδα λυσίνης. Στα ψυχανθή όμως, τα επίπεδα λυσίνης είναι ικανοποιητικά για να καλύψουν τις ανάγκες των ζώων (Hanbury et al. 2000· Ribeiro & Melo 1990; Sadeghi et al. 2008). Η συμπληρωματική χρήση σιτηρών και ψυχανθών στα σιτηρέσια των ζώων, συμβάλλει στην εξισορρόπηση των επιπέδων όλων των απαραίτητων αμινοξέων και στην αποφυγή ανάπτυξης προβλημάτων ανεπάρκειας σε κάποιο/α από τα αμινοξέα (Batterham & Egan 1986; Shewry & Tatham 1999).

Τα σπέρματα των ψυχανθών διαθέτουν αξιόλογες ποσότητες μεταλλικών στοιχείων, όπως Fe και Zn και άλλα μικροστοιχεία που σε γενικές γραμμές απαντούν σε σιτηρά και άλλες κατηγορίες φυτών σε μικρότερες ποσότητες (Blair et al. 2013). Όπως έχει αποδειχθεί στο κοινό φασόλι (Ribeiro et al. 2012; Blair et al. 2013; Gouveia et al. 2014), το κουκί (Baloch et al. 2014), το μαυρομάτικο φασόλι και την φακή (Vandemark et al. 2018), υπάρχει μεγάλη παραλλακτικότητα ανάμεσα στις ποικιλίες και τα είδη ψυχανθών ως προς τη συγκέντρωσή τους στα μεταλλικά

στοιχεία, γεγονός που δίνει την δυνατότητα βελτίωσης των επιπέδων τους σε προγράμματα βελτίωσης (Blair et al. 2013).

Η χρήση των άγριων και παραδοσιακών πληθυσμών έχει μεγάλη σημασία στα προγράμματα δημιουργίας νέων ποικιλιών κτηνοτροφικών φυτών λόγω της υψηλής παραλλακτικότητας που εμφανίζουν ως προς τα επιθυμητά προς βελτίωση χαρακτηριστικά. Η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, η ανθεκτικότητα σε ασθένειες, έντομα και νηματώδεις, η πεπτικότητα και η θρεπτική σύσταση είναι τα επιθυμητά χαρακτηριστικά των φυτών που έχουν ως αποτέλεσμα μια ποιοτικά καλή ζωοτροφή. Βελτιωμένες ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί επιτυχώς για τα κτηνοτροφικά είδη των γενών *Medicago*, *Trifolium*, *Lolium* και *Festuca* (Capstaff & Miller, 2010). Η διαδικασία της βελτίωσης δεν είναι εύκολη, κυρίως λόγω πολυπλοειδίας πολλών ειδών ψυχανθών και αγρωστωδών, για τα οποία έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες (Piano et al. 2007; Riday & Brummer, 2007; Blackmore et al., 2016; Luo et al., 2016). Την τελευταία δεκαετία, νέες εξελίξεις στις μεθόδους αλληλούχισης γονιδιωμάτων, όπως την ταυτοποίηση μονονουκλεοτιδικών πολυμορφισμών (SNPs) σε είδη *Lolium* (Blackmore et al. 2016) και *Trifolium* (Nagy et al. 2013) παίζουν καθοριστικό ρόλο στην δημιουργία νέων ποικιλιών. Οι μέθοδοι αυτές, μαζί με την ανάλυση περιοχών ποσοτικών χαρακτήρων (QTL) και την υποβοηθούμενη από μοριακούς δείκτες ανάλυση (MAS), παρέχουν νέα μεταγραφικά δεδομένα, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την βελτίωση ως προς τα θρεπτικό περιεχόμενο των φυτών. Σε ποικιλίες της μηδικής και της ήρας έχουν βρεθεί γονίδια που συσχετίστηκαν ισχυρά με αυξημένα επίπεδα παραγωγής ξηράς ουσίας (McKersie et al. 2000; Warnke et al. 2002). Τα θρεπτικά στοιχεία που είναι σημαντικότερα για τα σανοδοτικά κτηνοτροφικά φυτά είναι οι πρωτεΐνες και οι υδατοδιαλυτοί υδατάνθρακες. Για βελτίωση της περιεκτικότητας της φυτικής βιομάζας σε πρωτεΐνες και κυρίως θειούχα αμινοξέα, στα οποία υστερούν, έχουν χρησιμοποιηθεί ποικιλίες λούπινου (*Lupinus albus* L.) ως πηγές για τα προγράμματα βελτίωσης (Tabe & Droux, 2002). Η περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτούς υδατάνθρακες, που επηρεάζεται σημαντικά από το περιβάλλον και την ποικιλία, μπορεί να αυξηθεί μέσω της βελτίωσης της διαθεσιμότητας αζώτου από τις ρίζες, σε άριστες συνθήκες φωτοσύνθεσης (Winters et al., 2010). Η ταυτοποίηση και ο χειρισμός των μορίων που συμμετέχουν στην φωτοσυνθετική δραστηριότητα, είναι ένας από τους τρόπους που δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την βελτίωση των ποικιλιών ως προς το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά στοιχεία (Capstaff & Miller 2018).

Σχετικά με την περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία, οι μέθοδοι βιοενδυνάμωσης που έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως στα σιτηρά για την ανθρώπινη κατανάλωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα και στα κτηνοτροφικά φυτά. Για παράδειγμα, στα σιτηρά έχουν ταυτοποιηθεί πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για την αποθήκευση Zn και Fe στους φυτικούς ιστούς (Connorton et al., 2017; Menguer et al., 2018), επομένως αντίστοιχα μόρια χρειάζεται να ταυτοποιηθούν αντιστοίχως και στα κτηνοτροφικά φυτά. Ο εμπλουτισμός των ζωοτροφών με συμπληρώματα, λύνει άμεσα με οικονομικό τρόπο τυχόν προβλήματα ανεπάρκειας σε μεταλλικά στοιχεία. Συνεπώς, η βελτίωση φυτών ως προς την σύστασή τους σε μεταλλικά στοιχεία δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία, συγκριτικά με την βελτίωση ως προς τα υπόλοιπα θρεπτικά στοιχεία, όπως η ξηρά ουσία, η πρωτεΐνη και οι υδατάνθρακες (Howarth & Gorpen, 1983). Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, η γνώση της σύστασης των ποικιλιών των κτηνοτροφικών φυτών σε μεταλλικά στοιχεία, είναι χρήσιμη για να εφαρμοστούν τα κατάλληλα συμπληρώματα και να αποφευχθεί η περίσσεια που μπορεί να οδηγήσει σε συμπτώματα τοξικότητας.

1.3.5 Θρεπτική αξία της ρόβης

Η ρόβη αποτελεί καλή πηγή πρωτεΐνης και ενέργειας (Sadeghi et al., 2008 Abdullah et al., 2010). Το ποσοστό της πρωτεΐνης μπορεί να φθάσει στο 80% της πρωτεΐνης της σόγιας (Saki et al. 2015), γεγονός που καθιστά τη ρόβη, ικανή να αντικαταστήσει μερικώς τη σόγια στα σιτηρέσια. Από δεδομένα πολυάριθμων αναλύσεων, συμπεραίνουμε ότι τα σπέρματα της ρόβης περιέχουν σημαντικά ποσοστά πρωτεΐνης που κυμαίνονται από 21,0 % (López-Bellido et al., 1994) έως και 28,5 % (Farran et al. 2001b). Το ενεργειακό περιεχόμενο των σπερμάτων είναι επίσης αξιόλογο, με μέσους όρους που κυμαίνονται από 18,2 (Sadeghi et al. 2008) έως 19,7 MJ/Kg (Hadjipanayiotou & Georghiades, 1985) ολικής ενέργειας, ή 11,14 MJ/Kg έως και 13,15 MJ/Kg φαινόμενης μεταβολίσιμης ενέργειας και 11,96 MJ/Kg έως και 16,33 MJ/Kg πραγματικής μεταβολίσιμης ενέργειας (Sadeghi et al. 2009).

Τα σπέρματα της ρόβης περιέχουν επίσης μικρές ποσότητες λιπαρών ουσιών και τέφρας με εμφανείς διακυμάνσεις ξεκινώντας από 0,4% και 3% αντίστοιχα (López-Bellido et al. 1994; Sadeghi et al. 2008) έως τα 2,43% και 5,45% αντίστοιχα (Sadeghi et al., 2009). Οι ολικές ινώδεις ουσίες των σπερμάτων επίσης παρουσιάζουν διακυμάνσεις, διαγράφοντας ένα εύρος από 3,5% (Hadjipanayiotou & Georghiades,

1985) έως και 7,41% (Sadeghi et al. 2009) (Πίνακας 1.1). Το περιεχόμενο των σπερμάτων σε μεταλλικά στοιχεία, κρίνεται παρόμοιο με το περιεχόμενο άλλων ειδών *Vicia*, κι έτσι η ρόβη θεωρείται καλή πηγή μεταλλικών στοιχείων, ιδίως σιδήρου (340 mg/kg), χαλκού (46,7 mg/kg), καλίου (2,2 g/kg), φωσφόρου (0,30 g/kg) και χλωρίου (0,86 g/kg). Άλλα μεταλλικά στοιχεία που περιέχουν τα σπέρματα της ρόβης είναι ο ψευδάργυρος, το μαγγάνιο και το νάτριο σε ποσότητες 35 mg/kg, 36,7 mg/kg και 0,61 g/kg αντίστοιχα, ενώ σε μικροποσότητες προσδιορίστηκαν το ασβέστιο και το μαγνήσιο με 0,16 g/kg και 0,11 g/kg αντίστοιχα (Sadeghi et al., 2009). Σε γενικές γραμμές έχει αναφερθεί ότι τα σπέρματα πολλών ψυχανθών είναι καλές πηγές Ca, P, Fe και Cu (Hadjipanayiotou & Economides, 2001).

Η περιεκτικότητα των σπερμάτων σε αμινοξέα και η πεπτικότητα τους παρουσιάζουν μια σχετική σταθερότητα ανάμεσα στις μελέτες και θεωρείται ότι είναι εφάμιλλη με αυτήν της σόγιας. Μια σημαντική εξαίρεση αποτελεί η πεπτικότητα της λυσίνης (Lys) και της αργινίνης (Arg), που είναι χαμηλή, πιθανότατα εξαιτίας της ομοιότητας ανάμεσα στη δομή της αργινίνης με εκείνη της καναβανίνης (Farran et al., 2001b).

1.3.6 Αντιθρεπτικοί παράγοντες

Παρ' όλη την υψηλή θρεπτική αξία που παρουσιάζει, ιδίως ως προς την αναγνωρισμένη πλέον συμβολή της ως αξιόλογη πηγή πρωτεΐνης στα σιτηρέσια των ζώων, η ρόβη, όπως και άλλα είδη *Vicia* και ψυχανθών, περιέχουν πλήθος αντιθρεπτικών ουσιών, γεγονός που αποτελεί σημαντικό περιοριστικό παράγοντα για την εκτενέστερη χρήση τους (Aletor et al. 1994; Sadeghi et al., 2008). Οι ουσίες που παρουσιάζονται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στο σπόρο της ρόβης είναι η L-καναβανίνη, αιμαγλουτινίνη (λεκτίνη), αναστολείς πρωτεασών και ταννίνες. Η καναβανίνη, ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις μειώνει την αφομοίωση της τροφής από μονογαστρικά ζώα (Enneking et al. 1993; Berger et al. 2003; Saki et al., 2015). Οι λεκτίνες, δεσμεύουν ορισμένους υποδοχείς του εντερικού ιστού και αναστέλλουν την βιοσύνθεση πρωτεϊνών, επηρεάζοντας έτσι την αφομοίωση των θρεπτικών, συνεπώς σε υψηλές ποσότητες μπορούν να ζημιώσουν την υγεία και την ανάπτυξη των ζώων (Vasconcelos & Oliveira, 2004). Οι αναστολείς πρωτεασών παρεμποδίζουν την δράση μικροοργανισμών και των ενζύμων του πεπτικού συστήματος (Enneking & Wink 2000) και ως εκ τούτου έχουν συσχετιστεί με την

περιορισμένη πεπτικότητα. Οι τανίνες έχουν επίσης συσχετιστεί με την αναστολή ενζύμων και κατ' επέκταση με την περιορισμένη πεπτικότητα (Liener, 1989; Hagerman et al. 1992) κυρίως πρωτεϊνών και την αφομοίωση του σιδήρου (De Lumen & Salamat, 1980) ενώ συμβάλλουν στην χαμηλή γευστικότητα της τροφής (Hagerman et al., 1992).

Οι αναστολείς πρωτεασών είναι σε υψηλότερα ποσοστά στη ρόβη από ότι σε άλλα είδη *Vicia* (Berger et al. 1999), κυρίως οι αναστολείς της θρυψίνης, που φτάνουν κατά μέσο όρο στα 3,46 g/kg (Aletor et al., 1994; Valamoti, 2001). Η καναβανίνη παρουσιάζει διακυμάνσεις με εύρος 0,4 – 1,1 g/kg και οι τανίνες έχουν εντοπιστεί σε ποσότητα 6,71 mg/kg, ενώ οι τανίνες και οι λεκτίνες εμφανίζονται γενικά σε παρόμοια ποσοστά με των υπολοίπων ειδών *Vicia* (Sadeghi et al., 2008).

Για την απομάκρυνση των αντιθρεπτικών ουσιών, και την διευκόλυνση της ανθρώπινης κατανάλωσης έχουν εφαρμοστεί διάφορες τεχνικές μαγειρέματος, οι οποίες χρονολογούνται από τους προϊστορικούς χρόνους (Valamoti, 2001). Το βράσιμο των σπερμάτων σε νερό, απομακρύνει τις χημικές ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους και απενεργοποιεί την δράση των λεκτινών και των αναστολέων πρωτεασών (Enneking & Wink 2000). Σήμερα, η γνώση της χημικής δομής των αντιθρεπτικών ουσιών διευκολύνει την ανάπτυξη νέων τακτικών για την εξουδετέρωση των τοξικών ουσιών των σπερμάτων των ψυχανθών. Οι Sadeghi et al. (2008) προτείνουν μεθόδους που μπορούν να μειώσουν αποτελεσματικά τους αντιθρεπτικούς παράγοντες, χωρίς να επηρεαστεί σημαντικά το ωφέλιμο θρεπτικό περιεχόμενο. Οι μέθοδοι αφορούν την εμφύσηση σε νερό ή διάλυμα οξικού οξέος για ορισμένο χρονικό διάστημα κι έπειτα θέρμανση και ξήρανση. Παράλληλα, ενισχύουν τα επίπεδα ορισμένων θρεπτικών συστατικών, όπως της πρωτεΐνης, των ινωδών ουσιών, των λιπαρών ουσιών και ορισμένων αμινοξέων. Κάποιες μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων, ωστόσο ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων από τις παραπάνω μεθόδους είναι εφικτός και μπορεί να δώσει καλύτερα αποτελέσματα από ότι η εφαρμογή μιας μόνο μεθόδου (Ochse & Bakhuisen 1931; Salih et al. 1991).

Μερικές εναλλακτικές τεχνικές που προτείνονται είναι η ζύμωση που είναι γνωστή μέθοδος αποτοξίνωσης εδώ και δεκαετίες (Ochse & Bakhuisen, 1931; Salih et al. 1991) και η βλάστηση των σπερμάτων για κατανάλωση της φύτρας, που λειτουργεί για συγκεκριμένες όμως αντιθρεπτικές ουσίες. Κατά την βλάστηση του σπόρου, οι αναστολείς πρωτεασών και οι λεκτίνες, ως αζωτούχες ουσίες, διασπώνται κι επομένως η δυσμενής δράση τους μειώνεται στο ελάχιστο. Η τεχνική

χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες στην Ασία, για να ενισχύσουν την πεπτικότητα και την γευστικότητα των σπερμάτων σόγιας (Enneking & Wink 2000). Μεγαλύτερη σημασία όμως, έχουν τα βελτιωτικά προγράμματα για την επιλογή γονοτύπων με χαμηλή περιεκτικότητα σε αντιθρεπτικούς παράγοντες (Fowden et al. 1979), που επιτρέπουν την ανάπτυξη ποικιλιών με καλύτερες προδιαγραφές πεπτικότητας και γευστικότητας. Ύστατο στόχο αποτελεί η ανάπτυξη ποικιλιών με χαμηλό αντιθρεπτικό περιεχόμενο και υψηλό ωφέλιμο θρεπτικό περιεχόμενο. Στην Αυστραλία, έχουν ήδη ταυτοποιηθεί ποικιλίες ρόβης με χαμηλά επίπεδα καναβανίνης και υψηλή παραγωγικότητα σε σπόρο. Εάν είναι γνωστό το γενετικό υπόβαθρο των αντιθρεπτικών ουσιών, είναι εφικτή και η εφαρμογή των μεθόδων Γενετικής Μηχανικής. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι η βιοσύνθεση λεκτινών ελέγχεται από γονίδια, των οποίων ο χειρισμός μπορεί να οδηγήσει και στην παραγωγή ποικιλιών που δεν παράγουν λεκτίνες (Enneking & Wink 2000).

Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η παραγωγή αντιθρεπτικών ουσιών, αποτελεί μια από τις εξελικτικές μεθόδους των φυτών με σκοπό την άμυνα σε εξωγενείς βιοτικούς παράγοντες. Ο ρόλος των αντιθρεπτικών παραγόντων στη ρόβη, φαίνεται ότι σχετίζεται άμεσα με την ποσοτική και ποιοτική ανθεκτικότητα που εμφανίζει το φυτό έναντι σε αρπακτικά και σε φυτοπαθογόνους μικροοργανισμούς. Ουσίες όπως οι αναστολείς πρωτεασών και οι λεκτίνες, έχουν αναγνωριστεί ως καθοριστικοί παράγοντες της φυσικής άμυνας των φυτών έναντι εντόμων και φυτοπαθογόνων (Ryan, 1990). Συγκεκριμένα, οι αναστολείς πρωτεασών ανήκουν σε μία από τις υπο-οικογένειες πρωτεϊνών που εμπλέκονται στο σύστημα επαγόμενης ανθεκτικότητας των φυτών (Habib & Fazili 2007), καθώς αναστέλουν τις πρωτεάσες των εντόμων και των μικροοργανισμών και παρεμποδίζουν την δράση αμινοξέων που συμβάλουν στην ανάπτυξή τους (Lawrence & Koundal 2002). Οι αναστολείς θρυψίνης των σπερμάτων σόγιας (*Glycine max* L.) έχουν συσχετιστεί με την παρεμπόδιση της ανάπτυξης προνυμφών του *Tribolium confusum* (Lawrence & Koundal 2002), ενώ οι αναστολείς θρυψίνης των σπερμάτων βίγνας (*Vigna unguiculata* L. Walp.) έχουν αποδεδειγμένη δράση κατά των φυτοπαθογόνων νηματωδών *Globodera tabacum*, *Globodera pallida*, *Meloidogyne incognita* (Williamson & Hussey, 1996). Οι λεκτίνες έχει επίσης αποδειχθεί ότι συμβάλλουν στην προστασία του φυτού από προσβολές εντόμων (Vandenborre et al. 2011; Lannoo & Van Damme 2014; Macedo et al. 2015) και φυτοπαθογόνων (Lannoo & Van Damme, 2014).

Ο θετικός ρόλος των αντιθρεπτικών παραγόντων δεν περιορίζεται μόνο στην άμυνα των φυτών, αλλά και στην ανθρώπινη υγεία, καθώς έχει αποδειχθεί ότι πολλοί από τους παράγοντες αυτούς συμβάλουν στην αναστολή της καρκινογένεσης (Gemedede & Ratta, 2014). Τα σπέρματα του *Lupinus campestris* αποδείχθηκε ότι έχουν αντι-μεταλλαξογόνο δραστηριότητα που εμπλέκεται στην καρκινογένεση (Bora, 2014). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν τα επίπεδα χοληστερόλης, πεπτικού έλκους, οστεοπόρωσης και καρδιακών παθήσεων (Gemedede & Ratta, 2014) και ως εκ τούτου έχουν λάβει ιδιαίτερη προσοχή τόσο στον Γεωργικό, όσο και στον Ιατρικό ερευνητικό τομέα (Lam & Ng, 2013).

Από τα παραπάνω, γεννάται το εύστοχο ερώτημα, του κατά πόσο ευπροσάρμοστες στο περιβάλλον θα είναι οι νέες ποικιλίες ρόβης με χαμηλό περιεχόμενο αντιθρεπτικών ουσιών. Στις ουσίες αυτές οφείλεται η άμυνα της ρόβης έναντι ζημιογόνων βιοτικών παραγόντων, επομένως η οι νέες ποικιλίες διατρέχουν τον κίνδυνο αυξημένης ευαισθησίας στους παράγοντες αυτούς. Στον αντίποδα του ερωτήματος, βρίσκεται το γεγονός ότι βελτιωμένες σειρές φυτών με ενισχυμένη ανθεκτικότητα σε βιοτικές καταπονήσεις έχουν κατά συνέπεια αυξημένη τοξικότητα για κατανάλωση (Breider 1973; Fenwick et al. 1990). Ο E. A. Bell (1977, όπως αναφέρει το 2003) στα πλαίσια της μελέτης της οικολογικής λειτουργίας των μη-πρωτεϊνικών αμινοξέων, τόνισε ότι η ανάπτυξη σειρών χωρίς τις τοξίνες τους, είναι μη πρακτική, εφόσον ληφθεί υπόψη ότι η χαμηλότερη τοξικότητα για ανθρώπινη και ζωική κατανάλωση συνεπάγεται και την χαμηλότερη τοξικότητα για τα έντομα και τα παθογόνα, τα οποία θα μπορούν να καταστρέψουν την καλλιέργεια πριν ακόμα συγκομιστεί. Χρειάζεται λοιπόν να ληφθεί σοβαρά υπόψη ο οικολογικός αντίκτυπος μιας βελτιωμένης σειράς με τις προδιαγραφές αυτές. Το ισοζύγιο του οικονομικού οφέλους των ποικιλιών ψυχανθών με χαμηλά επίπεδα αντιθρεπτικών ουσιών και του οικολογικού οφέλους των παραδοσιακών ποικιλιών με μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα, θα καθορίσει εάν η γενετική ή η φυσική αποτοξίνωση αποτελεί την πιο ωφέλιμη επιλογή για την καλύτερη αξιοποίηση των ψυχανθών.

1.4 Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την αξιολόγηση 6 ελληνικών τοπικών πληθυσμών ρόβης (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) ως προς τα ανθικά χαρακτηριστικά τους που αφορούν τη φαινολογία, την ανθική απεικόνιση και τον ανθικό σχεδιασμό, την επισκευσιμότητα και δραστηριότητα των επικονιαστών, τους χαρακτήρες απόδοσης και τη θρεπτική σύσταση του αχύρου. Επιπλέον, έγινε αξιολόγηση 49 πληθυσμών ρόβης, ως προς την θρεπτική αξία του σπόρου. Στα πλαίσια αυτά, επιδιώχθηκαν τα εξής:

- i. Η καθ' αυτή εκτίμηση σημαντικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το φαινολογικό στάδιο της άνθησης της ρόβης, και η αξιολόγηση του ρόλου τους στην προσέλκυση των εντόμων επικονιαστών,
- ii. Η καταγραφή των ειδών και της δραστηριότητας των επικονιαστών ως προς τα άνθη της ρόβης,
- iii. Η εκτίμηση της αλληλεπίδρασης φυτού – επικονιαστή, μέσω της διερεύνησης και ανάλυσης συσχετίσεων που εμφανίζουν οι επισκέψεις τόσο με τα ανθικά χαρακτηριστικά της ρόβης όσο και με τις αποδόσεις της,
- iv. Η εκτίμηση της θρεπτικής αξίας του σπόρου και του αχύρου των εγχώριων πληθυσμών.

2 Υλικά και Μέθοδοι

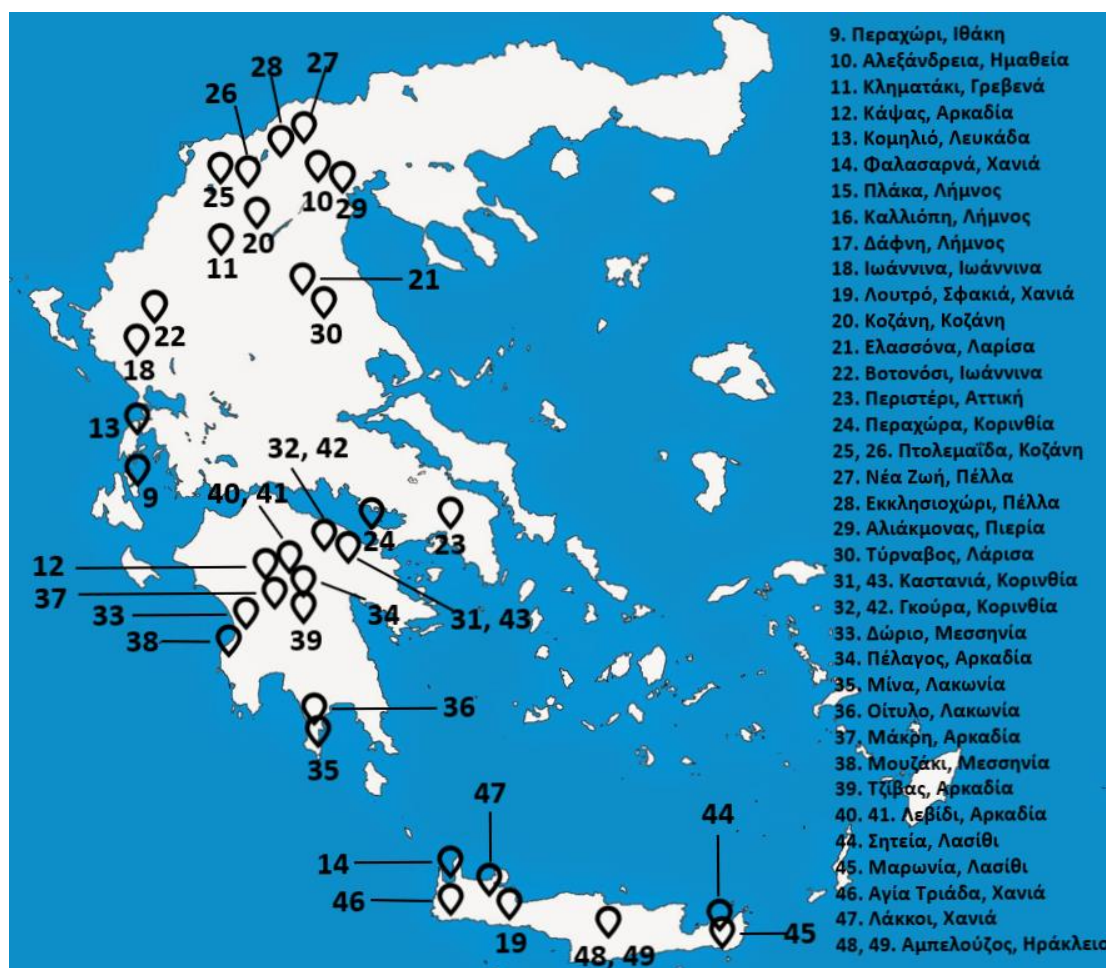
Η μελέτη των ανθικών χαρακτηριστικών και χαρακτήρων απόδοσης της ρόβης και της επισκεψιμότητας των επικονιαστών πραγματοποιήθηκε στον πειραματικό αγρό και τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού, καθώς και στο εργαστήριο στερεοσκοπίας του Εργαστηρίου Εντομολογίας και Ζωολογίας του Γ.Π.Α., κατά την περίοδο 2016-2017. Η μελέτη των θρεπτικών συστατικών του σπόρου και του αχύρου της ρόβης πραγματοποιήθηκε στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Λαχανοκομίας, του Εργαστηρίου Φυσιολογίας Θρέψεως & Διατροφής, του Εργαστηρίου Εδαφικής Χημείας και του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών και Γεωργικού Πειραματισμού του Γ.Π.Α, κατά την περίοδο 2016-2017.

2.1 Φυτικό υλικό

Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για το πείραμα αποτελούνταν από 49 εγχώριους πληθυσμούς ρόβης (*Vicia ervilia* (L.) Willd.). Οι 8 προέρχονται από χορηγία της Τράπεζας Γενετικού Υλικού του Υπουργείου Γεωργίας των Η.Π.Α. (*Western Regional Plant Introduction Station USDA-ARS, Washington State University*), οι 32 προέρχονται από χορηγία της Τράπεζας Γενετικού Υλικού της Γερμανίας (*Genebank, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research*), ενώ οι υπόλοιπες 9 προέρχονται από τοπικές συλλογές σε διάφορα μέρη της Ελλάδας. Περισσότερα στοιχεία (στοιχεία τοποθεσίας συλλογής, τύπος συλλογής, δωρητής, έτος και τοποθεσία τελευταίας αναγέννησης) για το φυτικό υλικό, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Η γεωγραφική κατανομή των τοποθεσιών συλλογής παρουσιάζεται στις Εικόνες 2.1 και 2.2.



Εικόνα 2.1. Γεωγραφική κατανομή των συλλογών (1–) που χορηγήθηκαν από την Τράπεζα Γενετικού Υλικού των Η.Π.Α. (USDA).



Εικόνα 2.2. Γεωγραφική κατανομή των συλλογών των εγχώριων πληθυσμών ελληνικής προέλευσης. Οι συλλογές 9–17 προέρχονται από τοπικές συλλογές σε διάφορα μέρη της Ελλάδας, ενώ οι συλλογές 18–49 χορηγήθηκαν από την Τράπεζα Γενετικού Υλικού της Γερμανίας (IPK). Οι συλλογές 10, 13, 31, 35, 42 και 48 χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα μελέτης των ανθικών χαρακτηριστικών της ρόβης.

Πίνακας 2.1. Γεωγραφικά δεδομένα των εξεταζόμενων τοπικών πληθυσμών ρόβης.

<i>Κωδικός Συλλογής</i>	<i>Χώρα</i>	<i>Τοποθεσία συλλογής (Νομός)</i>	<i>Τύπος</i>	<i>Γεωγρ. Μήκος</i>	<i>Γεωγρ. Πλάτος</i>	<i>Υψόμετρο (m)</i>	<i>Τ.Γ.Υ.</i>	<i>Έτος τελευτ. αναγ/σης</i>	<i>Τοποθεσία τελευτ. αναγ/σης</i>
PI 206489	Τουρκία	Άγκυρα	Άγρια	39°94' N	032°83' E	930	USDA	2010	Αθήνα
PI 229733	Ιράν	Κερμανσάχ	Άγρια	34°39' N	047°05' E	1450	USDA	2010	Αθήνα
PI 284321	Ισπανία		Άγνωστη	N/A	N/A	N/A	USDA	2010	Αθήνα
PI 393850	Καναδάς	Σασκάτσουαν	Άγνωστη	52°86' N	104°61' W	450	USDA	2010	Αθήνα
PI 420950	Ιορδανία	Κερσένε	Άγρια	31°08' N	035°38' E	490	USDA	2010	Αθήνα
PI 515978	Τουρκία	Μπούρσακ	Καλ/νη	41°08' N	037°28' E	990	USDA	2010	Αθήνα
PI 518455	Τουρκία	Ντιαρμπακίρ	Καλ/νη	38°12' N	040°82' E	730	USDA	2010	Αθήνα
PI 577718	Βουλγαρία	Ροδόπη	Καλ/νη	43°42' N	028°02' E	870	USDA	2010	Αθήνα
AUA 1	Ελλάδα	Περαχώρι, Ιθάκη (Κεφαλληνία)	Καλ/νη	38°21' N	020°43' E	280	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 2	Ελλάδα	Αλεξάνδρεια (Ημαθία)	Καλ/νη	40°38' N	022°66' E	10	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 3	Ελλάδα	Κληματάκι (Τρεβενά)	Καλ/νη	40°12' N	021°22' E	720	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 4	Ελλάδα	Κάψας (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°37' N	022°21' E	700	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 5	Ελλάδα	Κομηλιό (Λευκάδα)	Καλ/νη	38°43' N	020°36' E	510	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 6	Ελλάδα	Φαλασαρνά (Χανιά)	Καλ/νη	35°31' N	023°34' E	15	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 7	Ελλάδα	Πλάκα, Λήμνος (Λέσβος)	Καλ/νη	40°00' N	025°26' E	15	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 9	Ελλάδα	Καλλιόπη, Λήμνος (Λέσβος)	Καλ/νη	39°55' N	023°21' E	25	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
AUA 10	Ελλάδα	Δάφνη, Λήμνος (Λέσβος)	Καλ/νη	39°57' N	025°10' E	145	Τοπική Συλλογή	2010	Αθήνα
ERV 16	Ελλάδα	Ιωάννινα (Ιωάννινα)	Καλ/νη	39°40' N	020°50' E	570	IPK	2010	Αθήνα
ERV 23	Ελλάδα	Λουτρό (Χανιά)	Καλ/νη	35°13' N	024°05' E	10	IPK	2010	Αθήνα
ERV 24	Ελλάδα	Κοζάνη (Κοζάνη)	Καλ/νη	40°18' N	021°47' E	710	IPK	2010	Αθήνα
ERV 26	Ελλάδα	Ελασσόνα (Λάρισα)	Καλ/νη	39°54' N	022°11' E	295	IPK	2010	Αθήνα
ERV 27	Ελλάδα	Βοτονόσι (Ιωάννινα)	Καλ/νη	39°46' N	021°07' E	805	IPK	2010	Αθήνα

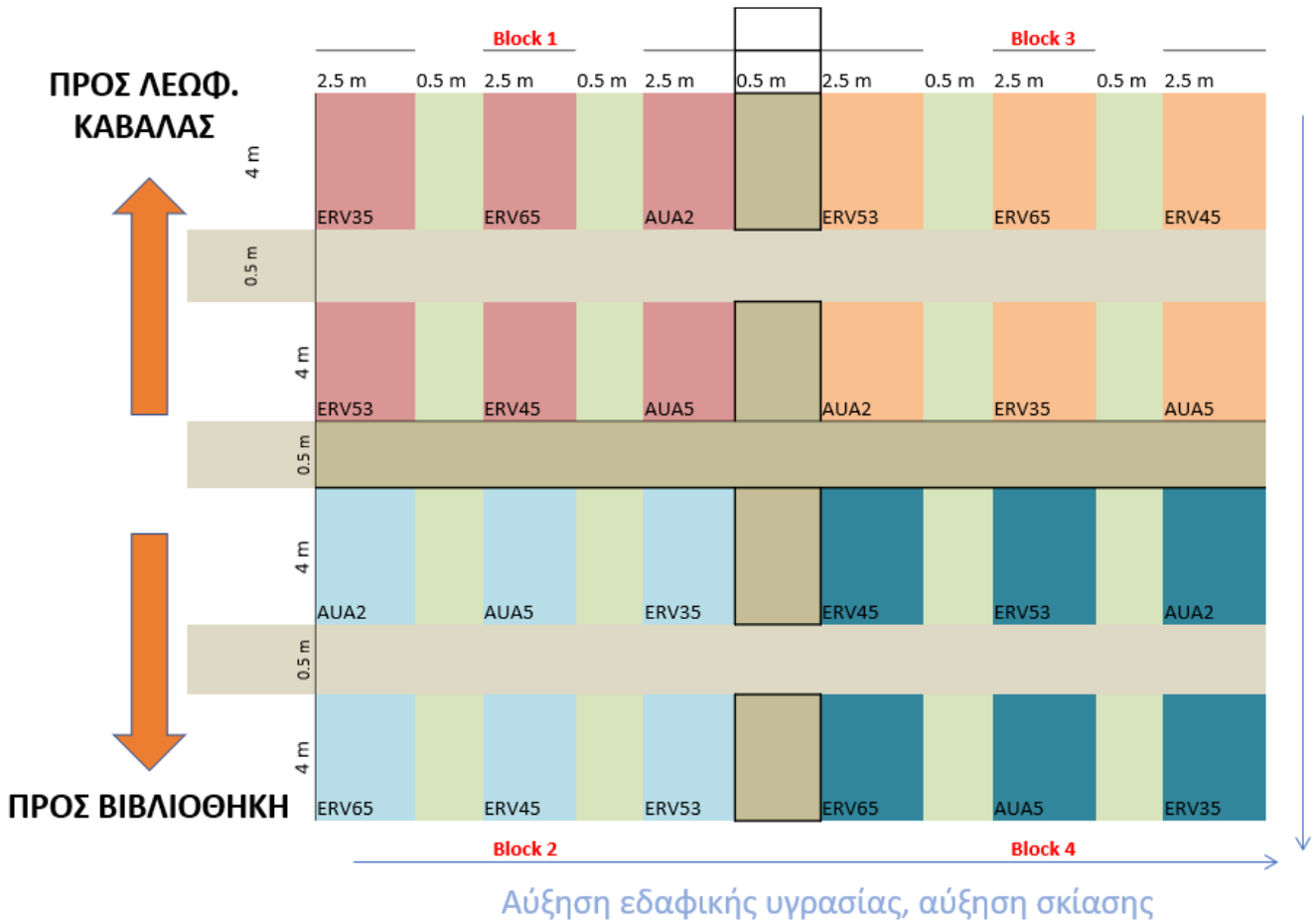
ERV 28	Ελλάδα	Περιστέρι (Αττική)	Καλ/νη	38°02' N	023°40' E	60	IPK	2010	Αθήνα
ERV 31	Ελλάδα	Περαχώρα (Κορινθία)	Καλ/νη	38°02' N	022°57' E	290	IPK	2010	Αθήνα
ERV 9	Ελλάδα	Πτολεμαΐδα (Κοζάνη)	Καλ/νη	40°32' N	021°41' E	600	IPK	2010	Αθήνα
ERV 11	Ελλάδα	Πτολεμαΐδα (Κοζάνη)	Καλ/νη	40°32' N	021°41' E	600	IPK	2010	Αθήνα
ERV 13	Ελλάδα	Νέα Ζωή (Πέλλα)	Καλ/νη	40°52' N	022°06' E	125	IPK	2010	Αθήνα
ERV 14	Ελλάδα	Εκκλησιοχώρι (Πέλλα)	Καλ/νη	40°49' N	022°04' E	390	IPK	2010	Αθήνα
ERV 15	Ελλάδα	Αλιάκμονας (Περία)	Καλ/νη	40°30' N	022°38' E	0	IPK	2010	Αθήνα
ERV 1	Ελλάδα	Τύρναβος (Λάρισα)	Καλ/νη	39°42' N	022°21' E	70	IPK	2010	Αθήνα
ERV 65	Ελλάδα	Καστανιά (Κορινθία)	Καλ/νη	37°52' N	022°23' E	930	IPK	2010	Αθήνα
ERV 66	Ελλάδα	Γκούρα (Κορινθία)	Καλ/νη	37°56' N	022°20' E	940	IPK	2010	Αθήνα
ERV 64	Ελλάδα	Δώριο (Μεσσηνία)	Καλ/νη	37°26' N	021°57' E	160	IPK	2010	Αθήνα
ERV 33	Ελλάδα	Πέλαγος (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°32' N	022°25' E	640	IPK	2010	Αθήνα
ERV 35	Ελλάδα	Μίνα (Λακωνία)	Καλ/νη	36°33' N	022°25' E	190	IPK	2010	Αθήνα
ERV 36	Ελλάδα	Οίτυλο (Λακωνία)	Καλ/νη	36°27' N	022°27' E	255	IPK	2010	Αθήνα
ERV 38	Ελλάδα	Μάκρη (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°28' N	022°20' E	710	IPK	2010	Αθήνα
ERV 40	Ελλάδα	Μουζάκι (Μεσσηνία)	Καλ/νη	37°06' N	021°43' E	170	IPK	2010	Αθήνα
ERV 41	Ελλάδα	Τζίβας (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°28' N	022°24' E	675	IPK	2010	Αθήνα
ERV 42	Ελλάδα	Λεβίδι (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°41' N	022°18' E	860	IPK	2010	Αθήνα
ERV 44	Ελλάδα	Λεβίδι (Αρκαδία)	Καλ/νη	37°41' N	022°18' E	860	IPK	2010	Αθήνα
ERV 45	Ελλάδα	Γκούρα (Κορινθία)	Καλ/νη	37°56' N	022°20' E	940	IPK	2010	Αθήνα
ERV 46	Ελλάδα	Καστανιά (Κορινθία)	Καλ/νη	37°52' N	022°23' E	930	IPK	2010	Αθήνα
ERV 48	Ελλάδα	Σητεία (Λασιθί)	Καλ/νη	35°12' N	026°06' E	20	IPK	2010	Αθήνα
ERV 49	Ελλάδα	Μαρωνία (Λασιθί)	Καλ/νη	35°07' N	026°05' E	130	IPK	2010	Αθήνα
ERV 51	Ελλάδα	Αγία Τριάδα (Χανιά)	Καλ/νη	35°16' N	023°40' E	90	IPK	2010	Αθήνα
ERV 52	Ελλάδα	Λάκκοι (Χανιά)	Καλ/νη	35°24' N	023°57' E	520	IPK	2010	Αθήνα
ERV 53	Ελλάδα	Αμπελούζος (Ηράκλειο)	Καλ/νη	35°04' N	024°56' E	185	IPK	2010	Αθήνα
ERV 54	Ελλάδα	Αμπελούζος (Ηράκλειο)	Καλ/νη	35°04' N	024°56' E	185	IPK	2010	Αθήνα

2.2 Καλλιεργητική τεχνική

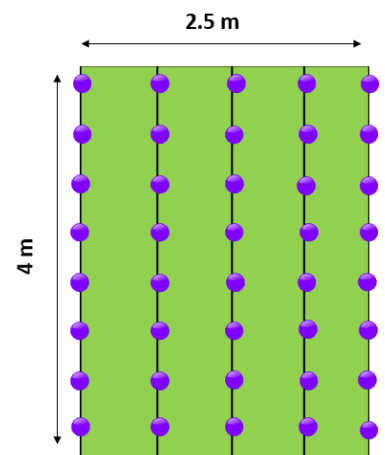
Στο πλαίσιο της μελέτης των ανθικών χαρακτηριστικών της ρόβης και της επισκεψιμότητας των επικονιαστών, εξετάστηκαν οι 6 από τους 49 εγχώριους πληθυσμούς (*AUA2*, *AUA5*, *ERV35*, *ERV45*, *ERV53* και *ERV65*). Η επιλογή των πληθυσμών έγινε με βάση το καταγεγραμμένο χρώμα άνθους για καθέναν από αυτούς.

Η σπορά έγινε στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Βελτίωσης Φυτών & Γεωργικού Πειραματισμού του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (N 35°59'10'', E 23°42'29'', υψόμετρο 24 μέτρα), στις 9 Δεκεμβρίου 2016 (Εικόνα 2.5). Οι περιβαλλοντικές συνθήκες της τοποθεσίας αντιστοιχούν σε τυπικό Μεσογειακό κλίμα με μέση βροχόπτωση γύρω στα 550 χιλ. Η περιοχή του αγρού καλύπτεται από πυκνή βλάστηση ζιζανίων, όπως το σινάπι (*Sinapis alba* L.), η παπαρούνα (*Paraver rhoeas* L.), η καψέλλα (*Capsella bursa – pastoris*(L.) Medik.), η τσουκνίδα (*Urtica urens* L.), η μαργαρίτα (*Chrysanthemum coronarium* L.), το χαμημήλι (*Chamaemelon nobilis* L.), η περιπλοκάδα (*Convolvulus arvensis* L.), το σισύμβριο (*Sissymbrium altissimum* L.), το πολυκόμπι (*Chenopodium album* L.) και το περδικάκι (*Parietaria judaica* L.). Η προετοιμασία του εδάφους πριν από τη σπορά έγινε με κατεργασία με φρέζα. Εφαρμόστηκε το σχέδιο των Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με 4 επαναλήψεις. Κάθε τεμάχιο είχε μήκος 4 μ., πλάτος 2,5 μ. και οι αποστάσεις ανάμεσα στα τεμάχια ήταν 0,5 μ., έτσι ώστε κάθε επανάληψη – ομάδα είχε μήκος 9 μ. και πλάτος 8,5 μ.. Η σπορά έγινε κατά θέσεις με αποστάσεις σποράς 0,5 μ. μεταξύ των φυτών και 0,5 μ. μεταξύ των γραμμών. Σε κάθε τεμάχιο υπήρχαν 5 γραμμές σποράς των 8 θέσεων σποράς, ώστε να προκύπτουν συνολικά 40 φυτά ανά τεμάχιο και 160 φυτά ανά πληθυσμό. Το πειραματικό σχέδιο απεικονίζεται στην Εικόνα 2.3 και το σχέδιο για κάθε πειραματικό τεμάχιο στην Εικόνα 2.4.

Πριν την εγκατάσταση των φυτών, έγινε δειγματοληψία εδάφους, τα αποτελέσματα της οποίας δίδονται στον Πίνακα 2.4. Μετά την εγκατάσταση των φυτών και κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, εφαρμόστηκε αραίωμα με το χέρι. Τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία, βροχόπτωση, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου) της καλλιεργητικής περιόδου (Δεκέμβριος 2016-Ιούνιος 2017) μηνιαίως παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.2, 2.3.



Εικόνα 2.3. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού σχεδίου (επάνω).



Εικόνα 2.4. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού τεμαχίου (δεξιά).

Πίνακας 2.2. Μετεωρολογικά δεδομένα της τοποθεσίας του αγρού για την καλλιεργητική περίοδο της ρόβης (Δεκέμβριος 2016 – Ιούνιος 2017).

Μήνας	Μέση Θερμ/σία (°C)	Μέγ. Θερμ/σία (°C)	Ελάχ. Θερμ/σία (°C)	Βροχ/ση (mm)	Μέγ. Σ.Υ. (%)	Ελάχ. Σ.Υ. (%)	Μέση ταχύτητα του ανέμου (Km/h)
Δεκ.	9.20	18.60	1.20	23.00	80.50	47.50	5.00
Ιαν	7.90	17.10	-1.10	50.00	84.40	57.50	4.40
Φεβρ.	11.60	18.90	2.30	17.80	84.40	57.30	5.10
Μάρτ.	14.40	24.50	6.20	79.80	78.70	44.80	4.30
Απρ.	17.10	27.80	8.80	5.40	71.30	36.30	3.50
Μάι.	21.70	34.50	14.00	57.20	70.90	36.50	4.20
Ιούν.	26.20	41.30	16.90	69.20	71.40	37.70	2.90

Πίνακας 2.3. Μετεωρολογικά δεδομένα της τοποθεσίας για την περίοδο άνθησης της ρόβης (28 Μαρτίου – 12 Μαΐου), ανά εβδομάδα και ανά ημέρα μέτρησης.

A/A	Εβδομάδα μέτρησης	Μέση Θερμ/σία (°C)	Μέγ. Θερμ/σία (°C)	Ελάχ. Θερμ/σία (°C)	Βροχ/ση (mm)	Ταχύτητα ανέμου (Km/h)
1	28/3 - 3/4	15.71	20.57	10.79	0.00	2.73
2	4/4 - 10/4	19.26	24.37	14.74	0.00	3.13
3	11/4 - 19/4	20.39	26.22	14.80	0.00	2.27
4	20/4 - 27/4	19.10	23.15	15.78	0.00	6.19
5	28/4 - 3/5	19.45	23.40	16.27	0.00	5.42
6	4/5 - 12/5	19.38	23.82	15.06	0.02	3.03
Ημέρα μέτρησης						
1	28-Mar	11.40	15.80	6.90	0.00	2.90
2	04-Apr	19.60	24.50	14.10	0.00	2.60
3	11-Apr	17.80	23.00	13.40	0.00	4.70
4	20-Apr	22.90	27.60	18.10	0.00	4.00
5	28-Apr	19.10	23.60	14.40	0.00	2.70
6	04-May	17.70	23.40	13.60	0.00	3.10



Εικόνα 2.5. Απεικόνιση του αγρού του Γ.Π.Α. όπου πραγματοποιήθηκε το πείραμα, πριν από την σπορά (Δεκέμβριος 2016).

Ανάλυση εδάφους	
Οργανική ουσία (%)	1.482
CaCO₃	26.2
pH	7.84
Ηλεκτραγωγιμότητα, EC (μS/cm)	160.3
Ολικό Άζωτο (%)	0.091
Κοκκομετρική σύσταση: SL	
Πηλός	14.20 %
Άμμος	74.40 %
Άργιλος	11.40 %
Ανταλλάξιμα κατιόντα	
Κάλιο (ppm)	180
Νάτριο (ppm)	146
Ασβέστιο (ppm)	7400
Μαγνήσιο (ppm)	465
Κάλιο (meq/l)	4.5
Νάτριο (meq/l)	6.35
Ανταλλάξιμος Φωσφόρος (ppm)	15.69

Πίνακας 2.4. Αποτελέσματα ανάλυσης εδάφους του πειραματικού αγρού.

2.3 Ανθικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν

Η μελέτη των ανθικών χαρακτηριστικών της ρόβης και της επισκευσιμότητας των επικονιαστών βασίστηκε στη μέθοδο οπτικού προσδιορισμού των επικονιαστών, όπως εφαρμόστηκε από τους (Pierre et al., 1999) και τους (Suso et al., 2001). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, κάθε δείγμα περιλάμβανε 10 επιλεγμένα φυτά στο κέντρο του κάθε τεμαχίου και όλες οι μετρήσεις λήφθηκαν αποκλειστικά για καθένα από τα φυτά αυτά.

Τα ανθικά χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν ήταν τα εξής:

- Έναρξη άνθησης (Σε ημέρες από ημ/νία σποράς, ΜΑΣ)
- Τέλος άνθησης (Σε ημέρες από ημ/νία σποράς, ΜΑΣ)
- Διάρκεια άνθησης (ημέρες)
- Αριθμός ανθέων ανά φυτό
- Αριθμός ανοιχτών ανθέων τις πρωινές ώρες (Περίοδος I: 10.00 – 12.00)
- Αριθμός ανοιχτών ανθέων τις μεσημβρινές ώρες (Περίοδος II: 13.00 – 17.00)
- Χρώμα άνθους
- Ώρα ανοίγματος άνθους
- Μήκος και πλάτος πέτασους (mm)
- Μήκος τρόπιδας (mm)
- Μήκος πτερύγων (mm)
- Μήκος στύλου (mm)
- Μήκος ανθικού στελέχους (mm)
- Μήκος στημόνων (mm)

Με βάση τη μέθοδο κατάταξης των (Suso & Maalouf, 2010), όλοι οι ανθικοί χαρακτήρες ομαδοποιήθηκαν σε τρεις λειτουργικές ομάδες: 1. Φαινολογία, 2. Απεικόνιση και 3. Σχεδιασμός. Στην ομάδα της Φαινολογίας ταξινομήθηκαν η έναρξη της άνθησης, το τέλος της άνθησης και η διάρκεια της άνθησης, η οποία υπολογίστηκε από την αφαίρεση του τέλους άνθησης από την έναρξη της άνθησης. Στην ομάδα της Απεικόνισης ταξινομήθηκαν ο αριθμός των ανθέων ανά φυτό και ο αριθμός των ανοιχτών ανθέων ανά φυτό στις δύο περιόδους της ημέρας όπως αναφέρονται παραπάνω. Τέλος, οι διαστάσεις του άνθους (μήκος και πλάτος πέτασους, μήκη τρόπιδας, πτερύγων, στύλου, ανθικού στελέχους και στημόνων) ταξινομήθηκαν στην ομάδα του Σχεδιασμού. Οι χαρακτήρες της ομάδας αυτής,

ταξινομήθηκαν, βάσει της μεθόδου κατάταξης του (Cresswell, 1998) σε τρεις υποδιαίρεσεις: i) *επίδειξη*: μήκος και πλάτος πέτασους (mm), ii) *διαστάσεις θηλυκού μέρους του άνθους*: μήκος στύλου (mm), iii) *προσαρμογή με επικονιαστή*: μήκος τρόπιδας (mm), μήκος ανθικού στελέχους (mm), μήκος στημόνων (mm).

Η ημέρα έναρξης της άνθησης για κάθε πληθυσμό, καταγράφηκε με την εμφάνιση του πρώτου διαφοροποιημένου άνθους σε κάποιο από τα επιλεγμένα (10) φυτά του πληθυσμού, ενώ η ημέρα τέλους άνθησης καταγράφηκε για κάθε πληθυσμό όταν όλα τα άνθη των επιλεγμένων φυτών είχαν πλέον κλείσει για να καρποδέσουν. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα από την έναρξη έως το τέλος της άνθησης, μία ημέρα ανά εβδομάδα. Η επιλογή της ημέρας γινόταν ώστε να τηρηθεί η συχνότητα των μετρήσεων (ανά 6-7 ημέρες) και εφόσον η μέρα δεν ήταν βροχερή. Τα μετεωρολογικά δεδομένα των καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά την περίοδο της άνθησης ανά εβδομάδα και ημέρα μέτρησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.5.

Οι παρατηρήσεις των επικονιαστών έλαβαν χώρα καθ' όλη την διάρκεια της άνθησης της ρόβης, τις ημέρες μέτρησης των ανθικών χαρακτήρων, κατά τις χρονικές περιόδους I και II. Έγινε οπτική παρατήρηση του κάθε τεμαχίου, διάρκειας 5 λεπτών, για την καταγραφή μιας *θετικής επίσκεψης* σε ένα ανοιχτό άνθος ενός επιλεγμένου φυτού και του είδους του εντόμου που πραγματοποιούσε την επίσκεψη. Σύμφωνα με τους Suso et al. (2001), η επίσκεψη ενός εντόμου σε ένα άνθος θεωρείται *θετική*, όταν η πρόσβασή του στο νέκταρ γίνεται από το φυσικό άνοιγμα του άνθους, ενώ θεωρείται *αρνητική*, όταν τρυπούν τη βάση της ανθικής στεφάνης. Στην περίπτωση αυτή, αποφεύγεται η επαφή με τα αναπαραγωγικά όργανα του άνθους και δεν διεξάγουν γονιμοποίηση διαμέσου επικονίασης. Μετά την συλλογή δεδομένων των θετικών επισκέψεων, υπολογίστηκαν η αφθονία (σύνολο ειδών) και η δραστηριότητα (σύνολο επισκέψεων) των επικονιαστών για κάθε πληθυσμό ρόβης, ώστε να προσδιοριστεί η επισκεψιμότητα.

Μετά την συγκομιδή της ρόβης, μετρήθηκαν οι χαρακτήρες απόδοσης, με καταγραφή αριθμού λοβών ανά φυτό, αριθμού σπερμάτων ανά λοβό, αριθμού σπερμάτων ανά φυτό, μήκους λοβών (mm) και βάρους 100 σπερμάτων (gr). Το μήκος λοβού και ο αριθμός σπερμάτων ανά λοβό μετρήθηκαν σε δείγματα των 10 λοβών για καθένα από τα επιλεγμένα (10) φυτά ρόβης.

2.4 Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων

Η ανάλυση των θρεπτικών στοιχείων πραγματοποιήθηκε σε σπέρματα των 49 εγχώριων πληθυσμών ρόβης, καθώς και στο άχυρο που συγκομίστηκε από την καλλιέργεια των 6 πληθυσμών (*AUA2*, *AUA5*, *ERV35*, *ERV45*, *ERV53*, *ERV65*) που μελετήθηκαν για τους ανθικούς χαρακτήρες και τους χαρακτήρες απόδοσης. Για τον προσδιορισμό όλων των θρεπτικών στοιχείων, τόσο το άχυρο όσο και τα σπέρματα αλέστηκαν σε εργαστηριακό μύλο. Λήφθηκαν 2 δείγματα (επαναλήψεις) σπερμάτων προς άλεση για κάθε πληθυσμό, ενώ στο άχυρο αλέστηκαν 4 δείγματα (επαναλήψεις του αγρού) για κάθε πληθυσμό. Στα σπέρματα προσδιορίστηκαν:

- Ανόργανα στοιχεία (P, K, Na, Ca, Mg, Zn)
- Ολικές Αζωτούχες ουσίες
- Ινώδεις ουσίες (CF)
- Ξηρά ουσία
- Τέφρα

Στο άχυρο προσδιορίστηκαν τα θρεπτικά συστατικά:

- Ολικές Αζωτούχες ουσίες
- Ινώδεις ουσίες και κλάσματα (CF & NDF, ADF)
- Ξηρά ουσία
- Τέφρα

2.4.1 Προσδιορισμός ανόργανων στοιχείων στο σπόρο

Δύο δείγματα (επαναλήψεις) σπόρου από κάθε πληθυσμό αλέστηκαν σε εργαστηριακό μύλο, έτσι ώστε συνολικά υπήρχαν (49 πληθυσμοί x 2 επαναλήψεις) 98 δείγματα αλεσμένου σπόρου. Ζυγίστηκαν 0,5 gr από κάθε δείγμα που τοποθετήθηκαν σε κάψες πορσελάνης (> 18 ml). Έπειτα οι κάψες πορσελάνης τοποθετήθηκαν στο πυραντήριο, για κάψιμο των δειγμάτων για 8 ώρες στους 550 °C. Μετά το πέρας του προβλεπόμενου χρόνου, και αφού κρυώσουν οι κάψες, ακολουθεί

η εκχύλιση με HCl. Προστέθηκαν 10 ml διαλύματος HCl σε κάθε κάψα και μετά από αναμονή 10 λεπτών, τα δείγματα διηθήθηκαν σε φλάσκες των 100 ml με απιονισμένο νερό και διηθητικό χαρτί τύπου ashless, σκληρότητας MN615 και διαμέτρου 125 mm. Μετά την προσθήκη νερού έως ότου συμπληρωθούν 100 ml διαλύματος, τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε μπουκαλάκια (stock solution) για αποθήκευση σε θάλαμο ψύξης.

- Προσδιορισμός Φωσφόρου (P) σε φυτικό ιστό

Ο προσδιορισμός του P στα δείγματα πραγματοποιήθηκε μέσω του χρωματομετρικού προσδιορισμού του φωσφόρου στο εκχύλισμα, δια της βελτιωμένης μεθόδου ανάπτυξης του χρώματος κατά Murphy και Riley (1962). Βάσει της μεθόδου αυτής, χρησιμοποιούνται τέσσερα αντιδραστήρια: Α. Θεϊκό οξύ (H_2SO_4): Σε ογκομετρική φιάλη του 1L τίθενται 55,5 ml πυκνού H_2SO_4 και προστίθεται απιονισμένο νερό μέχρι το ήμισυ περίπου του όγκου της φιάλης. Β. Μολυβδαινικό αμμώνιο (ammonium molybdate): Διαλύονται σε 100 ml θερμού απιονισμένου νερού 4,8 gr $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$. Γ. Αντιμονυλοτριγυκό Κάλιο (Potassium antimonyl tartrate): Διαλύονται σε περίπου 100 ml θερμό απιονισμένο νερό 0,1097 gr $KSbO_4 \cdot C_4H_4O_6$. Τα αντιδραστήρια (Β) και (Γ) προστίθενται στην ογκομετρική φιάλη με το αντιδραστήριο (Α). Συμπληρώνουμε με απιονισμένο νερό έως ότου συμπληρωθεί 1 L του διαλύματος. Το μίγμα αυτό ονομάζεται και αντιδραστήριο Murphy-Riley (Murphy & Riley, 1958). Είναι σταθερό και διατηρείται επ' αόριστον, εφόσον τοποθετηθεί σε σκουρόχρωμη φιάλη και φυλάσσεται στους 4 °C. Το τέταρτο αντιδραστήριο είναι το διάλυμα L-ασκορβικού οξέος, που παρασκευάζεται με προσθήκη 4 gr ασκορβικού οξέος στο 1 L του αντιδραστηρίου Murphy-Riley. Το διάλυμα αυτό δεν διατηρείται επί μακρόν, για αυτό και παρασκευάζεται στον απαιτούμενο όγκο, κάθε φορά που γίνεται μέτρηση.

Σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml μεταφέρονται 2-5 ml του εκχυλισμένου δείγματος. Προστίθενται 3-4 σταγόνες νιτροφαινόλης (δείκτης) και λίγες σταγόνες NaOH (1M), όπου το χρώμα του εκχυλίσματος γίνεται κίτρινο. Τέλος προστίθενται 10 ml από το διάλυμα L-ασκορβικού οξέος και απιονισμένο νερό έως την χαραγή. Σε διάστημα 20 λεπτών, αναπτύσσεται μπλε χρώμα του οποίου η διαβάθμιση είναι ανάλογη της περιεκτικότητας του δείγματος σε φωσφόρο. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται και για την παρασκευή των standards, δηλαδή διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης P. Τέλος, σε plate του φασματοφωτομέτρου μεταφέρονται 200 μ L από το κάθε δείγμα (και τα standards) και γίνεται μέτρηση της απορρόφησης και της διαπερατότητας του κάθε δείγματος σε φως μήκους κύματος 880 nm. Η συγκέντρωση

P (ppm) προσδιορίζεται βάσει της καμπύλης αναφοράς που δημιουργείται με την βοήθεια των standards.

- Προσδιορισμός Καλίου (K) και Νατρίου (Na) σε φυτικό ιστό

Ο προσδιορισμός των στοιχείων K και Na έγινε με τη χρήση του φλογοφωτομέτρου Jenway, βάσει του αντίστοιχου πρωτοκόλλου (P05-031A: Determination of Sodium and Potassium in Biological Fluid).

- Προσδιορισμός Ασβεστίου (Ca), Μαγνησίου (Mg) και Ψευδαργύρου (Zn) σε φυτικό ιστό.

Ο προσδιορισμός των στοιχείων Ca, Mg και Zn έγινε με το φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης Varian SpectrAA 300, Varian Inc. βάσει του αντίστοιχου πρωτοκόλλου, με αυτόματη ρύθμιση των τιμών (automated calibration).

2.4.2 Ξηρά ουσία

Η ξηρά ουσία σε σπόρο και άχυρο προσδιορίστηκε σύμφωνα με την αναλυτική τακτική Weende για τον προσδιορισμό υγρασίας. Σε ζυγαριά ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων (Εικόνα 2.6), ζυγίστηκαν περίπου 2 gr κάθε δείγματος (ΒΔ, βάρος δείγματος), καθώς και ειδικά γυάλινα φιαλίδια (ΒΦ, βάρος φιαλιδίου) στα οποία θα τοποθετηθούν τα δείγματα. Τα φιαλίδια πριν και μετά την τοποθέτηση των δειγμάτων, διατηρούνται στον ειδικό ξηραντήρα (Εικόνα 2.6) για να μην έρχονται σε επαφή με την υγρασία της ατμόσφαιρας. Έπειτα τοποθετούνται σε κλίβανο προθερμασμένο στους 103 ± 2 °C όπου ξηραίνονται μέχρι σταθερού βάρους (έως 8 ώρες) (Εικόνα 2.6). Στη συνέχεια τα φιαλίδια μεταφέρονται στον ξηραντήρα ώστε να αποκτήσουν πάλι θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος ζυγίζονται ξανά μαζί με το δείγμα (ΜΒ, μικτό βάρος). Η ποσοστιαία αναλογία της ξηράς ουσίας (ΞΟ%) για κάθε δείγμα υπολογίζεται με τον τύπο:

$$\text{ΞΟ\%} = (MB - B\Phi) \times 100 / B\Delta$$

2.4.3 Τέφρα

Το περιεχόμενο της τέφρας σε σπόρο και άχυρο προσδιορίστηκε σύμφωνα με την αναλυτική τακτική Weende. Η μέθοδος περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών καψών

πορσελάνης στις οποίες τοποθετούνται τα δείγματα για την καύση τους. Σε ζυγαριά ακριβείας (4 δεκαδικών ψηφίων) ζυγίζονται οι κάψες (BK, βάρος κάψας), καθώς και 1 gr από κάθε δείγμα (BA, καθαρό βάρος δείγματος). Έπειτα οι κάψες τοποθετούνται σε κλίβανο στους 550 ± 20 °C για 5 – 6 ώρες. Μετά το πέρας του προβλεπόμενου χρόνου και εφόσον το υπόλειμμα είναι απαλλαγμένο από τεμαχίδια άνθρακα, ζυγίζεται το μικτό βάρος της κάθε κάψας και τέφρας (MB, μικτό βάρος μετά την καύση). Η ποσότητα της τέφρας σε gr (T) για κάθε δείγμα υπολογίζεται με τον τύπο:

$$T (gr) = (MB - BK) \times 100 / BA$$

2.4.4 Αζωτούχες ουσίες

Ο προσδιορισμός της πρωτεΐνης, έγινε με τη μέθοδο προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών όπως προτάθηκε από τον Kjeldahl (1883). Η μέθοδος εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό πρωτεΐνης στο άλεσμα του σπόρου των 49 εγχώριων πληθυσμών και του αχύρου που συγκομίστηκε από την καλλιέργεια των 6 εγχώριων πληθυσμών ρόβης.

Η διαδικασία προσδιορισμού αζώτου περιλαμβάνει δύο στάδια: το στάδιο της καύσης του δείγματος και το στάδιο της μέτρησης του αζώτου. Για το στάδιο της καύσης, ζυγίστηκαν 0,5 gr από κάθε αλεσμένο δείγμα και τοποθετήθηκαν στις ειδικές φιάλες χώνευσης (τύπου Kjeldahl). Έπειτα σε κάθε φιάλη τοποθετήθηκε μία ταμπλέτα καταλύτη (3,5 gr Se + CuSO₄ ή K₂SO₄). Προστέθηκαν 12 – 14 ml πυκνού H₂SO₄ και έπειτα από ανάδευση, οι σωλήνες τοποθετήθηκαν στην ειδική συσκευή (Digestor) που προσομοιώνει την διαδικασία της χώνευσης, το οποίο ρυθμίστηκε στους 420 °C για τρία τέταρτα της ώρας (Εικόνα 2.6). Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε βάσει του πρωτοκόλλου του μηχανήματος (Digestion System 20 (1015) TECATOR Standard Procedure). Μετά την καύση, οι φιάλες τοποθετήθηκαν σε μια ανεξάρτητη μονάδα (Εικόνα 2.6) για τον αυτόματο προσδιορισμό του αζώτου (Kjeltec 2300 Analyser Unit). Τα αναλυτικά βήματα που πραγματοποιούνται για την καύση και τον προσδιορισμό του αζώτου, είναι:

- Διάλυση των δειγμάτων (χώνευση)
- Προσθήκη αντιδραστηρίου
- Απόσταξη
- Τιτλοδότηση

- Απομάκρυνση αποβλήτων
- Μέτρηση N
- Αναφορά

Τα βήματα αυτά γίνονται αυτόματα σε κάθε αναλυτική σειρά. Οι χημικές ουσίες που λαμβάνουν χώρα για τη μέτρηση του αζώτου είναι:

- 0,1N υδροχλωρικού οξέος (HCl) για την τιτλοδότηση
- 4 λίτρα καυστικού νατρίου (NaOH) 40% που χρησιμοποιείται ως αντιδραστήριο
- 10 λίτρα Receiver solution που δημιουργείται από την διάλυση 100 gr βορικού οξέος (H_3BO_3) σε 10 L απιονισμένου νερού και την προσθήκη bromocresol green (100 mg/ 100 ml methanol), 70 ml methyl red solution (100 mg/100 ml methanol) και 5 ml 1M (4%) NaOH.

Βάσει του πρωτοκόλλου του μηχανήματος, παρασκευάζονται οι ως άνω ποσότητες ως απόθεμα (stock) σε μπιτόνια που συνδέονται με το μηχάνημα. Για τη μέτρηση N σε κάθε δείγμα, χρησιμοποιούνται 80 ml νερού, 30 ml διαλύματος Receiver και 50 ml καυστικού νατρίου.

Κατά την καύση, το οργανικό N μετατρέπεται σε Θεικό αμμώνιο $[(NH_4)_2SO_4]$. Στη συνέχεια το θεικό αμμώνιο αντιδρά με το καυστικό νάτριο δίνοντας Αμμωνία (NH_3). Η αμμωνία που απελευθερώνεται σε μορφή αερίου, αντιδρά με το βορικό οξύ, παράγοντας βορικό αμμώνιο $[(NH_4)_3BO_3]$, το οποίο και τιτλοδοτείται με το διάλυμα 0,1N υδροχλωρικού οξέος. Υπολογίζεται η περιεκτικότητα σε N%, η οποία αναλόγως με το είδος της αζωτούχου ουσίας που θέλουμε να προσδιορίσουμε πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή. Στην περίπτωση της πρωτεΐνης, καθώς γενικά οι πρωτεΐνες περιέχουν κατά μέσο όρο 16% άζωτο, πολλαπλασιάζουμε την περιεκτικότητα του N% με τον συντελεστή 6,25 (100/16), ώστε να υπολογίσουμε την ποσοστιαία αναλογία των πρωτεϊνών. Γνωρίζοντας την ξηρά ουσία (%) υπολογίζουμε για κάθε δείγμα το ποσοστό της πρωτεΐνης στα 100 gr ξηράς ουσίας.

2.4.5 Ινώδεις ουσίες

Για τον προσδιορισμό των ινωδών ουσιών (CF) χρησιμοποιήθηκε η αναλυτική διαδικασία Henneberg & Stohmann που περιλαμβάνεται στην αναλυτική τακτική Weende, ενώ η εκτίμηση των κλασμάτων NDF και ADF έγινε βάσει της αναλυτικής διαδικασίας των Van Soest και Moore. Οι προσδιορισμοί αυτοί εφαρμόζονται στην πράξη για την αξιολόγηση, κυρίως, των χονδροειδών ζωοτροφών. Η διαδικασία της αναλυτικής τακτικής Weende στηρίζεται στον διαχωρισμό όλων των ινωδών ουσιών που μετέχουν στη δομή των *κυτταρικών τοιχωμάτων*, από το σύνολο της τέφρας, των αζωτούχων και των *ελεύθερων αζώτου εκχυλισματικών ουσιών*.

Η αναλυτική μέθοδος των Van Soest και Moore στηρίζεται στο διαχωρισμό της ξηράς ουσίας της ζωοτροφής σε δύο κατηγορίες συστατικών: Η πρώτη περιλαμβάνει το *κυτταρικό περιεχόμενο*, δηλαδή τις ουσίες που βρίσκονται εντός του κυττάρου, ενώ η δεύτερη αφορά τα *κυτταρικά τοιχώματα*, δηλαδή χημικές ενώσεις που μετέχουν στη δομή του κυτταρικού τοιχώματος.

Για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός, τα δείγματα υποβάλλονται σε βρασμό με ένα «διάλυμα ουδέτερης αντίδρασης» (*Neutral Detergent Solution, NDS*) που διαλυτοποιεί το κυτταρικό περιεχόμενο. Επακολουθεί διήθηση με την οποία διαχωρίζεται το κυτταρικό περιεχόμενο, που περνά στο διήθημα, από τα κυτταρικά τοιχώματα NDF, που παραμένουν στον ηθμό. Με την τιμή του NDF, εκτιμάται συνολικά, η περιεκτικότητα της ζωοτροφής σε ημικυτταρίνες, κυτταρίνες, λιγνίνη, κουτίνη και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Με το NDS διάλυμα, δεν υδρολύεται πλήρως το άμυλο και οι αζωτούχες ουσίες, γι' αυτό αν η ζωοτροφή είναι πλούσια στα συστατικά αυτά, τότε η τιμή NDF εμφανίζεται μεγαλύτερη από την πραγματική.

Με την χρήση του «διαλύματος όξινης αντίδρασης» (*Acid Detergent Solution, ADS*), εκτός από την υδρόλυση του κυτταρικού περιεχομένου, υδρολύονται και περνούν στο διήθημα οι ημικυτταρίνες και μικρό μέρος πρωτεϊνών. Το κλάσμα ADF, εκφράζει συνολικά την περιεκτικότητα της ζωοτροφής σε κυτταρίνη, λιγνίνη, κουτίνη και αδιάλυτα ανόργανα συστατικά. Η τιμή του ADF συνδέεται πιο στενά με το μη πεπτό μέρος της ξηράς ουσίας της ζωοτροφής, κι έτσι εκφράζει με μεγαλύτερη προσέγγιση το κλάσμα των συστατικών της τροφής που χρησιμοποιείται λιγότερο από τα ζώα.

Τα διάφορα κλάσματα των ινωδών ουσιών προσδιορίστηκαν μόνο στο άχυρο της ρόβης. Κάθε δείγμα αλεσμένου αχύρου προερχόταν από την κάθε επανάληψη του κάθε πληθυσμού (6 πληθυσμοί x 4 επαναλήψεις = 24 δείγματα). Ωστόσο, για την

εφαρμογή της μεθόδου Van Soest-Moore, τα δείγματα αναλύονται εις διπλούν, επομένως συνολικά για κάθε μεταχείριση μεταχειρίστηκαν $24 \times 2 = 48$ δείγματα. Τα εργαλεία και υλικά που χρειάζονται για την καύση των δειγμάτων, σε κάθε μέθοδο είναι τα παρακάτω:

- Ζυγαριά ακριβείας (4 δεκαδικών ψηφείων)
- Ογκομετρικές φιάλες (MCA) 1 L
- Κλίβανος πυρώσεως.
- Μηχάνημα χώνευσης (ANKOM²⁰⁰ 65 rpm, ANKOM Technology) (Εικόνα 2.6)
- Ειδικά διηθητικά σακουλάκια (F57 ή F58, ANKOM Technology)
- Σφραγιστής πλαμικός (heat sealer)
- Μαρκαστής ανεξίτηλος

Αντιδραστήρια Weende

- Διάλυμα θεικού οξέος 0,255 ± 0,005N: 1,25 gr H₂SO₄ ανά 100 mL απεσταγμένου νερού ή 14,28 mL στα 2 L νερού.
- Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0.313 ± 0.005N: 1.25 gr NaOH σε 100 mL απεσταγμένου νερού ή 25.24 gr σε 2 L νερού.

Αντιδραστήρια Van Soest – Moore για NDS

- Διάλυμα ουδέτερης αντίδρασης: Σε 1 L απεσταγμένου νερού, προστίθενται 30 gr θεικό δωδεκύλιο νάτριο (NaC₁₂H₂₅SO₄), 18,61 gr δινάτριο άλας του αιθυλενοδιαμυνοτετραοξικού (Na₂EDTA), 6,81 gr βορικού νατρίου (Na₂[B₄O₅(OH)₄]·8H₂O), 4,56 gr άνυδρου διβασικού φωσφορικού νατρίου (Na₂HPO₄) και 10 ml τριεθυλενογλυκόλης (TEG). Θερμαινόμενη ανάδευση των υλικών.
- Α – αμύλαση
- Άνυδρο θειώδες νάτριο (Na₂SO₃)

Αντιδραστήρια Van Soest – Moore για ADS

- Διάλυμα όξινης αντίδρασης: Προσθήκη 20 γρ βρωμιούχο κετυλοτριμεθυλαμμώνιο (CTAB) σε 1 L 1,00N H₂SO₄ και θερμαινόμενη ανάδευση.

Οι δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό των ινωδών ουσιών (CF) και των κλασμάτων τους (NDF, ADF) εφαρμόστηκαν βάσει των πρωτοκόλλων της ANKOM Technology (Method 7, 6, 5 αντίστοιχα).

Μέθοδος Weende

- Ζυγίζονται τα διηθητικά σακουλάκια μέσα στα οποία θα τοποθετηθούν τα δείγματα (W_1).
- Ζυγίζονται 0,98 – 0,99 gr ($\pm 0,05$ gr) δείγματος που θα μπει στο σακουλάκι (W_2).
- Μετά το γέμισμα, κάθε σακουλάκι κλείνει ερμητικά με τον σφραγιστή. Σημειώνουμε τον κωδικό του δείγματος.
- Ζυγίζονται και δύο σακουλάκια χωρίς δείγμα (blank), για τον συντελεστή διόρθωσης βάρους των σακουλιών (C_1).
- Για να απομονώσουμε λιπαρές ουσίες από τα δείγματα, τοποθετούνται τα έτοιμα σακουλάκια σε container όπου προστίθεται πετρελαϊκός αιθέρας, ώστε να καλυφθούν τα σακουλάκια. Μετά από 10 λεπτά βγάζουμε τα σακουλάκια και τα αφήνουμε να στεγνώσουν.
- Αφού στεγνώσουν τα σακουλάκια τοποθετούνται στον υποδοχέα του μηχανήματος ινωδών ουσιών.
- Μέσα στο μηχανήμα προστίθενται 2000 ml από το διάλυμα θειικού οξέος ώστε να καλυφθούν όλα τα σακουλάκια.
- Κλείνουμε το καπάκι του μηχανήματος και ενεργοποιούμε την ανάδευση με την θέρμανση για 40 λεπτά.
- Μόλις τελειώσει η εκχύλιση, αφαιρούμε το διάλυμα θειικού οξέος και ξεπλύνουμε τα σακουλάκια με ζεστό νερό (ανάδευση για 5 λεπτά) 3 φορές ώστε να φύγει όλο το οξύ.
- Προστίθενται 1900-2000 mL διαλύματος NaOH και ενεργοποιούμε ξανά τη διαδικασία εκχύλισης για άλλα 40 λεπτά.
- Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία με το ξέπλυμα των σακουλιών.
- Στραγγίζουμε καλά τα σακουλάκια και τα τοποθετούμε σε κλίβανο στους 105 °C για 2 - 4 ώρες για να ξεραθούν. Μετά την ξήρανση ζυγίζουμε τα σακουλάκια (A).

- Αποτεφρώνουμε τα σακουλάκια σε ήδη ζυγισμένες κάψες πορσελάνης (B) σε κλίβανο πυρακτώσεως στους 600 °C για 2 ώρες.
- Μετά την αποτέφρωση, ζυγίζουμε ξανά τα σακουλάκια (C)
Η ποσοστιαία αναλογία των ινωδών ουσιών υπολογίζεται με τον τύπο:

$$CF\% = 100 \times [W_3 - (W_1 \times C_1) / W_2]$$

Όπου,

$$W_3 = A - T \text{ (τέφρα) και } T = C - B$$

C_1 = συντελεστής διόρθωσης βάρους των σακουλιών (προκύπτει από το μέσο όρο βάρους των δύο blanks μετά τη μεταχείριση).

Μέθοδος Van Soest – Moore

- Ετοιμάζουμε τα δείγματά μας στα διηθητικά σακουλάκια όπως και στην μέθοδο Weende, με την διαφορά ότι ζυγίζονται 0,5 gr δείγματος για κάθε σακουλάκι.
- Η εκχύλιση με πετρελαϊκό αιθέρα είναι απαραίτητη μόνο αν πρόκειται για ζωοτροφές που περιέχουν προϊόντα σόγιας, επομένως στην προκειμένη περίπτωση η διαδικασία αποφεύχθηκε.
- Εισάγουμε τα σακουλάκια στον υποδοχέα του μηχανήματος και προσθέτουμε 1900-2000 mL διαλύματος ουδέτερης αντίδρασης (NDS) και 20 gr θειώδους νατρίου και 4 ml α-αμυλάσης.
- Ενεργοποιούμε την ανάδευση και θέρμανση για 75 λεπτά της ώρας.
- Μετά την εκχύλιση ξεπλύνουμε τα σακουλάκια με τρόπο παρόμοιο της μεθόδου Weende.
- Στραγγίζουμε τα σακουλάκια και τα τοποθετούμε στον κλίβανο για ξήρανση. Έπειτα ζυγίζουμε (W_3).
- Μετά την ξήρανση τα σακουλάκια μπορούν να τοποθετηθούν ξανά στο μηχάνημα, όπου προστίθενται 1900-2000 mL διαλύματος όξινης αντίδρασης (ADS), και ενεργοποιούμε την ανάδευση με θέρμανση για 60 λεπτά της ώρας.
- Στραγγίζουμε τα σακουλάκια και τα τοποθετούμε στον κλίβανο για ξήρανση.
- Ζυγίζουμε τα σακουλάκια (W_3).

Η ποσοστιαία αναλογία των κλασμάτων NDF και ADF υπολογίζεται παρομοίως με τον τύπο:

$$\%NDF \text{ ή } \%ADF = [W_3 - (W_1 \times C_1) / W_2]$$

Όπου,

W_1 = καθαρό βάρος σακουλιού

W_2 = βάρος δείγματος

W_3 = βάρος δείγματος μετά την εκχύλιση και την ξήρανση.

C_1 = ο συντελεστής διόρθωσης βάρους για το κάθε σακουλάκι (προκύπτει από το μέσο όρο του βάρους των δύο blanks μετά από κάθε μεταχείριση).



Εικόνα 2.6. (1) Μηχάνημα απόσταξης Kjeldahl, (2) Μηχάνημα για προσομοίωση χώνευσης (Digestor) στους 420° C για τρία τέταρτα της ώρας, (3) Μηχάνημα χώνευσης για τα κλάσματα ινωδών ουσιών (ANKOM Technology), (4) Κλίβανος για ξήρανση των δειγμάτων στους 103° C για έως 8 ώρες, (5) Ξηραντήρας, (6) Εργαστηριακός μύλος άλεσης, (7) Ζυγαριά ακριβείας τριών δεκαδικών ψηφίων.

2.5 Στατιστική επεξεργασία

Όλα τα δεδομένα που ελήφθησαν από την αξιολόγηση των πληθυσμών της ρόβης, τόσο ως προς τα ανθικά τους χαρακτηριστικά και την επισκεψιμότητα των επικονιαστών, όσο ως προς τα την θρεπτική τους αξία, υποβλήθηκαν σε Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA). Καθώς μας ενδιαφέρει η διερεύνηση και ανάδειξη των διαφορών μεταξύ των υπό μελέτη πληθυσμών, χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) με επίπεδο σημαντικότητας 0,05, παρ' όλο που προσφέρει τη μικρότερη προστασία από το σφάλμα τύπου I (Απόρριψη μιας ισχύουσας μηδενικής υπόθεσης). Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα JMP-8 (SAS Institute Inc., 2008). Η Ανάλυση Διακύμανσης για τα χαρακτηριστικά της ρόβης που εξετάστηκαν στον αγρό έγινε λαμβάνοντας υπόψη ότι εφαρμόστηκε το σχέδιο Τυχαιοποιημένων Πλήρων Ομάδων με τέσσερις επαναλήψεις. Οι επεμβάσεις αποτελούνταν από τους 6 πληθυσμούς που καλλιεργήθηκαν στον αγρό, ενώ οι τέσσερις επαναλήψεις-ομάδες τοποθετήθηκαν στον αγρό βάσει της αυξανόμενης υγρασίας και σκίασης που παρατηρείται από την πρώτη έως την τέταρτη επανάληψη. Μετά από Έλεγχο Κανονικότητας όλων των δεδομένων, στις περιπτώσεις όπου δεν παρατηρούνταν Κανονική κατανομή, ώστε να γίνει η ANOVA, γινότανε χρήση μη παραμετρικών μεθόδων ανάλυσης.

Η συχνότητα εμφάνισης του χρώματος ανθεών εκτιμήθηκε ανά πληθυσμό και αποτυπώθηκε σε Δισδιάστατο Πίνακα Συχνοτήτων με την χρήση του στατιστικού προγράμματος Statgraphics Centurion 16 (StatPoint Technologies Inc., 2005). Για την εκτίμηση της συσχέτισης ανάμεσα στους υπό μελέτη ανθικούς χαρακτήρες, την επισκεψιμότητα των επικονιαστών και τα στοιχεία απόδοσης, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης με την χρήση του στατιστικού προγράμματος JMP-8 (SAS Institute Inc., 2008). Πιο συγκεκριμένα, εκτιμήθηκαν οι συσχετίσεις:

- Των χαρακτήρων φαινολογίας και ανθικού σχεδιασμού με την δραστηριότητα και την αφθονία των επικονιαστών.
- Των χαρακτήρων φαινολογίας, ανθικού σχεδιασμού, της δραστηριότητας και αφθονίας επικονιαστών με τους χαρακτήρες απόδοσης.

Για τον χαρακτηρισμό της σχέσης ανάμεσα στον αριθμό ανοιχτών ανθών (χαρακτήρας ανθικής απεικόνισης) με την επισκεψιμότητα των επικονιαστών, δημιουργήθηκε μοντέλο παλινδρόμησης, στο οποίο:

- Ως εξαρτημένη μεταβλητή (y) ορίστηκαν η δραστηριότητα και η αφθονία των επικονιαστών και
- ως ανεξάρτητη μεταβλητή (x) ορίστηκε το σύνολο ανοιχτών ανθέων ανά φυτό για κάθε υπό μελέτη πληθυσμό (AUA2, ERV65, ERV45, ERV53).

Η ανάλυση παλινδρόμησης πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Statgraphics Centurion 16 (StatPoint Technologies Inc., 2005).

Το πλήθος των χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν υποβλήθηκε στην Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Component Analysis, PCA), ώστε να εκφραστούν σε Κύριες Συνιστώσες, που να μπορούν να ερμηνεύσουν το μεγαλύτερο τμήμα της παρατηρούμενης παραλλακτικότητας. Επιπλέον, τα πειραματικά δεδομένα αναλύθηκαν με τη μέθοδο της Ανάλυσης Συστάδων (Cluster Analysis), με στόχο την ομαδοποίηση των πληθυσμών του πειράματος, καθώς και την διερεύνηση της ύπαρξης ομοιότητας μεταξύ πληθυσμών, βάσει των ανθικών τους χαρακτήρων και των χαρακτήρων απόδοσης και θρεπτικής σύστασης. Η ανάλυση των δύο μεθόδων (PCA, CA) πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος JMP-8 (SAS Institute Inc., 2008).

3 Αποτελέσματα

3.1 Μελέτη ανθικών χαρακτηριστικών ρόβης και επισκεψιμότητας των επικονιαστών

3.1.1 Ανθικά χαρακτηριστικά ρόβης

3.1.1.1 Χαρακτηριστικά φαινολογίας

Η άνθηση της ρόβης έλαβε χώρα από τις 28 Μαρτίου (αρχή άνθησης των πρώιμων πληθυσμών) έως τις 12 Μαΐου (τέλος άνθησης όψιμων πληθυσμών), δηλαδή συνολικά έξι εβδομάδες, όπου έλαβαν χώρα οι μετρήσεις. Οι ημερομηνίες στις οποίες λήφθηκαν οι μετρήσεις ήταν οι εξής: 28 Μαρτίου, 4, 11, 20 και 28 Απριλίου και στις 4 Μαΐου.

Η ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one – way ANOVA) ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς, για όλους τους χαρακτήρες που εντάσσονται στην ομάδα της φαινολογίας ($p < 0.0001$). Στο σύνολο των υπό μελέτη πληθυσμών, οι μισοί (ERV35, AUA2, ERV45) παρουσίασαν το πρώτο άνθος κατά την 1^η εβδομάδα της άνθησης (28/3 – 3/4) ενώ οι υπόλοιποι (ERV65, AUA5, ERV53) άνθησαν κατά την 4^η εβδομάδα (20/4 – 27/4) της άνθησης (Διάγραμμα 3.1) Συγκεκριμένα, οι τιμές για την έναρξη της άνθησης κυμαίνονται από 110,49 ημέρες (ERV35) έως τις 134 ημέρες (AUA5) από την σπορά (Πίνακας 3.1). Οι πληθυσμοί AUA2, AUA5 και ERV35 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους ($p < 0.0001$). Η διάρκεια άνθησης ξεκινάει από τις 14,80 ημέρες (AUA5) έως τις 27,80 ημέρες (ERV35) και οι διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0.0001$). Το ίδιο ισχύει και για το τέλος της άνθησης. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.2, ο πληθυσμός ERV35 είχε πιο πρόωμη άνθηση και μεγαλύτερη διάρκεια άνθησης από τους υπόλοιπους πληθυσμούς με στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ αντιστρόφως ο πληθυσμός AUA5 άνθισε τελευταίος και μαζί με τον ERV65 και τον ERV45 είχε τη μικρότερη διάρκεια άνθησης με στατιστικά σημαντική διαφορά. Η έναρξη άνθησης του ERV53 (131,22 ημέρες) είναι στα ίδια επίπεδα με των ERV65 και ERV45, ενώ η διάρκεια άνθησής του (20,30

ημέρες) ήταν μεγαλύτερη από των ERV65, ERV45 και AUA5 και μεγαλύτερη από των ERV35, AUA2 με στατιστικά σημαντική διαφορά.

Πίνακας 3.1 Μέσες τιμές και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους χαρακτήρες φαινολογίας*. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.0001$).

Χαρακτήρες φαινολογίας						
Πληθυσμός	E.A.(ΜΑΣ)		T.A. (ΜΑΣ)		Δ.Α. (ημ)	
	M.O.	S.E.(±)	M.O.	S.E.(±)	M.O.	S.E.(±)
<i>AUA 2</i>	115.94 ^a	0.77	140.83 ^a	0.43	24.89 ^a	0.76
<i>AUA 5</i>	134.00 ^b	0.82	148.75 ^b	0.46	14.80 ^b	0.81
<i>ERV 65</i>	129.71 ^c	0.78	145.03 ^c	0.44	15.31 ^b	0.77
<i>ERV 35</i>	110.49 ^d	0.78	138.29 ^d	0.44	27.80 ^c	0.77
<i>ERV 45</i>	129.29 ^c	0.75	144.66 ^c	0.42	15.39 ^b	0.74
<i>ERV 53</i>	131.22 ^c	0.89	151.52 ^e	0.50	20.30 ^d	0.88

*E.A.= Έναρξη άνθησης, T.A. = Τέλος άνθησης, Δ.Α. = Διάρκεια άνθησης

3.1.1.2 Χαρακτηριστικά ανθικής απεικόνισης

Το άνοιγμα των ανθέων της ρόβης καταγράφηκε κατά την 10^η ώρα προ μεσημβρίας (10.00 π.μ.), ενώ το κλείσιμο παρατηρήθηκε κατά την 7^η ώρα μετά μεσημβρίας (7.00 μ.μ.). Όταν ο καιρός ήταν συννεφιασμένος τις πρωινές ώρες, συνέβαλε σε καθυστέρηση του ανοίγματος των ανθέων κατά χρονικό διάστημα 1 – 2 ωρών. Τα αποτελέσματα της ANOVA έδειξαν ότι ο παράγοντας πληθυσμός επιδρά στατιστικά σημαντικά στους υπό μελέτη χαρακτήρες ανθικής απεικόνισης ($p < 0,001$). Ο μέσος όρος των τιμών για όλα τα φυτά και επαναλήψεις του κάθε πληθυσμού και της κάθε εβδομάδας για τον αριθμό των ανθέων ανά φυτό, κυμάνθηκε από τα 0,22 άνθη ανά φυτό (AUA2, 1^η εβδομάδα) έως τα 94,35 άνθη ανά φυτό (AUA5, 5^η εβδομάδα), ενώ για το μέσο αριθμό των ανοιχτών ανθέων ανά φυτό, οι τιμές κυμάνθηκαν από 0,17 (AUA2, 1^η εβδ.) έως 39,83 άνθη ανά φυτό (ERV65, 5^η εβδ.) τις πρωινές ώρες και 0,08 (AUA2, 1^η εβδ.) έως 61,34 άνθη ανά φυτό (ERV65, 5^η εβδ.) τις απογευματινές ώρες.

Τις πρώτες τρεις εβδομάδες, ο πληθυσμός ERV35 παρουσίασε το υψηλότερο σύνολο ανθέων και αριθμό ανοιχτών ανθέων, με στατιστικά σημαντική διαφορά φτάνοντας στο μέγιστο κατά την 3^η εβδομάδα μετρήσεων (37,43 άνθη/φυτό, 17,63

και 10,63 ανοιχτά άνθη/φυτό τις πρωινές και απογευματινές ώρες αντίστοιχα) (Πίνακας 3.2, Γράφημα Π3 του Παραρτήματος) σε σχέση με τους υπόλοιπους που άνθιζαν εκείνη την περίοδο (AUA2, ERV45). Μετά την 3^η εβδομάδα οι τιμές αρχίζουν να πέφτουν, μέχρι τις αρχές (6^η εβδομάδα) όπου τελειώνει η άνθησή του. Μια παρόμοια πορεία διαγράφει και η άνθηση του AUA2, όπου οι αντίστοιχες τιμές όμως ήταν πιο χαμηλές και παρέμειναν έτσι μέχρι το τέλος της άνθησης. Ο μέσος αριθμός ανθέων σημειώθηκε την 3^η (11,03 άνθη ανά φυτό) και την 4^η εβδομάδα (11,50 άνθη ανά φυτό) από όπου μετά αρχίζει να μειώνει (Γράφημα Π1 Παραρτήματος). Στον ERV45 ελάχιστα φυτά άνθισαν από την 1^η εβδομάδα με χαμηλές τιμές αριθμού ανθέων και ανοιχτών ανθέων. Τα περισσότερα φυτά άνθισαν την 4^η εβδομάδα, όπου και αυξάνεται ο αριθμός ανθέων ανά φυτό φτάνοντας στο μέγιστο την 5^η εβδομάδα (41,11 άνθη/φυτό, 14,15 και 26,65 ανοιχτά άνθη/φυτό τις πρωινές και απογευματινές ώρες αντίστοιχα) (Γράφημα Π5 Παραρτήματος). Ο ERV65 που άνθισε κατά την 4^η εβδομάδα της άνθησης, παρουσίασε το υψηλότερο σύνολο ανθέων και αριθμό ανοιχτών ανθέων σε σχέση με τους υπόλοιπους εν ανθήσει πληθυσμούς, φτάνοντας στο μέγιστο κατά την 5^η εβδομάδα της άνθησης (68,89 άνθη/φυτό, 31,01 ανοιχτά άνθη τις πρωινές ώρες, 64,43 ανοιχτά άνθη τις απογευματινές ώρες) (Γράφημα Π4 Παραρτήματος). Παρόμοια πορεία άνθησης παρουσίασε και ο AUA5 με μέγιστες τιμές κατά την 5^η εβδομάδα (94,35 άνθη/φυτό, 39,83 ανοιχτά άνθη/φυτό τις πρωινές και 59,33 ανοιχτά άνθη/φυτό τις απογευματινές ώρες) φτάνοντας σε παρόμοια επίπεδα με του ERV65, αλλά χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά (Γράφημα Π2 Παραρτήματος). Στο σύνολο των πληθυσμών, οι ERV65 και AUA5 είχαν τις υψηλότερες τιμές τόσο στο σύνολο των ανθέων όσο και στον αριθμό ανοιχτών ανθέων. Όπως φαίνεται πιο ξεκάθαρα στον Πίνακα 3.3, όπου παρουσιάζονται τα ποσοστά των ανοιχτών ανθέων επί του συνόλου των ανθέων για κάθε πληθυσμό, την 4^η εβδομάδα παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ποσοστά ανοιχτών ανθέων για όλους σχεδόν τους πληθυσμούς (εκτός από τον ERV35 που είναι και πρώιμος). Στους AUA5 και ERV65, τις απογευματινές ώρες άνθισε το 100% και το 97,26% του συνόλου των ανθέων αντίστοιχα.

Για το σύνολο των πληθυσμών καθ' όλη την διάρκεια άνθησης, παρατηρήθηκαν περισσότερα ανοιχτά άνθη κατά τις απογευματινές ώρες και λιγότερα τις πρωινές ώρες, όπως παρατηρούμε στον Πίνακα 3.2. Οι διαφορές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές κατά την 1^η, 4^η και 5^η εβδομάδα άνθησης ($p = 0.0113$, $p < 0.0001$, $p = 0.0015$ αντίστοιχα). Την 2^η εβδομάδα ο αριθμός των ανοιχτών ανθέων

είναι σταθερός και στις δύο χρονικές περιόδους, ενώ την 3^η εβδομάδα παρατηρούνται περισσότερα ανοιχτά άνθη τις πρωινές ώρες με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0004$). Οι πληθυσμοί που παρουσίασαν περισσότερα ανοιχτά άνθη τις απογευματινές ώρες σε σχέση με τις πρωινές, ήταν οι AUA5 ($p = 0.0284$ για την 5^η εβδομάδα), ERV65 ($p = 0.0067$ για την 4^η εβδομάδα, $p = 0.0192$ για την 5^η εβδομάδα) και ERV53 ($p = 0.0109$, για την 4^η και $p = 0.0338$ για την 6^η εβδομάδα). Από τους πρώιμους πληθυσμούς, οι AUA2 και ERV35 εμφανίζουν κατά το μεγαλύτερο μέρος της άνθησης περισσότερα ανοιχτά άνθη τις απογευματινές ώρες και οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές την 4^η εβδομάδα ($p = 0.0133$ και $p = 0.0002$ αντίστοιχα). Η μόνη διαφορά παρατηρείται την 3^η εβδομάδα όπου οι δύο πληθυσμοί εμφανίζουν περισσότερα ανοιχτά άνθη τις πρωινές ώρες με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0009$ και $p = 0.0004$ αντίστοιχα). Παρόμοιες αξίες παρουσιάζει και ο πληθυσμός ERV45, αλλά σε καμιά από τις περιπτώσεις δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά.

Πίνακας 3.2. Μέσες τιμές και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους χαρακτήρες ανθικής απεικόνισης* της ρόβης για κάθε εβδομάδα μέτρησης (1η – 6η) . Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,0001$).

Πληθυσμός	NF												MNF
	NF1	S.E.(±)	NF2	S.E.(±)	NF3	S.E.(±)	NF4	S.E.(±)	NF5	S.E.(±)	NF6	S.E.(±)	
<i>AUA2</i>	0.22 ^a	0.6	8.03 ^a	1.09	11.03 ^a	2.07	11.50 ^a	6.70	8.47 ^a	6.53	0.00 ^a	1.85	7.85
<i>AUA5</i>	0.00 ^a	0.64	0.00 ^b	1.18	0.00 ^b	2.23	13.48 ^a	4.81	94.35 ^b	7.04	16.45 ^b	2.00	41.43
<i>ERV65</i>	0.00 ^a	0.61	0.00 ^b	1.11	0.00 ^b	2.1	57.37 ^b	4.53	80.4 ^b	6.63	0.00 ^a	1.88	68.89
<i>ERV35</i>	8.34 ^b	0.61	21.11 ^c	1.11	37.43 ^c	2.1	17.05 ^a	5.99	9.74 ^a	6.63	0.00 ^a	1.88	18.73
<i>ERV45</i>	1.45 ^a	0.58	3.03 ^d	1.06	6.87 ^a	2.01	36.05 ^c	5.99	41.11 ^{ac}	6.36	0.50 ^a	1.80	14.84
<i>ERV53</i>	0.00 ^a	0.68	0.00 ^b	1.24	0.00 ^b	2.35	9.39 ^a	5.06	27.32 ^c	7.41	16.68 ^b	2.10	17.80
NFI													
	NFI1		NFI2		NFI3		NFI4		NFI5		NFI6		MNFI
<i>AUA2</i>	0.17 ^a	0.39	2.72 ^a	0.39	3.25 ^a	1.03	2.38 ^a	2.87	5.67 ^a	3.61	0.00 ^a	0.73	2.84
<i>AUA5</i>	0.00 ^a	0.42	0.00 ^b	0.42	0.00 ^b	1.11	3.23 ^a	2.45	39.83 ^b	3.95	6.48 ^b	0.79	16.51
<i>ERV65</i>	0.00 ^a	0.40	0.00 ^b	0.39	0.00 ^b	1.04	23.68 ^b	2.29	38.34 ^b	3.66	0.00 ^a	0.74	31.01
<i>ERV35</i>	5.77 ^b	0.40	6.17 ^c	0.39	17.63 ^c	1.04	1.35 ^a	2.57	5.43 ^a	3.66	0.00 ^a	0.74	7.27
<i>ERV45</i>	0.92 ^a	0.38	0.50 ^b	0.38	2.42 ^{ab}	1.00	14.15 ^c	2.57	23.61 ^c	3.51	0.26 ^a	0.71	6.98
<i>ERV53</i>	0.00 ^a	0.45	0.00 ^b	0.44	0.00 ^b	1.17	1.46 ^a	2.17	16.57 ^c	4.09	3.64 ^c	0.83	7.22
NFII													
	NFII1		NFII2		NFII3		NFII4		NFII5		NFII6		MNFII
<i>AUA2</i>	0.08 ^a	0.30	5.06 ^a	0.53	6.5 ^a	0.64	9.00 ^a	5.43	6.58 ^a	4.97	0.00 ^a	1.24	5.44
<i>AUA5</i>	0.00 ^a	0.33	0.00 ^b	0.57	0.00 ^b	0.69	9.91 ^a	4.63	59.33 ^b	5.45	10.71 ^b	1.34	26.65
<i>ERV65</i>	0.00 ^a	0.31	0.00 ^b	0.53	0.00 ^b	0.65	35.49 ^b	3.67	61.43 ^b	5.04	0.00 ^a	1.26	48.46
<i>ERV35</i>	4.60 ^b	0.31	9.63 ^c	0.53	10.63 ^c	0.65	9.50 ^a	4.86	7.29 ^{ad}	5.04	0.00 ^a	1.26	8.33
<i>ERV45</i>	0.74 ^a	0.29	0.82 ^b	0.51	0.97 ^b	0.63	26.65 ^b	4.86	32.55 ^c	4.84	0.29 ^a	1.21	10.34
<i>ERV53</i>	0.00 ^a	0.34	0.00 ^b	0.6	0.00 ^b	0.73	4.54 ^a	4.11	22.30 ^{cd}	5.74	8.79 ^b	1.41	11.88

*Αριθμός ανθέων ανά φυτό (NF1, NF2, NF3, NF4, NF5, NF6), αριθμός ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές ώρες (NFI1, NFI2, NFI3, NFI4, NFI5, NFI6), αριθμός ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις απογευματινές ώρες (NFII1, NFII2, NFII3, NFII4, NFII5, NFII6) την 1^η, 2^η, 3^η, 4^η, 5^η και 6^η εβδομάδα μετρήσεων αντίστοιχα. Μέσος αριθμός ανθέων ανά φυτό (MNF), μέσος αριθμός ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές ώρες (MNFI), και τις απογευματινές ώρες (MNFII) για όλες τις εβδομάδες.

Πίνακας 3.3. Ποσοστό του συνόλου των ανθέων (%) που άνοιξε τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές ώρες (NFII) για κάθε πληθυσμό και εβδομάδα μετρήσεων (1–6). Στους μέσους όρους (M.O.) παρουσιάζεται το μέσο ποσοστό ανοιχτών ανθέων τις πρωινές ώρες (MNF1) και τις απογευματινές ώρες (MNFII) για κάθε υπό μελέτη πληθυσμό.

Αριθμός ανθέων/ εβδομάδα	AUA2	AUA5	ERV65	ERV35	ERV45	ERV53
NFI1	72.73			69.18	63.45	
NFII1	36.36			55.16	50.34	
NFI2	33.87			29.23	16.50	
NFII2	63.01			45.62	27.06	
NFI3	29.47			47.10	35.24	
NFII3	58.93			28.40	14.12	
NFI4	20.70	32.59	64.89	7.92	100.00	26.74
NFII4	78.26	100.00	97.26	55.72	100.00	83.15
NFI5	66.94	61.90	47.69	55.75	57.41	60.40
NFII5	77.69	92.20	76.41	74.74	79.18	81.63
NFI6		39.39			52.00	21.82
NFII6		65.11			58.00	52.70
M.O.						
MNF1	44.74	44.63	56.29	41.84	54.10	36.32
MNFII	62.85	85.77	86.83	51.93	54.78	72.49

Συνολικά, 5 τύποι χρωμάτων καταγράφηκαν για όλους τους υπό μελέτη πληθυσμούς:

1. Λευκό με ροζ λωρίδες (Λευκό – ροζ)
2. Λευκό
3. Λευκό με μωβ λωρίδες (Λευκό – μωβ λωρίδες)
4. Λευκό με μωβ λωρίδες και ροζ χρωματισμό (Λευκό – μωβ – ροζ)
5. Λευκό με μωβ λωρίδες και χρωματισμό (Λευκό – μωβ)

Στο σύνολο των πληθυσμών, τα λευκά – μωβ και λευκά – ροζ άνθη εμφανίζονταν με τη μεγαλύτερη συχνότητα, στο 45,32% και 29,06% όλων των φυτών αντίστοιχα (Πίνακας 3.4, Γράφημα 3.1). Τα λευκά άνθη εμφανίζονταν με τη χαμηλότερη συχνότητα (4,4% όλων των φυτών), ενώ τα λευκά–ιώδεις λωρίδες και

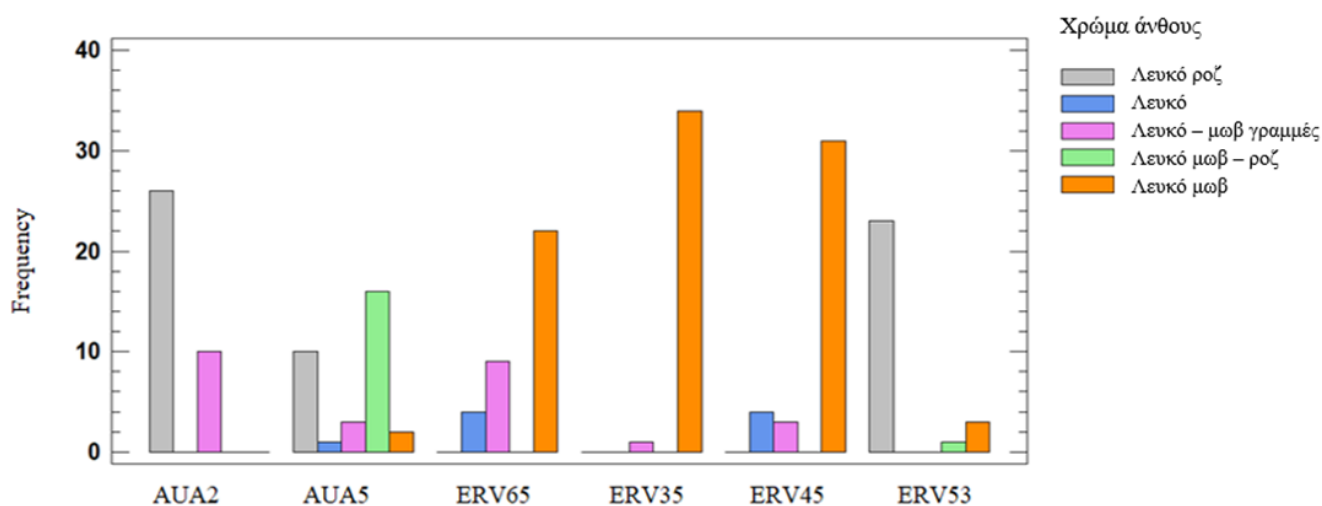
λευκά-ροζ-ιώδη άνθη καταγράφηκαν στο 12,8% και 8,4% όλων των φυτών αντίστοιχα. Στους πληθυσμούς με επικρατές χρώμα άνθους το λευκό – ιώδες (χρώματα 3 και 5), άνθη με ροζ λωρίδες ή χρωματισμό δεν υπήρχαν (ERV65, ERV35, ERV45), ενώ στους πληθυσμούς που είχαν άνθη με ροζ λωρίδες, υπήρχαν και άνθη με μωβ χρωματισμό σε συχνότητες που κυμαίνονταν από 3,7% έως και 27,9% (3,7% για την ERV53, 9,4% για την AUA5 και 27,9% για την AUA2). Ο AUA5 ήταν ο μόνος πληθυσμός που εμφάνισε όλους τους τύπους χρωμάτων στα άνθη του, με επικρατέστερο το λευκό – μωβ – ροζ που εμφανίστηκε στο 50% των πληθυσμών (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1. Τύποι χρωμάτων που παρατηρήθηκαν στους πληθυσμούς AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53 στους οποίους εξετάστηκαν τα ανθικά χαρακτηριστικά. Από πάνω αριστερά δεξιόστροφα: Λευκό – ροζ, Λευκό – μωβ – ροζ, Λευκό, Λευκό – μωβ, Λευκό – μωβ λωρίδες.

Πίνακας 3.4. Δισδιάστατος Πίνακας Συχνοτήτων εμφάνισης χρώματος άνθους (%) για κάθε πληθυσμό ρόβης και το ποσοστό του συνόλου των φυτών (Σύνολο) στο οποίο εμφανίζεται το κάθε χρώμα.

Πληθυσμός	Χρώμα άνθους				
	Λευκό – ροζ	Λευκό	Λευκό – μωβ γραμμές	Λευκό – μωβ – ροζ	Λευκό – μωβ
<i>AUA 2</i>	72.20 %	-	27.80 %	-	-
<i>AUA 5</i>	31.30 %	3.10 %	9.40 %	50.00 %	6.30 %
<i>ERV 65</i>	-	11.40 %	25.70 %	-	62.90 %
<i>ERV 35</i>	-	-	2.90 %	-	97.10 %
<i>ERV 45</i>	-	10.50 %	7.90 %	-	81.60 %
<i>ERV 53</i>	85.20 %	-	-	3.70 %	11.10 %
<i>Σύνολο</i>	29.06 %	4.43 %	12.81 %	8.37 %	45.32 %



Διάγραμμα 3.1. Ιστόγραμμα συχνοτήτων του χρώματος άνθους σε κάθε έναν από τους πληθυσμούς AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45 και ERV53.

3.1.1.3 Χαρακτηριστικά ανθικού σχεδιασμού

Στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρούνται ανάμεσα στους πληθυσμούς, για όλους τους χαρακτήρες που μετρήθηκαν, εκτός από το μήκος και πλάτος της τρόπιδας ($p = 0,0660$ και $p = 0,7868$ αντίστοιχα, Πίνακας 3.5). Το μήκος ανθικού σωλήνα κυμαίνεται από 0,346 cm (AUA2) έως 0,386 cm (AUA5), ενώ το μήκος πέτασου εμφάνισε μεγαλύτερη διακύμανση ξεκινώντας από τα 0,525 cm (AUA2) έως τα 0,730 cm (ERV65). Μεγάλη διακύμανση εμφάνισε επίσης το μήκος στύλου, που κυμαίνεται από 0,196 cm (AUA2) έως τα 0,250 cm (ERV53), καθώς και το πλάτος πέτασου, με μικρότερη τιμή τα 0,305 cm (AUA5) και μεγαλύτερη τα 0,557 cm (ERV65). Τα υπόλοιπα μεγέθη, όπως το μήκος τρόπιδας (0,487 – 0,582 cm), το πλάτος τρόπιδας (0,300 – 0,331 cm) και το μήκος της ωοθήκης (0,381 – 0,514 cm) είχαν μικρότερη διακύμανση. Στο σύνολο των πληθυσμών, τα άνθη του ERV65 είχαν τις μεγαλύτερες διαστάσεις πέτασου ($p < 0,0001$), ενώ τα άνθη των AUA5 και ERV53 παρουσίασαν μεγαλύτερα μήκη ανθικού στελέχους και στύλου αντίστοιχα ($p < 0,0001$). Μικρότερες τιμές έδειξαν οι πληθυσμοί AUA2 και AUA5, με τον τελευταίο να έχει σημαντικά μικρότερο μήκος ωοθήκης ($p = 0,0005$).

Πίνακας 3.5. Μέσοι όροι (Μ.Ο.) και τυπικό σφάλμα (\pm SE) για τους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού* για τα φυτά του κάθε πληθυσμού. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.001$, $p = 0.0005$ για Μ.Ω.).

Πληθυσμός	Μ.Α.Σ.		Μ.Π.		Π.Π.		Μ.Τ.		Π.Τ.		Μ.Σ.		Μ.Ω.	
	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)	Μ.Ο.	SE (\pm)
AUA2	0.346 ^a	0.001	0.525 ^a	0.009	0.321 ^a	0.009	0.507 ^{ab}	0.020	0.323 ^a	0.015	0.196 ^a	0.001	0.413 ^a	0.016
AUA5	0.386 ^b	0.001	0.600 ^b	0.009	0.305 ^a	0.009	0.543 ^b	0.020	0.320 ^a	0.015	0.203 ^b	0.001	0.381 ^a	0.016
ERV65	0.348 ^{ac}	0.001	0.730 ^c	0.009	0.557 ^b	0.009	0.544 ^{ab}	0.020	0.324 ^a	0.015	0.245 ^c	0.001	0.514 ^b	0.016
ERV35	0.381 ^d	0.001	0.605 ^b	0.009	0.392 ^c	0.009	0.487 ^b	0.020	0.300 ^a	0.015	0.212 ^d	0.001	0.482 ^b	0.016
ERV45	0.353 ^e	0.001	0.643 ^d	0.009	0.321 ^a	0.009	0.548 ^{ab}	0.020	0.319 ^a	0.015	0.249 ^{ce}	0.001	0.477 ^b	0.016
ERV53	0.351 ^{ec}	0.001	0.691 ^e	0.009	0.355 ^d	0.009	0.582 ^a	0.020	0.331 ^a	0.015	0.250 ^e	0.001	0.479 ^b	0.016
M.O.	0.361		0.632		0.375		0.535		0.319		0.226		0.458	

* Μήκος ανθικού σωλήνα (Μ.Α.Σ.), μήκος πέτασου (Μ.Π.), πλάτος πέτασου (Π.Π.), μήκος τρόπιδας (Μ.Τ.), πλάτος τρόπιδας (Π.Τ.), μήκος στύλου (Μ.Σ.), μήκος ωθήκης (Μ.Ω.)

3.1.2 Μελέτη της επισκεψιμότητας των επικονιαστών

3.1.2.1 Παρατήρηση επικονιαστών

Όταν άνθισαν τα πρώτα φυτά των πρώιμων πληθυσμών της ρόβης, πιθανά είδη επικονιαστών ήταν ήδη παρόντα στον αγρό, και περιελάμβαναν κυρίως είδη μελισσών, όπως τις μελιτοφόρες (*Apis mellifera* L.), βομβίνοι (*Bombus* spp.), ξυλοκόποι (*Xylocopa* spp.), και είδη λεπιδοπτέρων, όπως Πιερίδες πεταλούδες (*Pieris* spp.). Ωστόσο, καμιά επίσκεψη δεν καταγράφηκε στα άνθη της ρόβης κατά τις πρώτες τρεις εβδομάδες της άνθησης, καθώς τα διάφορα είδη μελισσών επισκέπτονταν κυρίως άνθη ζιζανίων και δέντρων που γειτνιάζαν στον αγρό και άνθιζαν την ίδια περίοδο. Τα είδη ζιζανίων με τους πιο πυκνούς πληθυσμούς που προσέλκυαν τους επικονιαστές ήταν το σινάπι (*Sinapis* spp), το σισύμβριο (*Sisymbrium altissimum* L.), η παπαρούνα (*Paraver rhoeas* L.) και το χαμομήλι (*Chamaemelum nobile* L.), ενώ η κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum* L.) ήταν το είδος δέντρου που δεχόταν τις περισσότερες επισκέψεις, κυρίως από τις μελιτοφόρες μέλισσες.

Η πρώτη θετική επίσκεψη σε άνθη της ρόβης, παρατηρήθηκε κατά την 4^η εβδομάδα της άνθησης (20 Απριλίου), που συνέπεσε με την άνθηση των τριών όψιμων πληθυσμών (ERV65, AUA5 και ERV53). Τα είδη επικονιαστών που καταγράφηκαν να επισκέπτονται τα άνθη της ρόβης ήταν είδη μοναχικών μελισσών (τάξη Υμενόπτερα) της οικογένειας Megachilidae (leaf – cutter bees). Το ένα είδος, βάσει ειδικής κλείδας Υμενοπτέρων, φωτογραφιών και συλλογών αναφοράς, αναγνωρίστηκε ως *Megachile parietina* (Εικόνα 3.2, Εικόνες Π2, Π3 Παραρτήματος) ενώ το δεύτερο, βάσει φωτογραφιών και συλλογών αναφοράς αναγνωρίστηκε ως *Megachile ericetorum* (Εικόνα 3.2, Εικόνα Π4 Παραρτήματος). Κατά την 5^η εβδομάδα άνθησης, ένα άλλο είδος μοναχικής μέλισσας, που αργότερα βάσει φωτογραφιών και συλλογών αναφοράς αναγνωρίστηκε ως είδος της του γένους *Andrena*, πιθανότατα το *Andrena flavipes* (yellow-legged mining bee) της οικογένειας Andrenidae (Εικόνα 3.2). Οι τελευταίοι επισκέπτες των ανθέων της ρόβης, ήταν πεταλούδες (τάξη Λεπιδόπτερα), που βάσει συλλογών αναφοράς αναγνωρίστηκαν ως είδη του γένους *Pieris* spp. της οικογένειας των Πιεριδών (Pieridae), πιθανότατα *Pieris rapae* (Πιερίδα των γογγυλίων, small cabbage white)

και *Pieris napi* (green – veined white) (Εικόνα 3.2, Εικόνα Π5 Παραρτήματος). Οι πληθυσμοί που δέχτηκαν επισκέψεις από τα παραπάνω είδη ήταν οι AUA5, ERV65, ERV45 και ERV53 που άνθιζαν εκείνη την περίοδο.



Εικόνα 3.2. Απεικόνιση των ειδών επικονιαστών για τους οποίους καταγράφηκαν θετικές επισκέψεις στα άνθη της ρόβης. Από πάνω αριστερά δεξιόστροφα: *Megachile parietina*, *Megachile ericetorum*, *Andrena* sp., *Pieris* sp.

3.1.1.4 Συσχέτιση ανθικών χαρακτηριστικών και επισκεψιμότητας επικονιαστών

Η σχέση μεταξύ των ανθικών χαρακτήρων της ρόβης και τις επισκέψεις των επικονιαστών, εκτιμήθηκε μόνο για το δεύτερο μισό της περιόδου άνθησης (4^η – 6^η εβδομάδα) που συνέπεσε με την περίοδο πτήσης των καταγεγραμμένων θετικών επισκεπτών και για τους πληθυσμούς που δέχτηκαν επισκέψεις (AUA5, ERV65, ERV45 και ERV53). Οι πληθυσμοί AUA2 και ERV35 που άνθισαν νωρίτερα από τους υπόλοιπους δεν δέχτηκαν επισκέψεις.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους υπό μελέτη πληθυσμούς τόσο ως προς την αφθονία των ειδών ($p = 0.7855$), όσο και ως προς την δραστηριότητα ($p = 0.1940$). Παρ' όλα αυτά, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6, ο ERV65 δέχτηκε πάνω από 5 φορές περισσότερες επισκέψεις (34,5 μέσο όρο) από ότι ο AUA5 (6,33) και δύο φορές περισσότερες επισκέψεις από ότι ο ERV45 (16,00). Η ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one – way ANOVA) παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές για τα *M. parietina* και *M. ericetorum* (Πίνακας 3.6). Ο μεγάλος αριθμός επισκέψεων του *M. parietina* στους πληθυσμούς ERV65 και ERV53 φανέρωσαν την προτίμηση του εντόμου σε αυτούς ($p = 0.0296$), παρ' όλο που επισκέφθηκε και τους ERV45 και AUA5. Ο πληθυσμός ERV65 προτιμήθηκε επίσης από το *M. ericetorum*, καθώς ήταν ο μόνος πληθυσμός στον οποίον καταγράφηκαν οι επισκέψεις του είδους αυτού ($p = 0.0158$). Η πτήση και οι επισκέψεις από τις δύο μοναχικές μέλισσες καταγράφηκαν κατά την 4^η και 5^η εβδομάδα της άνθησης (Πίνακας 3.7), κατά τις οποίες όλοι οι εν ανθήσει πληθυσμοί (AUA5, ERV65, ERV45, ERV53) έδειξαν το μέγιστο ανθικό τους φορτίο. Οι επισκέψεις του *A. flavipes* καταγράφηκαν στους πληθυσμούς AUA5 και ERV45 στους οποίους φαίνεται να έδειξε προτίμηση, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική. Τέλος, οι επισκέψεις από τις Πιερίδες πεταλούδες παρατηρήθηκαν σε όλους τους τέσσερις προαναφερθέντες πληθυσμούς, χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p = 0.8644$, Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6. Μέσος όρος (Μ.Ο.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) των θετικών επισκέψεων των επικονιαστών που επισκέφθηκαν τους πληθυσμούς ERV65, ERV53, AUA5, ERV45. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0296$).

Είδος	<i>Megachile parietina</i>		<i>Megachile ericetum</i>		<i>Andrena flavipes</i>		<i>Pieris spp.</i>	
	Μ.Ο.	S.E.(±)	Μ.Ο.	S.E.(±)	Μ.Ο.	S.E.(±)	Μ.Ο.	S.E.(±)
ERV65	12.67 ^a	1.43	7.67 ^a	0.88	0.00	0.00	4.00	1.95
ERV53	15.00 ^a	2.48	0.00 ^b	0.00	0.00	0.00	3.50	1.95
AUA5	1.00 ^b	2.48	0.00 ^b	0.00	3.00	0.00	5.00	1.59
ERV45	6.00 ^b	1.43	0.00 ^b	0.00	8.00	0.00	6.00	2.76
					<i>ns</i>		<i>ns</i>	

Πίνακας 3.7. Μέσος όρος (Μ.Ο.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) των θετικών επισκέψεων ανά φυτό, των επικονιαστών που επισκέφθηκαν τη ρόβη (ERV65, AUA5, ERV45, ERV53) κατά τη διάρκεια της 4^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} εβδομάδας μετρήσεων.

Είδος επικονιαστή	4 ^η εβδομάδα		5 ^η εβδομάδα		6 ^η εβδομάδα	
	Μ.Ο.	S.E.(±)	Μ.Ο.	S.E.(±)	Μ.Ο.	S.E.(±)
<i>Megachile parietina</i>	7.50	3.90	9.50	2.30	0.00	-
<i>Megachile ericetorum</i>	9.00	1.41	7.00	1.00	0.00	-
<i>Andrena flavipes</i>	0.00	-	5.50	2.50	0.00	-
<i>Pieris spp.</i>	3.00	2.60	4.80	1.20	4.80	1.80

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης (Πίνακας 3.9), το σύνολο των ανοιχτών ανθέων του πληθυσμού ERV65 μπορεί να επηρεάσει κατά 86% και 80% τον αριθμό των επισκέψεων και ειδών των επικονιαστών αντίστοιχα, ενώ το σύνολο ανοιχτών ανθέων του AUA5 είναι υπεύθυνο για το 84% και το 52% του αριθμού ειδών και επισκέψεων αντίστοιχα. Οι κλίσεις των ευθειών που περιγράφουν την σχέση αριθμού ανοιχτών ανθέων του ERV65 με την αφθονία και δραστηριότητα των επικονιαστών, καθώς και του αριθμού ανοιχτών ανθέων του AUA5 με την αφθονία επικονιαστών, είναι στατιστικά σημαντικές ($p = 0.00102$, $p = 0.0078$ και $p = 0.017$ αντίστοιχα). Στους πληθυσμούς ERV45 και ERV53, η δραστηριότητα των επικονιαστών επηρεάζεται κατά 58% και 54% αντίστοιχα από το σύνολο των ανοιχτών ανθέων τους, ενώ η αφθονία επηρεάζεται από τον ERV45 κατά 69% με στατιστικά σημαντική κλίση ευθείας ($p = 0.0407$).

Υψηλές συσχετίσεις βρέθηκαν ανάμεσα στους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού και επισκευσιμότητα. Συγκεκριμένα, ο πληθυσμός ERV65 που είχε σημαντικά μεγαλύτερο μήκος και πλάτος πέτασου, συσχετίστηκε θετικά ως προς τα δύο αυτά μεγέθη τόσο με την αφθονία (0,92 και 0,79 αντίστοιχα) όσο και με την δραστηριότητα (0,95 και 0,99 αντίστοιχα) των επικονιαστών. Σημαντικές συσχετίσεις βρέθηκαν και με το πλάτος πέτασου του ERV53, που με την αφθονία των ειδών είχε συντελεστή (0,90), ενώ με την δραστηριότητα 0,94. Οι πληθυσμοί AUA5 και ERV45 εμφάνισαν υψηλό συντελεστή συσχέτισης στις σχέσεις αφθονία – μήκος ανθικού σωλήνα (0,97) και δραστηριότητα – μήκος ωοθήκης (0,95). Τα αποτελέσματα των συσχετίσεων παρουσιάζονται στο Παράρτημα (Πίνακες Π1, Π2).

Πίνακας 3.8. Πίνακας: Αφθονία ειδών επικονιαστών (σύνολο ειδών που επισκέφθηκαν) και δραστηριότητα επικονιαστών (αριθμός ανθέων/φυτό που επισκέφθηκαν). Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (S.E.) για τους πληθυσμούς AUA5, ERV65, ERV45, ERV53.

Πληθυσμός	Αφθονία ειδών		Δραστηριότητα εντόμων	
	M.O.	S.E.(±)	M.O.	S.E.(±)
<i>AUA5</i>	1.67	0.61	6.33	6.99
<i>ERV65</i>	2.50	0.75	34.50	8.56
<i>ERV45</i>	2.00	0.75	16.00	8.56
<i>ERV53</i>	1.50	0.75	11.00	8.56
	<i>ns</i>		<i>ns</i>	

Πίνακας 3.9. Συντελεστές συσχέτισης (*Corr. Coeff.*) και R^2 για την σχέση αριθμού ανοιχτών ανθέων των πληθυσμών AUA5, ERV65, ERV45 και ERV53 με την αφθονία (αριθμός ειδών) και την δραστηριότητα (αριθμός θετικών επισκέψεων) των επικονιαστών.

Πληθυσμός	Αφθονία ειδών			Δραστηριότητα επικονιαστών		
	R^2 %	<i>b</i>	<i>Corr.Coeff.</i>	R^2 %	<i>b</i>	<i>Corr.Coeff.</i>
<i>AUA5</i>	83.95	0.04 ± 0.01	0.92	51.98	0.13 ± 0.06	0.72
<i>ERV65</i>	79.48	0.06 ± 0.01	0.89	85.94	0.52 ± 0.11	0.93
<i>ERV45</i>	68.95	0.07 ± 0.02	0.83	58.43	0.47 ± 0.20	0.76
<i>ERV53</i>	32.45	0.06 ± 0.04	0.57	54.13	0.72 ± 0.33	0.74

3.1.3 Μελέτη χαρακτηριστικών απόδοσης της ρόβης

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς της ρόβης, ως προς τον αριθμό λοβών ανά φυτό, το μήκος λοβού, τον αριθμό σπερμάτων ανά φυτό και το βάρος σπερμάτων ($p = 0.0012$, $p = 0.0001$, $p = 0.00127$, $p = 0.002$ αντίστοιχα), όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.10. Από τους χαρακτήρες απόδοσης, ο αριθμός σπερμάτων ανά φυτό και το μήκος λοβού εμφάνισαν μεγαλύτερο βαθμό παραλλακτικότητας, με τιμές που κυμαίνονταν από 10,44 (AUA5) έως 18,36 (ERV35) mm μήκος λοβού και από 23,72 (AUA5) έως 146,31 (ERV35) σπόροι ανά φυτό. Οι πληθυσμοί ERV35 και ERV45, είχαν το μεγαλύτερο μέσο αριθμό λοβών ανά φυτό (56,4 και 42,25 αντίστοιχα) και το μεγαλύτερο μέσο αριθμό σπερμάτων ανά φυτό (146,31 και 121,26 αντίστοιχα) με στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι δύο πληθυσμοί, μαζί με τον AUA2 είχαν τα μεγαλύτερα μήκη λοβών με μέση τιμή 18,36 mm, 17,43 mm και 18,00 mm αντίστοιχα. Το βάρος σπερμάτων ήταν σημαντικά υψηλότερο στον πληθυσμό ERV65 με μέσο όρο 3,88 gr βάρος 100 σπερμάτων.

Ο πληθυσμός AUA5 έδειξε χαμηλότερες τιμές για όλους τους χαρακτήρες απόδοσης. Αντίθετα ο ERV65, εκτός από το βάρος σπερμάτων, έδειξε υψηλές τιμές και για τους υπόλοιπους χαρακτήρες απόδοσης, οι οποίες παρ' όλο που είναι χαμηλότερες από αυτές των ERV35 και ERV45, η στατιστική σημασία του μέσου αριθμού σπερμάτων ανά φυτό (79,35) είναι στα ίδια επίπεδα και με τους δύο πληθυσμούς, ενώ η στατιστική σημασία του μέσου αριθμού λοβών ανά φυτό (56,64) είναι στα ίδια επίπεδα με του ERV45. Επίσης, ο ERV65 είχε αριθμητικά τον υψηλότερο μέσο αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (4,04), αλλά δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά ($p = 0.5885$) από τους ERV35 (3,79) και ERV45 (3,53).

Πίνακας 3.10. Μέσοι όροι και τυπικό σφάλμα (S.E. \pm) για τους χαρακτήρες απόδοσης* για τα φυτά του κάθε πληθυσμού. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0.0012$ για Λ.Α.Φ., $p = 0.0001$ για Μ.Λ., $p = 0.00127$ για Σ.Α.Φ., $p = 0.002$ για Β.Σ.).

Πληθ/μός	Λ.Α.Φ.		Μ.Λ. (mm)		Σ.Α.Λ.		Σ.Α.Φ.		Β.Σ.	
	M.O.	S.E.	M.O.	S.E.	M.O.	S.E.	M.O.	S.E.	M.O.	S.E.
AUA2	15,65 ^c	8.90	18,00 ^a	0,75	2,91 ^a	0,91	46,57 ^{bc}	27,69	3,57 ^{ab}	0,16
AUA5	10,04 ^c	9.07	10,44 ^d	0,85	1,78 ^a	1,02	23,72 ^{bc}	31,30	3,04 ^c	0,18
ERV65	30,14 ^{bc}	8.42	15,38 ^{bc}	0,73	4,04 ^a	0,89	79,35 ^{abc}	27,69	3,93 ^a	0,15
ERV35	56,64 ^a	7.90	18,36 ^a	0,62	3,79 ^a	0,76	146,31 ^a	23,48	3,31 ^{bc}	0,13
ERV45	42,25 ^{ab}	8.57	17,43 ^{ab}	0,45	2,87 ^a	0,91	121,26 ^{ab}	27,69	3,70 ^a	0,15
ERV53	22,20 ^{bc}	10.14	14,00 ^c	0,93	3,53 ^a	1,12	52,14 ^{bc}	35,49	3,05 ^c	0,20
M.O.	29,49		15,60		3,15		78,23		3,43	

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης έδειξαν θετική συσχέτιση του αριθμού λοβών ανά φυτό με το μήκος λοβού (0,60), τον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (0,57) και τον αριθμό σπερμάτων ανά φυτό (0,87), η οποία ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.001$, $p < 0.05$, $p < 0.001$ αντίστοιχα). Ο αριθμός σπερμάτων ανά φυτό σχετίστηκε θετικά με τον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (0,59) και το μήκος λοβού (0,60). Το βάρος 100 σπερμάτων σχετίστηκε θετικά με το μήκος λοβού (0,66). Όλοι οι συντελεστές συσχέτισης ήταν στατιστικά σημαντικοί ($p < 0,01$). Οι χαρακτήρες απόδοσης παρουσίασαν θετική συσχέτιση με τους χαρακτήρες φαινολογίας (Πίνακας 3.11). Στο σύνολο των υπό μελέτη πληθυσμών της ρόβης (AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53), η διάρκεια άνθησης φαίνεται να επηρεάζει το μήκος λοβών, με σημαντικό συντελεστή συσχέτισης (0,47, $p < 0,05$). Αντιστρόφως, η έναρξη και το τέλος της άνθησης επηρεάζουν αρνητικά το μήκος λοβών (0,57 και 0,48) αντίστοιχα, με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,01$ και $p < 0,05$ αντίστοιχα).

Ως προς τον ανθικό σχεδιασμό του συνόλου των πληθυσμών, το μήκος λοβού και ο αριθμός σπερμάτων ανά λοβό είχαν αρνητική συσχέτιση με το μήκος ανθικού σωλήνα (-0,65 και -0,51 αντίστοιχα) και θετική συσχέτιση με το μήκος ωοθήκης (0,61 και 0,46 αντίστοιχα). Σημαντική επίδραση παρατηρείται στο βάρος 100 σπερμάτων από το πλάτος πέτασου (0,49), καθώς και στον αριθμό λοβών ανά φυτό από το πλάτος τρόπιδας (-0,49). Οι συντελεστές συσχέτισης είναι στατιστικά

σημαντικοί ($p < 0,05$). Τα αποτελέσματα συσχέτισης χαρακτηριστικών αποδόσεων και χαρακτηριστικών ανθικού σχεδιασμού παρουσιάζονται στο Παράρτημα (Πίνακας Π8).

Πίνακας 3.11. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης¹ και φαινολογία² για το σύνολο των 6 υπό μελέτη πληθυσμών της ρόβης.

	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ	ΛΑΒ	ΜΛ	ΣΑΛ	ΣΑΦ	ΒΣ
ΔΑ	1	-0,86***	-0,41*	0,22	0,47*	0,19	0,08	0,13
ΕΑ		1,00	0,81***	-0,29	-0,57**	-0,34	-0,26	-0,18
ΤΑ			1,00	-0,27	-0,48*	-0,39	-0,36	-0,16
ΛΑΒ				1,00	0,60**	0,52**	0,87***	0,40
ΜΛ					1,00	0,77***	0,59**	0,66**
ΣΑΛ						1,00	0,60**	0,29
ΣΑΦ							1,00	0,32
ΒΣ								1,00

¹ Λοβοί ανά φυτό (ΛΑΒ), μήκος λοβού (ΜΛ), σπόροι ανά λοβό (ΣΑΛ), σπόροι ανά φυτό (ΣΑΦ), βάρος 100 σπερμάτων (ΒΣ)

² Διάρκεια άνθησης (ΔΑ), έναρξη άνθησης (ΕΑ), τέλος άνθησης (ΤΑ)

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Ως προς την επισκευσιμότητα των επικονιαστών, η ανάλυση παλινδρόμησης, έδειξε θετικές συσχετίσεις ανάμεσα στο βάρος σπερμάτων και τον αριθμό σπερμάτων και λοβών ανά φυτό με την αφθονία και δραστηριότητα των επικονιαστών (Πίνακας Π6 Παραρτήματος). Οι συσχετίσεις αυτές εντοπίστηκαν στους πληθυσμούς *AUA5* και *ERV53* με συντελεστές συσχέτισης που είχαν εύρος τιμών από 0,78 έως 0,99. Οι συσχετίσεις μεταξύ μέσου αριθμού σπερμάτων και λοβών ανά φυτό του *ERV53* με την αφθονία και την δραστηριότητα των επικονιαστών ήταν στατιστικά σημαντικές ($p = 0,0009$ για σπόροι/φυτό – αφθονία, $p = 0,011$ για λοβοί/φυτό – αφθονία, $p = 0,0001$ για σπόροι/φυτό–δραστηριότητα, $p=0,0052$ για λοβοί/φυτό–δραστηριότητα). Στον *AUA5*, μόνο η συσχέτιση του μέσου αριθμού λοβών ανά φυτό με την αφθονία των επικονιαστών ήταν στατιστικά σημαντική ($p = 0,02$). Επίσης, το βάρος

σπερμάτων του πληθυσμού *ERV53* έδειξε ένα βαθμό συσχέτισης με την αφθονία και τη δραστηριότητα των επικονιαστών, ο οποίος όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντικός. Ο μόνος πληθυσμός που έδειξε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στο βάρος σπερμάτων και την δραστηριότητα επικονιαστών ήταν ο *ERV45* (*Corr. Coeff.* = 0,96, $p = 0,02$).

Η ανάλυση συσχέτισης για την σχέση επικονιαστών και των χαρακτήρων φαινολογίας και ανθικού σχεδιασμού της ρόβης, φαίνεται ότι η διάρκεια άνθησης του πληθυσμού *ERV65* επηρέασε θετικά την δραστηριότητα των επικονιαστών (0,99, $p < 0.01$), ενώ η έναρξη της άνθησης την επηρέασε αρνητικά (-0,99, $p < 0.01$). Καθώς το πλήθος των παρατηρήσεων των επικονιαστών ήταν αρκετά μικρό για να υποστηριχθεί η ακρίβεια του συντελεστή συσχέτισης, περισσότερες παρατηρήσεις χρειάζονται για να διερευνηθεί και να εξακριβωθεί μια τέτοια υπόθεση. Για τους υπόλοιπους πληθυσμούς, επίσης παρατηρείται υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στη διάρκεια άνθησης και την δραστηριότητα των επικονιαστών, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Από τους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού στον πληθυσμό *AUA5* παρατηρούνται αρνητικές συσχετίσεις ανάμεσα στην αφθονία με το μήκος πέτασου (-0,99) και το πλάτος τρόπιδας (-0,96) με στατιστικά σημαντικούς συντελεστές ($p < 0.0001$, $p < 0.05$ αντίστοιχα). Αρνητικές είναι και οι συσχετίσεις της αφθονίας και της δραστηριότητας επικονιαστών με το πλάτος τρόπιδας (-0,99 και στις δυο περιπτώσεις), για τον *ERV53*, που είναι στατιστικά σημαντικές ($p < 0.01$, $p < 0.05$ αντίστοιχα). Θετική συσχέτιση βρέθηκε στον πληθυσμό *ERV65* για τις διαστάσεις του πέτασου με την αφθονία και δραστηριότητα των επικονιαστών (0,92 για αφθονία – μήκος πέτασου, 0,95 για δραστηριότητα – μήκος πέτασου, 0,79 για αφθονία – πλάτος πέτασου και 0,99 για δραστηριότητα – πλάτος πέτασου), η οποία ήταν στατιστικά σημαντική ($p < 0.01$ για δραστηριότητα – πλάτος πέτασου, $p < 0.05$ για τις υπόλοιπες συσχετίσεις). Σημαντική θετική συσχέτιση βρέθηκε και ανάμεσα στο μήκος στύλου του *ERV53* με την αφθονία (0,96, $p < 0.05$) και την δραστηριότητα των επικονιαστών (0,98, $p < 0.05$). Οι χαρακτήρες ανθικής απεικόνισης έχουν αρνητική συσχέτιση επί των πλείστων χαρακτήρων απόδοσης για όλους τους πληθυσμούς, εκτός από τον *AUA2* και τον *ERV53*. Τα αποτελέσματα συσχέτισης της επισκεψιμότητας των επικονιαστών με τα χαρακτηριστικά απόδοσης, φαινολογίας και ανθικού σχεδιασμού παρουσιάζονται στο Παράρτημα (Πίνακες Π4 – Π6).

3.2 Μελέτη θρεπτικών χαρακτηριστικών ρόβης

3.2.1 Προσδιορισμός Φωσφόρου (P), Καλίου (K), Νατρίου (Na), Μαγνησίου (Mg), Ασβεστίου (Ca) και Ψευδαργύρου (Zn).

Ο έλεγχος κανονικότητας των δεδομένων κατά Kolmogorov – Smirnov έδειξε ότι οι τιμές των στοιχείων Καλίου, Νατρίου και Φωσφόρου ακολουθούν κανονική κατανομή με 95% διάστημα εμπιστοσύνης. Ωστόσο, τα δεδομένα των στοιχείων Μαγνησίου, Ασβεστίου και Ψευδαργύρου έδωσαν αποτελέσματα με $p < 0.05$, συνεπώς, με διάστημα εμπιστοσύνης 95% δεν μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι ακολουθούν κανονική κατανομή. Επομένως, για τα δεδομένα αυτά έγινε σύγκριση διαμέσων μέσω του μη παραμετρικού ελέγχου των Kruskal – Wallis που αποτελεί μια μη παραμετρική Ανάλυση Διακύμανσης (ANOVA) και συνεπώς δεν είναι απαραίτητη η προϋπόθεση κανονικότητας των υπό μελέτη δεδομένων, όπως στην παραμετρική ANOVA. Η κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των πληθυσμών σε βαθμίδες ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Ca, Mg, Zn απεικονίζεται στους Πίνακες Π1, Π2, Π3 του Παραρτήματος.

Τα αποτελέσματα του μη παραμετρικού ελέγχου των Kruskal – Wallis, έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς της ρόβης για την περιεκτικότητα των σπερμάτων σε Mg ($p = 0,018$), Ca ($p = 0,012$) και Zn ($p = 0,0002$). Με βάση τις διαμέσους των τιμών τους, οι πληθυσμοί κατατάχθηκαν σε βαθμίδες, όπως φαίνεται στον Πίνακα Π2 του Παραρτήματος. Η περιεκτικότητα σε Mg είναι σχετικά σταθερή σε όλους τους πληθυσμούς, με τιμές που κυμαίνονται από 5 (ERV45) έως 14 mg/100 gr (ERV28 και AUA3) και μέσο όρο 11,29 mg/100 gr σπόρου.

Οι τιμές του Ασβεστίου εμφανίζουν μια ελαφρά διακύμανση από 10 mg/100 gr (AUA4, ERV54) έως 133 mg/100 gr (AUA3) με μέσο όρο τα 23,12 mg/ 100 gr σπόρου. Μετά τον AUA3, υψηλές τιμές είχαν οι ERV15, ERV18 και AUA2 με μέσες περιεκτικότητες 53 mg/100 gr, 48 mg/100 gr και 46 mg/100 gr αντίστοιχα. (Πίνακας 3.13). Η περιεκτικότητα του σπόρου σε Ψευδάργυρο εμφανίζει τη μεγαλύτερη διακύμανση με τιμές που κυμαίνονται από 5,1 mg/100 gr (ERV52) έως 19,6 mg/100 gr (ERV1) και μέσο όρο 6,67 mg/ 100 gr σπόρου. Η δεύτερη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ψευδαργύρου παρατηρείται στον πληθυσμό ERV40 (12,8 mg/100 gr) και στον ERV35 (11,7 mg/100 gr).

Πίνακας 3.12. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών ρόβης στα μεταλλικά στοιχεία Μαγνήσιο, Ασβέστιο, Ψευδάργυρο (mg/100 gr).

Πληθυσμός	Mg		Ca		Zn	
	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)
PI 206489	12	0,01	15	0,09	7	0,05
PI 229733	12	0,01	12	0,09	6,4	0,05
PI 284321	12	0,01	15	0,09	6,1	0,05
PI 393850	11	0,01	27	0,09	6,1	0,05
PI 420950	11	0,01	12	0,09	7,7	0,05
PI 515978	11	0,01	19	0,09	6,6	0,05
PI 518455	11	0,01	15	0,09	6,9	0,05
PI 577718	12	0,01	14	0,09	6,2	0,05
AUA1	12	0,01	14	0,09	6,1	0,05
AUA2	11	0,01	46	0,09	5,4	0,05
AUA3	14	0,01	133	0,09	7,1	0,05
AUA4	11	0,01	10	0,09	5,7	0,05
AUA5	11	0,01	17	0,09	6,3	0,05
AUA6	10	0,01	12	0,09	5,7	0,05
AUA7	12	0,01	29	0,09	5,8	0,05
AUA9	12	0,01	12	0,09	5,9	0,05
AUA10	12	0,01	14	0,09	7,1	0,05
ERV16	12	0,01	17	0,09	6,3	0,05
ERV23	12	0,01	15	0,09	7	0,05
ERV24	11	0,01	34	0,09	5,6	0,05
ERV26	12	0,01	26	0,09	6,1	0,05
ERV27	13	0,01	33	0,09	7,7	0,05
ERV28	14	0,01	17	0,09	7	0,05
ERV31	11	0,01	12	0,09	5,2	0,05
ERV9	10	0,01	11	0,09	6	0,05
ERV11	10	0,01	13	0,09	5,9	0,05
ERV13	10	0,01	12	0,09	5,6	0,05
ERV18	13	0,01	48	0,09	6,1	0,05
ERV15	13	0,01	53	0,09	6,8	0,05
ERV1	11	0,01	37	0,09	19,6	0,05

ERV65	13	0,01	33	0,09	5,4	0,05
ERV66	10	0,01	19	0,09	5,6	0,05
ERV64	12	0,01	17	0,09	7	0,05
ERV33	10	0,01	35	0,09	5,2	0,05
ERV35	10	0,01	12	0,09	11,7	0,05
ERV36	12	0,01	41	0,09	6	0,05
ERV38	12	0,01	14	0,09	6,5	0,05
ERV40	12	0,01	30	0,09	12,8	0,05
ERV41	12	0,01	22	0,09	6,4	0,05
ERV42	10	0,01	16	0,09	6,2	0,05
ERV42	11	0,01	13	0,09	6,3	0,05
ERV45	5	0,01	16	0,09	5,9	0,05
ERV46	11	0,01	14	0,09	5,4	0,05
ERV48	10	0,01	18	0,09	5,4	0,05
ERV49	10	0,01	27	0,09	5,8	0,05
ERV51	11	0,01	25	0,09	5,2	0,05
ERV52	11	0,01	13	0,09	5,1	0,05
ERV53	12	0,01	14	0,09	6,6	0,05
ERV54	10	0,01	10	0,09	5,4	0,05
M.O.	11,29		23,12		6,67	

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών για τα στοιχεία K ($p < 0,0001$) και Na ($p = 0,0164$) αλλά όχι για τον P ($p = 0,4827$). Οι μέσοι όροι των πληθυσμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13. Η σύγκριση μέσων κατά LSD ($\alpha = 0,05$) έδειξε ότι ο πληθυσμός AUA3 έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα σε K (1,30 gr/ 100 gr) με στατιστικά σημαντική διαφορά. Έπονται οι ERV27 και ERV1 που με συγκεντρώσεις 1,19 και 1,09 gr/100 gr αντίστοιχα, διαφέρουν από τους υπόλοιπους πληθυσμούς με στατιστικά σημαντική διαφορά. Τη μικρότερη συγκέντρωση παρουσίασε ο ERV44 με 0,80 gr/100 gr που παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Ο μέσος όρος της περιεκτικότητας όλων των πληθυσμών σε Κάλιο είναι 0,93 gr/100 gr σπόρου. Το Νάτριο, ως μικροστοιχείο εμφανίζεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στους πληθυσμούς. (Πίνακας 3.13). Οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 0,02 gr/100 gr (AUA6) έως 0,05 gr/ 100 gr (ERV66) και ο μέσος όρος τους είναι 0,04 gr/100 gr. Ο πληθυσμός ERV66 δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους 18 πληθυσμούς (ERV36 – ERV40 στη σειρά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.13), ενώ ο AUA6 (0,02 gr/100 gr) είχε στατιστικά σημαντική διαφορά από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Ο Φωσφόρος, ως δυσκίνητο στοιχείο εμφανίζεται σε χαμηλές και σταθερές συγκεντρώσεις στους πληθυσμούς της ρόβης, και γι' αυτό δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ωστόσο, η κατανομή των πληθυσμών σε τέσσερις ομάδες σημαντικότητας, δείχνει και στην περίπτωση του φωσφόρου μια διακύμανση των τιμών, με ελάχιστο τα 0,13 gr/100 gr (PI 206489) και μέγιστο τα 0,27 gr/100 gr (ERV28, ERV15) και μέσο όρο 0,19 gr/100 gr σπόρου.

Πίνακας 3.13. Μέσοι όροι (Μ.Ο.) και τυπικό σφάλμα SE (\pm) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών ρόβης στα μεταλλικά στοιχεία Κάλιο, Νάτριο και Φωσφόρο (gr/100 gr). Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,0001$ για K, $p = 0,0164$ για Na).

K			Na			P		
<i>Πληθυσμός</i>	M.O.	SE (\pm)	<i>Πληθυσμός</i>	M.O.	SE (\pm)	<i>Πληθυσμός</i>	M.O.	SE (\pm)
<i>AUA3</i>	1,30 ^a	0,80	<i>ERV66</i>	0,05 ^a	0,28	<i>ERV28</i>	0,27 ^a	0,15
<i>ERV27</i>	1,19 ^b	0,80	<i>ERV36</i>	0,05 ^{ab}	0,28	<i>ERV15</i>	0,27 ^a	0,15
<i>ERV1</i>	1,09 ^{bc}	0,80	<i>ERV9</i>	0,05 ^{abc}	0,28	<i>ERV41</i>	0,24 ^{ab}	0,15
<i>PI 515978</i>	1,06 ^{cd}	0,80	<i>ERV38</i>	0,05 ^{abcd}	0,28	<i>ERV38</i>	0,24 ^{ab}	0,15
<i>ERV65</i>	1,03 ^{cde}	0,80	<i>PI 515978</i>	0,05 ^{abcde}	0,28	<i>ERV1</i>	0,24 ^{abc}	0,15
<i>PI 393850</i>	1,03 ^{cdef}	0,80	<i>ERV11</i>	0,05 ^{abcdef}	0,28	<i>AUA6</i>	0,23 ^{abc}	0,15
<i>AUA2</i>	1,02 ^{cdefg}	0,80	<i>PI 206489</i>	0,04 ^{abcdefg}	0,28	<i>ERV53</i>	0,23 ^{abc}	0,15
<i>AUA7</i>	1,02 ^{cdefg}	0,80	<i>PI 420950</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>PI 515978</i>	0,22 ^{abc}	0,15
<i>ERV40</i>	1,00 ^{cdefgh}	0,80	<i>AUA1</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>ERV40</i>	0,22 ^{abc}	0,15
<i>ERV18</i>	1,00 ^{cdfghi}	0,80	<i>AUA3</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>ERV48</i>	0,22 ^{abc}	0,15
<i>ERV28</i>	0,99 ^{defghij}	0,80	<i>ERV23</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>PI 229733</i>	0,22 ^{abc}	0,15
<i>ERV48</i>	0,98 ^{defghijk}	0,80	<i>ERV27</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>ERV23</i>	0,22 ^{abcd}	0,15
<i>ERV49</i>	0,97 ^{defghijkl}	0,80	<i>ERV28</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>ERV49</i>	0,22 ^{abcd}	0,15
<i>ERV33</i>	0,97 ^{defghijklm}	0,80	<i>ERV18</i>	0,04 ^{abcdefgh}	0,28	<i>ERV9</i>	0,21 ^{abcd}	0,15
<i>ERV36</i>	0,97 ^{defghijklmn}	0,80	<i>ERV1</i>	0,04 ^{abcdefghi}	0,28	<i>PI 420950</i>	0,21 ^{abcd}	0,15

ERV53	0,96 ^{efghijklmn}	0,80	ERV53	0,04 ^{abcdefgghi}	0,28	AUA9	0,21 ^{abcd}	0,15
ERV66	0,95 ^{efghijklmno}	0,80	PI 229733	0,04 ^{abcdefgghij}	0,28	ERV64	0,20 ^{abcd}	0,15
PI 206489	0,95 ^{efghijklmnop}	0,80	ERV40	0,04 ^{abcdefgghij}	0,28	PI 577718	0,20 ^{abcd}	0,15
ERV23	0,94 ^{efghijklmnopq}	0,80	ERV42	0,04 ^{bcdeghij}	0,28	ERV66	0,20 ^{abcd}	0,15
ERV64	0,93 ^{ghijklmnopqr}	0,80	ERV46	0,04 ^{bcdeghij}	0,28	AUA3	0,20 ^{abcd}	0,15
ERV9	0,92 ^{hijklmnopqrst}	0,80	PI 393850	0,04 ^{cdefghij}	0,28	AUA10	0,20 ^{abcd}	0,15
ERV42	0,92 ^{hijklmnopqrstu}	0,80	ERV52	0,04 ^{cdefghij}	0,28	AUA4	0,20 ^{abcd}	0,15
ERV51	0,91 ^{hijklmnopqrstuu}	0,80	PI 518455	0,04 ^{cdefghij}	0,28	ERV26	0,20 ^{abcd}	0,15
AUA1	0,91 ^{ijklmnopqrstuv}	0,80	ERV64	0,04 ^{cdefghij}	0,28	ERV46	0,19 ^{abcd}	0,15
ERV38	0,90 ^{ijklmnopqrstuv}	0,80	ERV33	0,04 ^{cdefghij}	0,28	ERV27	0,19 ^{abcd}	0,15
ERV16	0,90 ^{klmnopqrstuvw}	0,80	ERV45	0,04 ^{defghij}	0,28	AUA7	0,19 ^{abcd}	0,15
AUA9	0,90 ^{ijklmnopqrstuvwxx}	0,80	ERV51	0,04 ^{defghij}	0,28	ERV51	0,19 ^{abcd}	0,15
AUA4	0,89 ^{ijklmnopqrstuvwxx}	0,80	AUA4	0,03 ^{defghij}	0,28	ERV35	0,19 ^{abcd}	0,15
PI 518455	0,89 ^{klmnopqrstuvwxx}	0,80	ERV24	0,03 ^{defghij}	0,28	AUA2	0,19 ^{bcd}	0,15
PI 577718	0,89 ^{klmnopqrstuvwxx}	0,80	ERV26	0,03 ^{defghij}	0,28	AUA1	0,19 ^{bcd}	0,15
AUA10	0,89 ^{klmnopqrstuvwxx}	0,80	ERV49	0,03 ^{defghij}	0,28	ERV31	0,19 ^{bcd}	0,15
ERV15	0,88 ^{lmnopqrstuvwxx}	0,80	PI 577718	0,03 ^{defghij}	0,28	ERV52	0,19 ^{bcd}	0,15
PI 229733	0,88 ^{lmnopqrstuvwxx}	0,80	AUA9	0,03 ^{defghij}	0,28	ERV24	0,18 ^{bcd}	0,15
ERV24	0,87 ^{mnopqrstuvwxx}	0,80	ERV16	0,03 ^{efghij}	0,28	ERV13	0,18 ^{bcd}	0,15
ERV41	0,87 ^{mnopqrstuvwxx}	0,80	ERV48	0,03 ^{fghij}	0,28	ERV33	0,17 ^{bcd}	0,15
AUA6	0,87 ^{nopqrstuvwxx}	0,80	AUA7	0,03 ^{ghij}	0,28	ERV45	0,17 ^{bcd}	0,15

<i>ERV31</i>	0,86 ^{opqrstuvw}	0,80	<i>ERV44</i>	0,03 ^{ghij}	0,28	<i>PI 518455</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>PI 420950</i>	0,86 ^{opqrstuvw}	0,80	<i>AUA10</i>	0,03 ^{ghij}	0,28	<i>ERV18</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>ERV52</i>	0,85 ^{pqrstuvw}	0,80	<i>ERV65</i>	0,03 ^{hij}	0,28	<i>ERV65</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>ERV26</i>	0,84 ^{qrstuvw}	0,80	<i>ERV41</i>	0,03 ^{hij}	0,28	<i>ERV54</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>PI 284321</i>	0,84 ^{rstuvw}	0,80	<i>ERV13</i>	0,03 ^{hij}	0,28	<i>ERV11</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>ERV13</i>	0,84 ^{stuvw}	0,80	<i>ERV35</i>	0,03 ^{ij}	0,28	<i>ERV16</i>	0,17 ^{bcd}	0,15
<i>ERV54</i>	0,84 ^{styvwx}	0,80	<i>ERV54</i>	0,03 ^{ij}	0,28	<i>ERV36</i>	0,16 ^{bcd}	0,15
<i>ERV35</i>	0,83 ^{stuvw}	0,80	<i>AUA2</i>	0,03 ^{ij}	0,28	<i>PI 393850</i>	0,16 ^{bcd}	0,15
<i>AUA5</i>	0,82 ^{tuvw}	0,80	<i>ERV31</i>	0,03 ^{ij}	0,28	<i>ERV42</i>	0,16 ^{bcd}	0,15
<i>ERV45</i>	0,82 ^{uvw}	0,80	<i>ERV15</i>	0,03 ^{ij}	0,28	<i>PI 284321</i>	0,15 ^{cd}	0,15
<i>ERV46</i>	0,81 ^{vwx}	0,80	<i>PI 284321</i>	0,02 ^{ij}	0,28	<i>AUA5</i>	0,15 ^{cd}	0,15
<i>ERV11</i>	0,80 ^{wx}	0,80	<i>AUA5</i>	0,02 ^{ij}	0,28	<i>ERV44</i>	0,15 ^{cd}	0,15
<i>ERV44</i>	0,80 ^x	0,80	<i>AUA6</i>	0,02 ^j	0,28	<i>PI 206489</i>	0,13 ^d	0,15
M.O.	0,93			0,04			0,19	

3.2.2 Άλλες κατηγορίες χημικών ενώσεων (Αζωτούχες ουσίες, ξηρά ουσία, τέφρα, ινώδεις ουσίες)

3.2.2.1 Πρωτεΐνη

Βάσει των αποτελεσμάτων της αναλυτικής μεθόδου Kjeldahl, η ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς της ρόβης ($p < 0,0001$). Οι μέσοι όροι των πληθυσμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.14. Το εύρος τιμών είναι σχετικά μεγάλο και οι πληθυσμοί κατανεμήθηκαν σε 33 ομάδες σημαντικότητας, εκ των οποίων οι 13 διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Ο πληθυσμός ERV9 που βρίσκεται στην πρώτη ομάδα, παρουσίασε το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεΐνης σε σπόρο (23,31%) με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Έπονται οι AUA3 και ERV64 με 22,68% και 22,59% αντίστοιχα που βρίσκονται στην δεύτερη ομάδα σημαντικότητας, ενώ με τη μικρότερη περιεκτικότητα παρουσιάζεται ο AUA5 με περιεκτικότητα 15,50%, που ανήκει στην τελευταία (13^η) ομάδα. Η τιμή της περιεκτικότητας του ERV9 σε πρωτεΐνη εμφανίζει απόκλιση από το μέσο όρο όλων των πληθυσμών που είναι 19,02%.

Η Ανάλυση Διακύμανσης για την σύγκριση των δύο μεθόδων ως προς την συγκέντρωση των πληθυσμών σε πρωτεΐνη, έδειξε ότι η μέθοδος NIRS έδινε στατιστικά σημαντικά ($p < 0,0001$) υψηλότερες τιμές από ότι η Kjeldahl με επίπεδο σημαντικότητας 0,05. Καθώς η μέθοδος Kjeldahl είναι κλασσική αναλυτική μέθοδος προσδιορισμού αζωτούχων ουσιών, ενώ η ακρίβεια των προσδιορισμών με τη μέθοδο NIRS εξαρτάται από την ύπαρξη κατάλληλου προτύπου βαθμονόμησης, οι τιμές πρωτεΐνης για τους πληθυσμούς της ρόβης που λάβαμε από την πρώτη μέθοδο θεωρήθηκε ότι ανταποκρίνονται περισσότερο στις πραγματικές τιμές.

Πίνακας 3.14. Μέσοι όροι (Μ.Ο.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για το περιεχόμενο των σπερμάτων των πληθυσμών της ρόβης σε τέφρα (%), ξηρά ουσία (%) και ολικές αζωτούχες ουσίες (% Ξ.Ο.). Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά.

Τέφρα (%)			Ξηρά ουσία (%)			Πρωτεΐνη (% Ξ.Ο.)		
Πληθυσμός	Μ.Ο.	SE(\pm)	Πληθυσμός	Μ.Ο.	SE(\pm)	Πληθυσμός	Μ.Ο.	SE(\pm)
PI 206489	3,37	0,21	PI 206489	88,48	1,20	ERV9	23,31 ^a	0,15
PI 229733	2,78	0,21	PI 229733	88,27	1,20	AUA3	22,68 ^b	0,15
PI 284321	2,80	0,21	PI 284321	88,25	1,20	ERV64	22,59 ^b	0,15
PI 393850	2,62	0,21	PI 393850	88,17	1,20	PI 206489	21,97 ^c	0,15
PI 420950	2,65	0,21	PI 420950	88,05	1,20	ERV28	21,86 ^{cd}	0,15
PI 515978	3,02	0,21	PI 515978	88,05	1,20	ERV16	21,70 ^{cd}	0,15
PI 518455	2,47	0,21	PI 518455	87,82	1,20	ERV27	21,55 ^{cd}	0,15
PI 577718	2,60	0,21	PI 577718	88,20	1,20	ERV18	21,45 ^d	0,15
AUA1	3,12	0,21	AUA1	87,69	1,20	ERV53	20,88 ^e	0,15
AUA2	3,04	0,21	AUA2	87,86	1,20	ERV24	20,81 ^e	0,15
AUA3	2,93	0,21	AUA3	87,64	1,20	AUA1	20,81 ^e	0,15
AUA4	2,56	0,21	AUA4	88,21	1,20	ERV38	20,61 ^e	0,15
AUA5	2,62	0,21	AUA5	87,85	1,20	PI 577718	20,57 ^e	0,15
AUA6	2,62	0,21	AUA6	87,59	1,20	PI 229733	20,53 ^e	0,15
AUA7	2,54	0,21	AUA7	93,79	1,20	ERV45	19,95 ^f	0,15
AUA9	2,42	0,21	AUA9	88,45	1,20	ERV65	19,87 ^{fg}	0,15
AUA10	2,61	0,21	AUA10	87,16	1,20	ERV46	19,79 ^{fgh}	0,15
ERV16	3,26	0,21	ERV16	87,94	1,20	AUA6	19,55 ^{fghi}	0,15
ERV23	2,77	0,21	ERV23	88,08	1,20	ERV41	19,46 ^{ghi}	0,15
ERV24	2,45	0,21	ERV24	88,51	1,20	AUA4	19,38 ^{hi}	0,15
ERV26	2,48	0,21	ERV26	87,73	1,20	ERV54	19,22 ^{ij}	0,15
ERV27	2,49	0,21	ERV27	87,95	1,20	AUA7	19,13 ^{ijk}	0,15
ERV28	2,21	0,21	ERV28	88,54	1,20	ERV44	18,95 ^{jkl}	0,15
ERV31	2,34	0,21	ERV31	88,27	1,20	ERV36	18,89 ^{jkl}	0,15
ERV9	2,97	0,21	ERV9	88,38	1,20	AUA9	18,81 ^{jkl}	0,15
ERV11	3,06	0,21	ERV11	88,09	1,20	ERV52	18,72 ^{kl}	0,15
ERV13	3,04	0,21	ERV13	88,30	1,20	ERV40	18,56 ^{lm}	0,15
ERV18	3,22	0,21	ERV18	88,23	1,20	PI 420950	18,25 ^{mn}	0,15

ERV15	2,89	0,21	ERV15	87,78	1,20	AUA10	18,20 ^{mno}	0,15
ERV1	2,66	0,21	ERV1	88,01	1,20	PI 518455	18,02 ^{nop}	0,15
ERV65	2,55	0,21	ERV65	88,50	1,20	PI 393850	17,93 ^{nopq}	0,15
ERV66	2,52	0,21	ERV66	88,33	1,20	PI 284321	17,81 ^{opqr}	0,15
ERV64	2,73	0,21	ERV64	88,20	1,20	PI 515978	17,78 ^{opqr}	0,15
ERV33	2,70	0,21	ERV33	87,92	1,20	ERV23	17,77 ^{pqr}	0,15
ERV35	2,31	0,21	ERV35	88,52	1,20	ERV66	17,69 ^{pqrs}	0,15
ERV36	2,63	0,21	ERV36	88,04	1,20	ERV26	17,61 ^{pqrs}	0,15
ERV38	2,75	0,21	ERV38	88,34	1,20	ERV49	17,53 ^{qrs}	0,15
ERV40	2,69	0,21	ERV40	88,17	1,20	ERV1	17,38 ^{rst}	0,15
ERV41	2,62	0,21	ERV41	88,42	1,20	ERV42	17,33 ^{stu}	0,15
ERV42	2,56	0,21	ERV42	87,95	1,20	ERV13	17,10 ^{tuv}	0,15
ERV44	2,83	0,21	ERV44	88,39	1,20	ERV35	17,10 ^{tuv}	0,15
ERV45	3,00	0,21	ERV45	88,04	1,20	AUA2	17,03 ^{tuv}	0,15
ERV46	2,79	0,21	ERV46	88,15	1,20	ERV31	17,02 ^{tuv}	0,15
ERV48	2,63	0,21	ERV48	87,98	1,20	ERV33	16,93 ^{uvw}	0,15
ERV49	2,35	0,21	ERV49	88,07	1,20	ERV15	16,92 ^{uvw}	0,15
ERV51	2,72	0,21	ERV51	87,70	1,20	ERV11	16,80 ^{vw}	0,15
ERV52	2,56	0,21	ERV52	87,61	1,20	ERV51	16,55 ^w	0,15
ERV53	2,43	0,21	ERV53	88,20	1,20	ERV48	16,08 ^x	0,15
ERV54	2,89	0,21	ERV54	88,17	1,20	AUA5	15,50 ^y	0,15
M.O.	2,71		M.O.	88,20		M.O.	19,02	

3.2.2.2 Ξηρά ουσία

Στο σύνολο των πληθυσμών δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το περιεχόμενο της ξηράς ουσίας τους ($p = 0,9883$). Ωστόσο, μια αξιοσημείωτη διαφορά παρατηρείται στον πληθυσμό AUA7 με 93,79 % ξηρά ουσία, η οποία είναι αισθητά υψηλότερη συγκριτικά με τους υπόλοιπους πληθυσμούς όπου η ξηρά ουσία κυμαίνεται από 87,16% (AUA10) έως και 88,54% (ERV28). Ο μέσος όρος τους είναι 88,20% (Πίνακας 3.14).

3.2.2.3 Τέφρα

Οι διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς ως προς το περιεχόμενο της τέφρας δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p = 0,0584$). Ωστόσο, οι τιμές της τέφρας παρουσιάζουν κάποιο εύρος διακύμανσης με χαμηλότερη το 2,21% (ERV28) και υψηλότερη το 3,37% (PI 206489) και μέσο όρο 2,71% (Πίνακας 3.14).

3.2.3 Θρεπτική αξία του άχυρου

Τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών θρεπτικής σύστασης του άχυρου (ολικές αζωτούχες, ολικές ινώδεις ουσίες, κλάσματα ινωδών ουσιών NDF και ADF, ξηρά ουσία, τέφρα) των 6 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης (AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53) παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.15.

3.2.2.4 Ολικές αζωτούχες ουσίες άχυρου

Όπως στο σπόρο, έτσι και στο άχυρο το ποσοστό των αζωτούχων ουσιών παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς ($p = 0,0010$). Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.16, το άχυρο του πληθυσμού ERV53 έχει την υψηλότερη περιεκτικότητα (9,84%). Ακολουθεί ο AUA5 με 9,44% που μαζί με τον ERV53 παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Ακολουθεί ο ERV65 με ενδιάμεση τιμή (7,51%) και τέλος, ο AUA2 με 6,33% ο ERV45 με 5,77% και ο ERV35 που παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους, με συγκέντρωση 5,10%.

3.2.3.2 Ινώδεις ουσίες και κλάσματα (CF & NDF, ADF)

Οι πληθυσμοί παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, ως προς το σύνολο των ινωδών ουσιών (CF) στο άχυρο ($p = 0,0305$) με μέσο όρο 35,96%. Την υψηλότερη τιμή παρουσιάζει ο πληθυσμός ERV65 με 41,76% περιεκτικότητα ινωδών

ουσιών, αν και η διαφορά του από τον πληθυσμό ERV45 (37,90%) δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ακολουθούν οι πληθυσμοί AUA2 και AUA5 με παρόμοια επίπεδα ινωδών ουσιών (36,21% και 36,57% αντίστοιχα), ενώ τις μικρότερες τιμές παρουσίασαν οι ERV35 και ERV53 (31,33% και 31,98% αντίστοιχα) με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Σε παρόμοια επίπεδα βρίσκεται και η περιεκτικότητά τους στα NDF και ADF κλάσματα των ινωδών ουσιών, μόνο που οι διαφορές μεταξύ των πληθυσμών δεν είναι στατιστικά σημαντικές ($p = 0,4578$ για NDF και $p = 0,3569$ για ADF). Οι τιμές των κλασμάτων είναι περισσότερο ομοιόμορφες και δεν παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα διάφορα ζεύγη συγκρίσεων. Το ποσοστό NDF κυμαίνεται από 49,14% (ERV35) έως 57,22% (ERV65) με μέσο όρο 52,82% ενώ το ποσοστό ADF κυμαίνεται μεταξύ 35,19% (ERV35) και 43,84% (ERV65) με μέσο όρο 39,22%.

3.2.3.3 Ξηρά ουσία

Δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς, ως προς την ξηρά ουσία του αχύρου ($p = 0,0845$). Ωστόσο είναι αισθητή η διαφοροποίηση του πληθυσμού AUA5, που με περιεκτικότητα 93,62% ξηρά ουσία παρουσίασε τη μικρότερη τιμή συγκριτικά με τους υπόλοιπους πληθυσμούς με στατιστικά σημαντική διαφορά. Στους υπόλοιπους πληθυσμούς το περιεχόμενο ξηράς ουσίας δεν παραλλάσει καθώς κυμαίνεται από 94,09% (ERV35) έως 94,57% (ERV65) με μέσο όρο 94,29%.

3.2.3.4 Τέφρα

Ως προς το ποσοστό της τέφρας παρατηρείται μία μικρή διαφοροποίηση μεταξύ των πληθυσμών, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική ($p = 0,2660$). Ο μέσος όρος φτάνει το 10,82%. Το μικρότερο ποσοστό αντιστοιχεί στον ERV45 με 8,78% τέφρα και ανεβαίνει σταδιακά ανά πληθυσμό, μέχρι τη μέγιστη τιμή του 14,78% για τον ERV53. Η διαφορά αυτή μεταξύ των δύο πληθυσμών είναι στατιστικά σημαντική.

Πίνακας 3.15. Μέσοι όροι (M.O.) και τυπικό σφάλμα (\pm S.E.) για την σύσταση του αχύρου των πληθυσμών AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45 και ERV35 σε πρωτεΐνη, ινώδεις ουσίες, τα κλάσματα ινωδών NDF και ADF, ξηρά ουσία, τέφρα. Οι τιμές που δεν συνδέονται με το ίδιο γράμμα ανήκουν σε πληθυσμούς που έχουν μεταξύ τους στατιστικά σημαντική διαφορά ($p = 0,0010$ για πρωτεΐνη, $p = 0,0305$ για ινώδεις ουσίες).

Πληθυσμός	Πρωτεΐνη %Ξ.Ο.		Ινώδεις ουσίες %Ξ.Ο.		NDF %Ξ.Ο.		ADF %Ξ.Ο.		Ξηρή Ουσία %		Τέφρα %Ξ.Ο.	
	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)	M.O.	SE (\pm)
AUA2	6,33 ^{ab}	0,75	36,21 ^{abc}	2,17	50,49 ^a	3,36	38,49 ^a	2,80	94,43 ^a	0,24	11,74 ^a	1,84
AUA5	9,44 ^{cd}	0,75	36,57 ^{abc}	2,17	51,06 ^a	3,36	37,99 ^a	2,80	93,62 ^a	0,24	9,69 ^a	1,84
ERV65	7,51 ^{bc}	0,75	41,76 ^a	2,17	57,22 ^a	3,88	43,84 ^a	3,24	94,57 ^a	0,24	9,51 ^a	1,84
ERV35	5,10 ^d	0,75	31,33 ^c	2,17	49,14 ^a	3,36	35,19 ^a	2,80	94,09 ^a	0,24	10,42 ^a	1,84
ERV45	5,77 ^{ab}	0,75	37,90 ^{ab}	2,17	57,08 ^a	3,36	42,32 ^a	2,80	94,54 ^a	0,24	8,78 ^a	1,84
ERV53	9,84 ^a	0,75	31,98 ^{bc}	2,17	51,93 ^a	3,36	37,50 ^a	2,80	94,49 ^a	0,24	14,78 ^a	1,84
M.O.	7,33		35,96		52,82		39,22		94,29		10,82	

Τα αποτελέσματα ανάλυσης συσχέτισης έδειξαν ότι τα προσδιορισθέντα θρεπτικά συστατικά του αχύρου εμφανίζουν συσχέτιση με τα χαρακτηριστικά απόδοσης των εξεταζόμενων πληθυσμών της ρόβης (AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53). Συγκεκριμένα, η πρωτεΐνη συσχετίστηκε αρνητικά με το μήκος λοβών (-0,73, $p < 0,001$), τον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (-0,45, $p < 0,05$) και με το βάρος 100 σπερμάτων (-0,57, $p < 0,01$). Η τέφρα συσχετίστηκε επίσης αρνητικά με το βάρος 100 σπερμάτων (-0,62, $p < 0,01$). Αντιθέτως, οι ολικές ινώδεις ουσίες και τα κλάσματα NDF και ADF συσχετίστηκαν θετικά με το βάρος 100 σπερμάτων (0,64, 0,56, 0,59 αντίστοιχα, $p < 0,01$). Η ξηρά ουσία, συσχετίστηκε θετικά με τις ολικές ινώδεις και τα κλάσματά τους, σε αντίθεση με την τέφρα, που συσχετίστηκε αρνητικά. Οι συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί (Πίνακας Π9 Παραρτήματος). Τα θρεπτικά συστατικά του αχύρου έδειξαν συσχετίσεις και με τα χαρακτηριστικά φαινολογίας άνθησης των υπό μελέτη πληθυσμών. Σημαντική ήταν η θετική συσχέτιση με την έναρξη (0,59, $p < 0,01$) και το τέλος της άνθησης (0,60, $p < 0,01$).

3.2.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Η εφαρμογή της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (Principal Component Analysis) πραγματοποιήθηκε στα δεδομένα ανάλυσης των 49 πληθυσμών ρόβης βάσει των θρεπτικών στοιχείων που προσδιορίστηκαν στα σπέρματα, καθώς και στα δεδομένα ανάλυσης των 6 πληθυσμών (AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53) βάσει των ανθικών χαρακτήρων που μελετήθηκαν, των χαρακτήρων απόδοσης και των παραγόντων θρέψης που προσδιορίστηκαν στο άχυρο. Ο καθορισμός του αριθμού των κυρίων συνιστωσών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο μεθόδων που προτείνονται από τους Lehman et al. (2005) δηλαδή: μέσω του κριτηρίου των Kaiser – Guttman, και βάσει του αθροιστικού ποσοστού της παραλλακτικότητας το οποίο ερμηνεύουν. Σύμφωνα με το κριτήριο των Kaiser – Guttman, επιλέγονται οι κύριες συνιστώσες των παραγόντων των οποίων η ιδιοτιμή είναι μεγαλύτερη από 1,00. Σύμφωνα με το δεύτερο κριτήριο, επιλέγονται οι κύριες συνιστώσες που ερμηνεύουν το 70 – 80 % της αθροιστικής παραλλακτικότητας.

3.2.5.1 *Ανάλυση των πληθυσμών ρόβης βάσει των θρεπτικών στοιχείων στο σπόρο*
Βάσει του κριτηρίου των Kaiser – Guttman, επιλέχθηκαν τέσσερις κύριες συνιστώσες που ερμηνεύουν το 68,81% της ολικής παραλλακτικότητας. Σύμφωνα με τους Lehman et al. (2005), μία ιδιοτιμή μπορεί να περιληφθεί σε μία κύρια συνιστώσα, όταν παρουσιάζει απόλυτη τιμή μεγαλύτερη από 0,40 για τη συνιστώσα αυτή. Έτσι, τα αποτελέσματα της ανάλυσης για κάθε κύρια συνιστώσα και για τα χαρακτηριστικά που συνεισφέρουν σε κάποια από αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.16.

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα παραγοντικών φορτίων (Εικόνα 3.4), παρατηρούνται δύο δέσμες μεταβλητών:

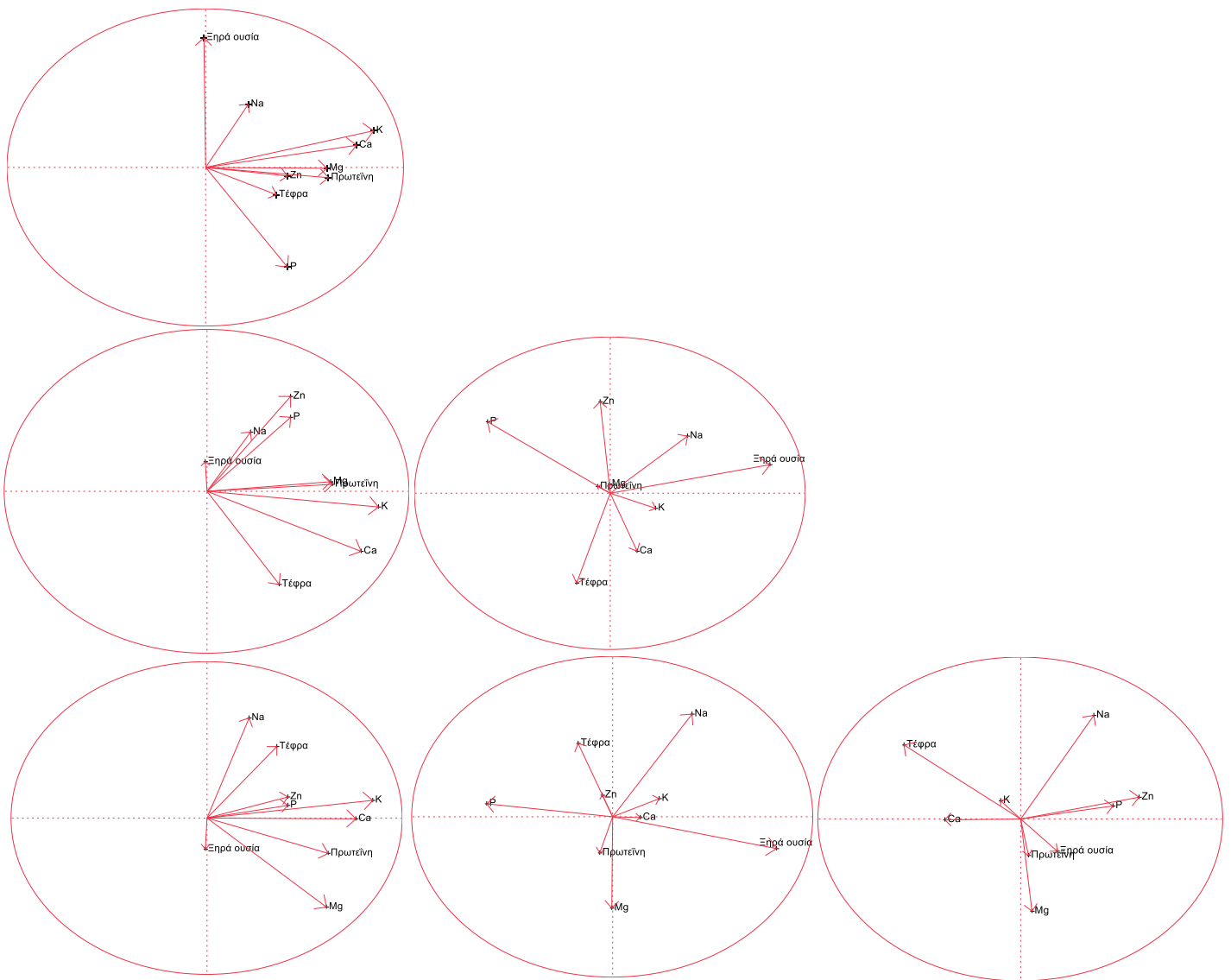
- Στο πάνω δεξιά τεταρτημόριο, παρατηρούνται θετικές συσχετίσεις μεταξύ Mg – K – Ca και Na – ξηράς ουσίας.
- Στο κάτω δεξιά τεταρτημόριο κυριαρχούν ο φωσφόρος και η πρωτεΐνη, η οποία φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με Mg, Zn και τέφρα.

Από τα διαγράμματα παραγοντικών φορτίων που παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.3 καθώς και από τις τιμές τους που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.17, παρατηρούμε ότι για τη δημιουργία:

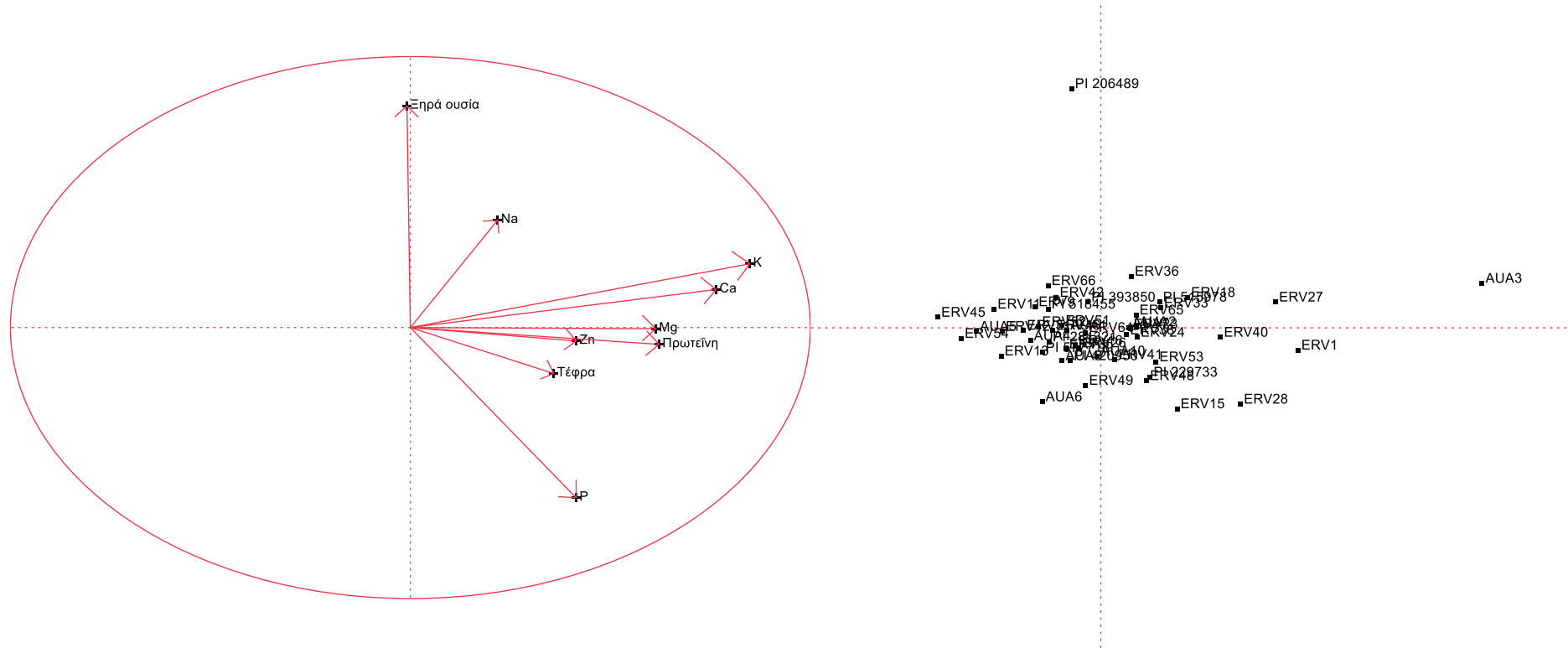
- i. της πρώτης κύριας συνιστώσας συνεισφέρουν περισσότερο η πρωτεΐνη, το K και το Ca που περιγράφουν το 28,76% της ολικής παραλλακτικότητας.
- ii. της δεύτερης κύριας συνιστώσας, συνεισφέρουν ο P και η ξηρά ουσία που ερμηνεύουν το 14,80% της ολικής παραλλακτικότητας.
- iii. της τρίτης κύριας συνιστώσας, συνεισφέρουν ο Zn και η τέφρα που ερμηνεύουν το 13,36% της παραλλακτικότητας.
- iv. της τέταρτης κύριας συνιστώσας, συνεισφέρει κυρίως το Νάτριο με ερμηνεία του 11,89% της ολικής παραλλακτικότητας.

Πίνακας 3.16. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών και ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που εξηγούν οι τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες.

A/A	Ιδιοτιμή	Ποσοστό παραλλακτικότητας	Αθροιστική παραλλακτικότητα
1	2,588444	28,76048	28,76048
2	1,33206	14,80067	43,56115
3	1,202334	13,35927	56,92042
4	1,070054	11,88949	68,80991
5	0,959722	10,66358	79,47349
6	0,73288	8,143114	87,6166
7	0,487724	5,41916	93,03576
8	0,389793	4,331035	97,3668
9	0,236988	2,633201	100



Εικόνα 3.3. Διαγράμματα παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών θρεπτικής αξίας του σπόρου των 49 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης. Πάνω αριστερά: ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1^η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2^η κύρια συνιστώσα (PC-2). Στη μέση αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1^η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο Y στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3). Στη μέση δεξιά: ο X αντιστοιχεί στην 2^η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3). Κάτω αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1^η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4). Κάτω στο κέντρο: ο X στην 2^η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4). Κάτω δεξιά: ο X στην 3^η κύρια συνιστώσα (PC-3) και ο Y στην 4^η κύρια συνιστώσα (PC-4).



Εικόνα 3.4. Διάγραμμα παραγοντικών φορτίων (αριστερά) και διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών (δεξιά) στους οποίους μελετήθηκε η σύσταση του σπόρου σε θρεπτικές ουσίες. Στο διάγραμμα παραγοντικών φορτίων, ο άξονας Χ αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην PC-2.

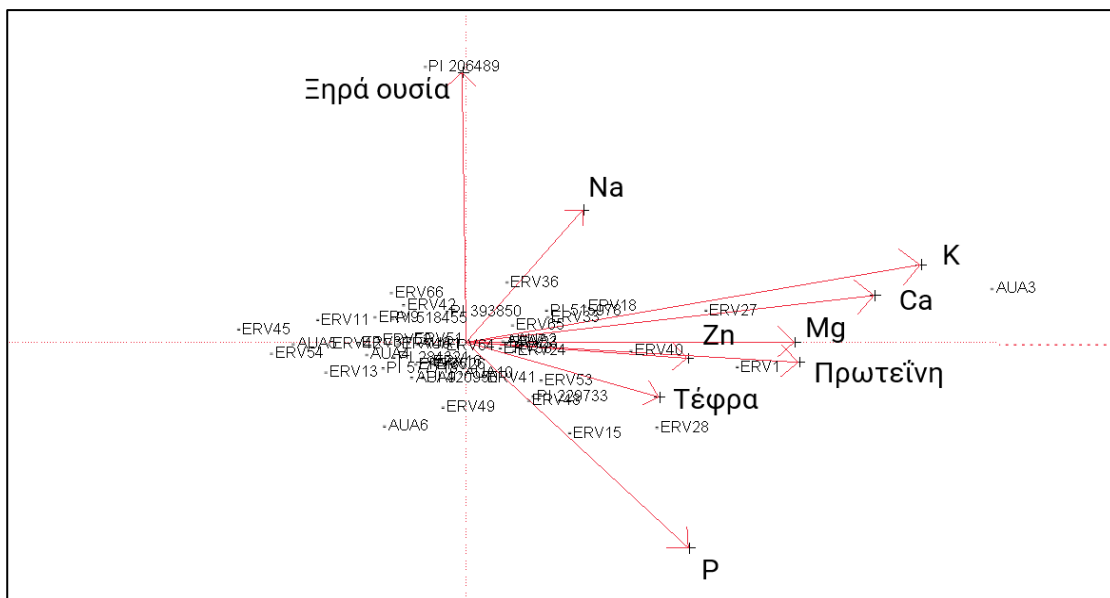
Πίνακας 3.17. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών για τα θρεπτικά στοιχεία του σπόρου των 49 πληθυσμών της ρόβης. Παρουσίαση των παραγοντικών φορτίων. Με έντονη γραφή παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές των παραγοντικών φορτίων για κάθε θρεπτικό στοιχείο.

Μεταβλητές	1 ^η Κ.Σ.	2 ^η Κ.Σ.	3 ^η Κ.Σ.	4 ^η Κ.Σ.
Κάλιο	0,849005	0,23357587	-0,09488	0,11552286
Νάτριο	0,218557	0,39832965	0,363154	0,64201378
Φωσφόρος	0,415144	-0,626565	0,457055	0,08104194
Μαγνήσιο	0,613706	-0,0033595	0,056793	-0,5690233
Ασβέστιο	0,763713	0,13880125	-0,37275	-0,0043795
Ψευδάργυρος	0,413195	-0,0514752	0,587576	0,1334071
Ξηρά ουσία	-0,00852	0,81931882	0,18441	-0,1994272
Τέφρα	0,359169	-0,1701525	-0,57391	0,45433029
Πρωτεΐνη	0,622757	-0,0639554	0,042025	-0,2239819

Βάσει του διαγράμματος διασποράς των υπό μελέτη πληθυσμών της ρόβης (Εικόνες 3.4, 3.5), παρατηρούμε ότι οι 49 πληθυσμοί διαχωρίζονται βάσει της σύστασης του σπόρου στα διάφορα υπό μελέτη θρεπτικά στοιχεία. Οι πληθυσμοί που κατανέμονται στο πάνω δεξιά τεταρτημόριο, διακρίνονται περισσότερο βάσει της σύστασης σε μεταλλικά στοιχεία ενώ στο κάτω δεξιά τεταρτημόριο διακρίνονται βάσει της σύστασής τους σε πρωτεΐνη και τέφρα και φωσφόρο. Επιπλέον, η ανάλυση αναδεικνύει ορισμένους πληθυσμούς ως διακριτές ομάδες. Πιο συγκεκριμένα:

- Ο AUA3 φαίνεται να διαχωρίζεται βάσει των στοιχείων K, Ca, Mg.
- Ο ERV27 φαίνεται να διακρίνεται βάσει των στοιχείων Mg, K, Zn και πρωτεΐνη, καθώς πλησιάζει τον άξονα της PC-1.
- Ο πληθυσμός ERV15 φαίνεται να διαχωρίζεται βάσει της σύστασης σε P.
- Ο ERV28 διακρίνεται βάσει της σύστασής του σε τέφρα και πρωτεΐνη.
- Ο πληθυσμός ERV36 φαίνεται να διακρίνεται βάσει της σύστασης του σπόρου σε Na.
- Οι πληθυσμοί ERV1 και ERV40 φαίνεται να διαχωρίζονται βάσει της σύστασης του σπόρου σε πρωτεΐνη και Zn.

- Ο πληθυσμός PI206489 φαίνεται να διακρίνεται βάσει της σύστασής του σε ξηρά ουσία.
- Οι πληθυσμοί ERV23, ERV24, ERV38 και AUA2 φαίνεται να διακρίνονται βάσει της σύστασης του σπόρου σε πρωτεΐνη, αν και η διάκριση αυτή δεν είναι σαφής.
- Οι πληθυσμοί ERV18, ERV33, ERV65 και PI515978 φαίνεται ότι διαχωρίζονται βάσει των στοιχείων K, Ca.



Εικόνα 3.5. Διάγραμμα διασποράς των 49 πληθυσμών ρόβης και των παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών θρεπτικής σύστασης του σπόρου. Ο άξονας X αντιστοιχεί στην PC-1 ενώ ο άξονας Y αντιστοιχεί στην PC-2.

3.2.5.2 Ανάλυση των πληθυσμών βάσει των ανθικών χαρακτήρων, των χαρακτήρων απόδοσης και των παραγόντων θρέψης στο άχυρο

Η εφαρμογή του κριτηρίου των Kaiser – Guttman οδηγεί στην επιλογή τεσσάρων κύριων συνιστωσών (Πίνακας 3.18). Στο Διάγραμμα (scree plot) απεικονίζονται οι ιδιοτιμές που αντιστοιχούν στους διάφορους αριθμούς κύριων συνιστωσών. Προς διευκόλυνση της σαφήνειας της ανάλυσης, επιλέχθηκαν 3 κύριες συνιστώσες που ερμηνεύουν το 87,03% της ολικής παραλλακτικότητας που είναι ένα ικανοποιητικό αθροιστικό ποσοστό, βάσει της μεθόδου των Lehman et al. (2005).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης (Εικόνα 3.6, Πίνακας 3.19), συμπεραίνουμε ότι για την δημιουργία:

- i. της πρώτης κύριας συνιστώσας συνεισφέρουν κυρίως τα χαρακτηριστικά της *ανθικής φαινολογίας* και τα συστατικά της απόδοσης, τα οποία ερμηνεύουν το 41,60% της ολικής παραλλακτικότητας.
- ii. της δεύτερης κύριας συνιστώσας συνεισφέρουν τα περισσότερα χαρακτηριστικά *ανθικού σχεδιασμού* (μήκος, πλάτος πέτασου, μήκος ωθήκης, μήκος στύλου) ερμηνεύοντας το 29,29% της ολικής παραλλακτικότητας.
- iii. της τρίτης κύριας συνιστώσας, συνεισφέρουν η *ανθική απεικόνιση* (σύνολο ανοιχτών ανθέων) και το χρώμα άνθους, με ερμηνεία του 16,13% της ολικής παραλλακτικότητας.

Από το διαγράμμα παραγοντικών φορτίων που απεικονίζεται στην Εικόνα 3.8, παρατηρούνται:

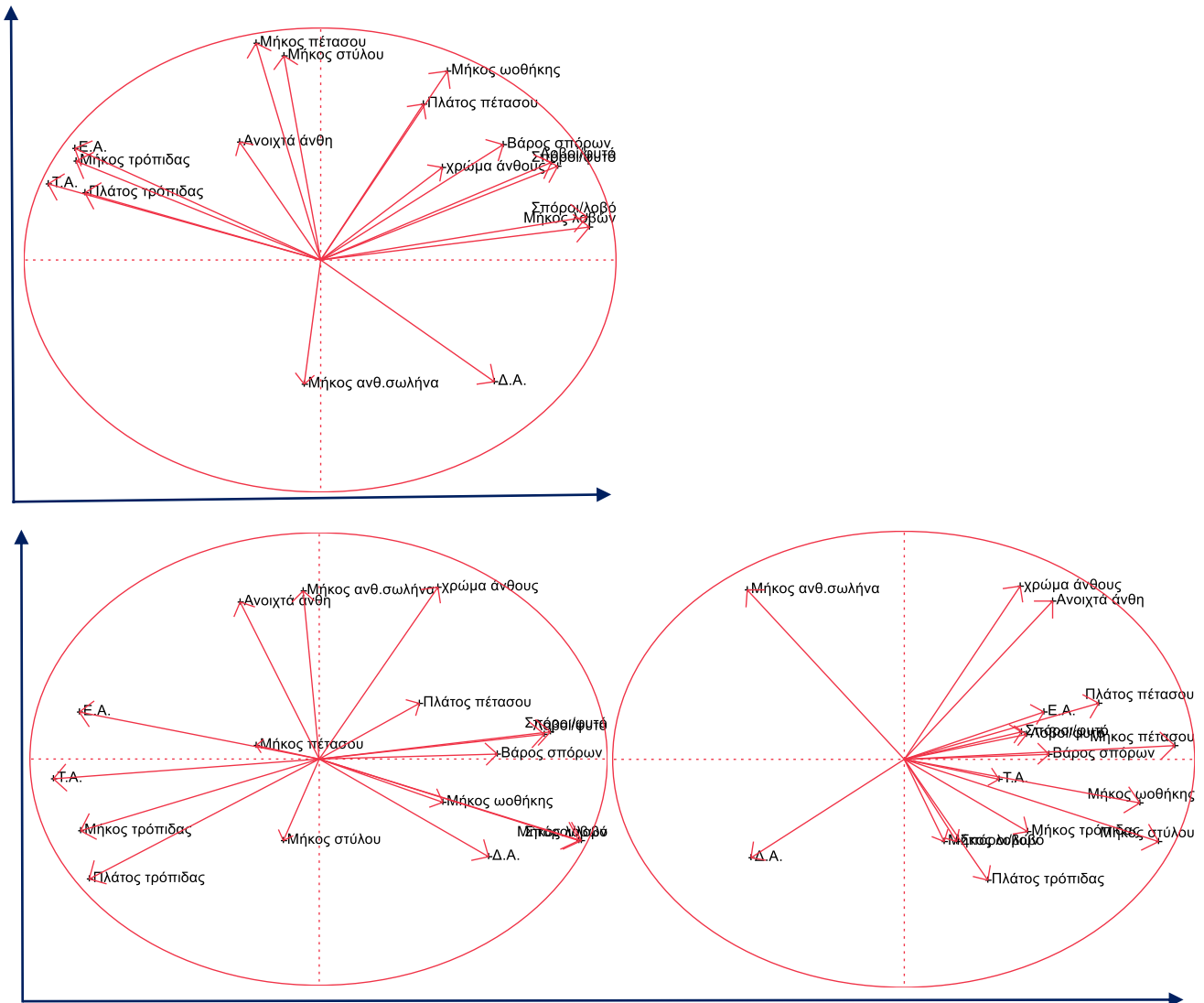
- Στο πάνω αριστερά τεταρτημόριο, υψηλή συσχέτιση μεταξύ έναρξης άνθησης – τέλους άνθησης – μήκους, πλάτους τρόπιδας, μήκους πέτασου – μήκους στύλου – αριθμού ανοιχτών ανθέων.
- Στο πάνω δεξιά τεταρτημόριο, υψηλές συσχετίσεις μεταξύ μπλάτους πέτασου – μήκους ωθήκης – χρώματος άνθους, βάρος 100 σπόρων – σπόρων ανά φυτό – λοβών ανά φυτό, μήκους λοβών – σπόρων ανά λοβό
- Στο κάτω δεξιά τεταρτημόριο, όπου κυριαρχεί η διάρκεια άνθησης, εμφανίζει θετική συσχέτιση με το μήκος ανθικού σωλήνα αλλά όχι στον ίδιο βαθμό με τις προαναφερθείσες συσχετίσεις.

Πίνακας 3.18. Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών και ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που εξηγούν οι τέσσερις πρώτες κύριες συνιστώσες.

A/A	Ιδιοτιμή	Ποσοστό παραλλακτικότητας	Αθροιστική παραλλακτικότητα
1	7,072639	41,603759	41,603759
2	4,979018	29,2883424	70,8921014
3	2,742612	16,1330144	87,0251158
4	1,296514	7,62655233	94,6516682

Πίνακας 3.19. Αποτελέσματα της Ανάλυσης Κυρίων Συνιστωσών για τα ανθικά χαρακτηριστικά, και τα χαρακτηριστικά απόδοσης και θρεπτικής αξίας αχύρου πληθυσμών της ρόβης (AUA2, AUA6, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53). Παρουσίαση των παραγοντικών φορτίων που εκφράζουν την συσχέτιση της κάθε μεταβλητής με την εκάστοτε κύρια συνιστώσα (Κ.Σ.). Οι αριθμοί με έντονη γραμματοσειρά αποτελούν τα φορτία που εκφράζουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά.

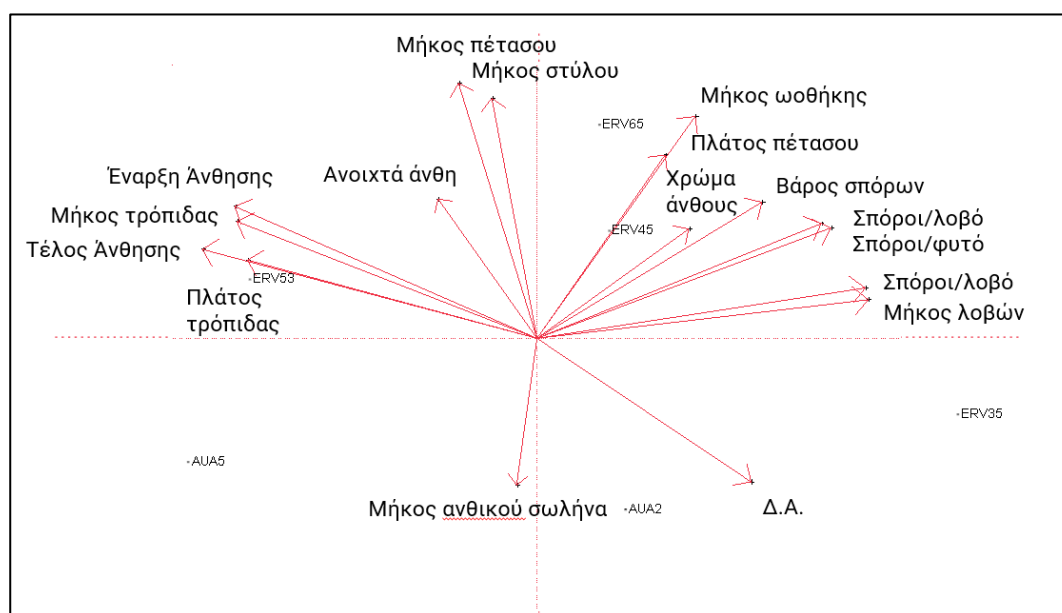
Μεταβλητές	1 ^η Κ.Σ.	2 ^η Κ.Σ.	3 ^η Κ.Σ.
Χρώμα άνθους	0,415102	0,3984063	0,75724704
Δ.Α.	0,588151	-0,5256998	-0,4292928
Ε.Α.	-0,82858	0,48109792	0,20602079
Τ.Α.	-0,91766	0,32625348	-0,0874343
Λοβοί/φυτό	0,780086	0,41999047	0,10811564
Μήκος λοβών	0,908472	0,14112789	-0,3626987
Σπόροι/λοβό	0,900328	0,1833003	-0,3605307
Σπόροι/φυτό	0,804114	0,40470863	0,11825177
Βάρος σπόρων	0,617355	0,49681707	0,02100685
Μήκος ανθ.σωλήνα	-0,05481	-0,5366779	0,74458712
Μήκος πέτασου	-0,21675	0,93217435	0,06139778
Πλάτος πέτασου	0,349787	0,67170977	0,24621182
Μήκος τρόπιδας	-0,8225	0,42631854	-0,3192333
Πλάτος τρόπιδας	-0,79346	0,28736915	-0,5310206
Μήκος στύλου	-0,12359	0,87781796	-0,3593878
Μήκος ωοθήκης	0,43225	0,81349905	-0,1922014
Ανοιχτά άνθη	-0,27027	0,51055815	0,69164116
χρώμα άνθους	0,415102	0,3984063	0,75724704
Δ.Α.	0,588151	-0,5256998	-0,4292928
Ε.Α.	-0,82858	0,48109792	0,20602079
Τ.Α.	-0,91766	0,32625348	-0,0874343
Λοβοί/φυτό	0,780086	0,41999047	0,10811564
Μήκος λοβών	0,908472	0,14112789	-0,3626987
Μήκος ωοθήκης	0,14336927	0,518557	0,665788
Ανοιχτά άνθη	0,51834443	0,038441	0,291118



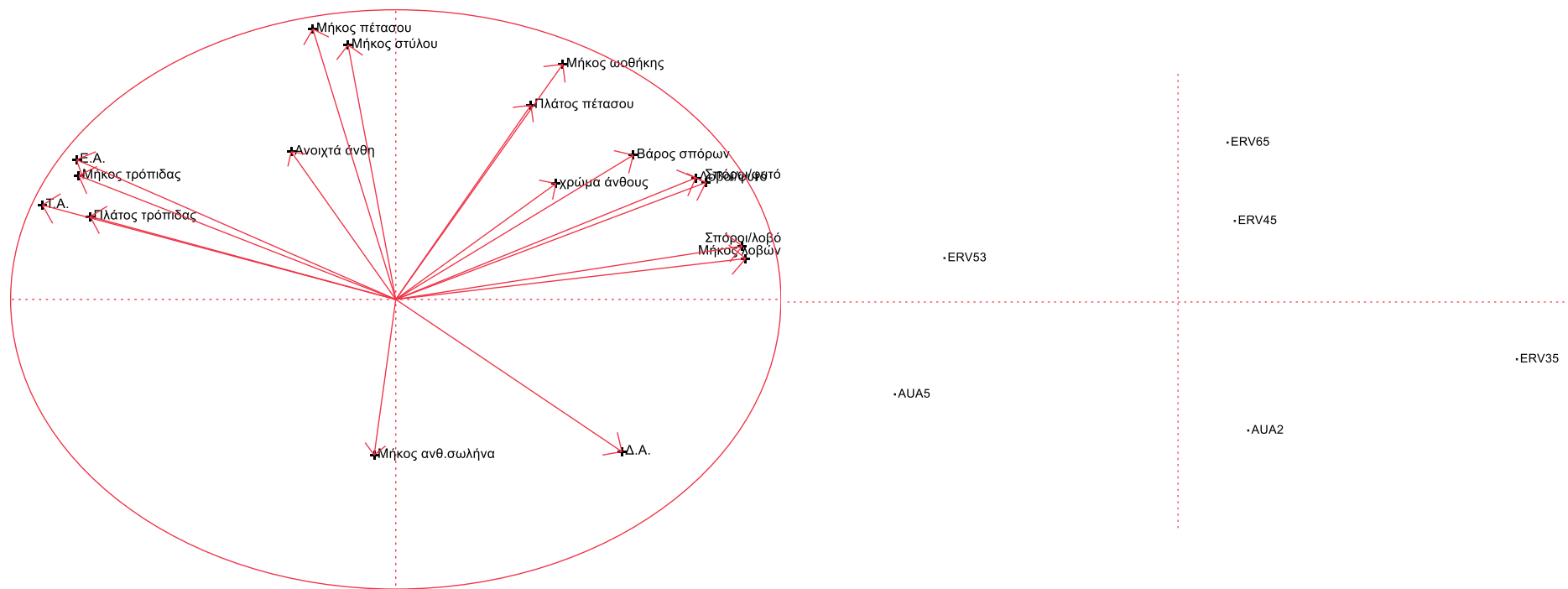
Εικόνα 3.6. Διαγράμματα παραγοντικών φορτίων των ανθικών χαρακτηριστικών και χαρακτηριστικών απόδοσης και θρεπτικής αξίας των 6 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης. Πάνω αριστερά: ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2). Κάτω αριστερά: ο X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο Y στην 3η κύρια συνιστώσα (PC-3). Κάτω δεξιά: ο X αντιστοιχεί στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2) και ο Y στην 3η κύρια συνιστώσα (PC-3).

Το διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53 και το διάγραμμα παραγοντικών φορτίων των υπό μελέτη χαρακτηριστικών, που απεικονίζονται στις Εικόνες 3.7 και 3.8, μας δείχνουν ότι:

- Ο πληθυσμός ERV65 φαίνεται να διακρίνεται κυρίως από το πλάτος πέτασου, το μήκος ωσθήκης και το χρώμα άνθους.
- Οι πληθυσμοί AUA2 και ERV35 φαίνεται να διακρίνονται ελαφρώς από τη διάρκεια άνθησης
- Ο ERV35 φαίνεται να διακρίνεται και για τον αριθμό σπόρων ανά λοβό και το μήκος λοβών.
- Ο πληθυσμός ERV45 φαίνεται να διακρίνεται για το χρώμα άνθους
- Ο πληθυσμός ERV53 διακρίνεται κυρίως από το μήκος και πλάτος τρόπιδας.



Εικόνα 3.7. Διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53 και των παραγοντικών φορτίων των χαρακτηριστικών άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του αχύρου. Ο άξονας X αντιστοιχεί στην PC-1 ενώ ο άξονας Y αντιστοιχεί στην PC-2.



Εικόνα 3.8. Διάγραμμα παραγοντικών φορτίων (αριστερά) και διάγραμμα διασποράς των πληθυσμών (δεξιά) στους οποίους μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής αξίας του αχύρου. Στο διάγραμμα παραγοντικών φορτίων, ο άξονας X αντιστοιχεί στην 1η κύρια συνιστώσα (PC-1) και ο άξονας Y στην 2η κύρια συνιστώσα (PC-2).

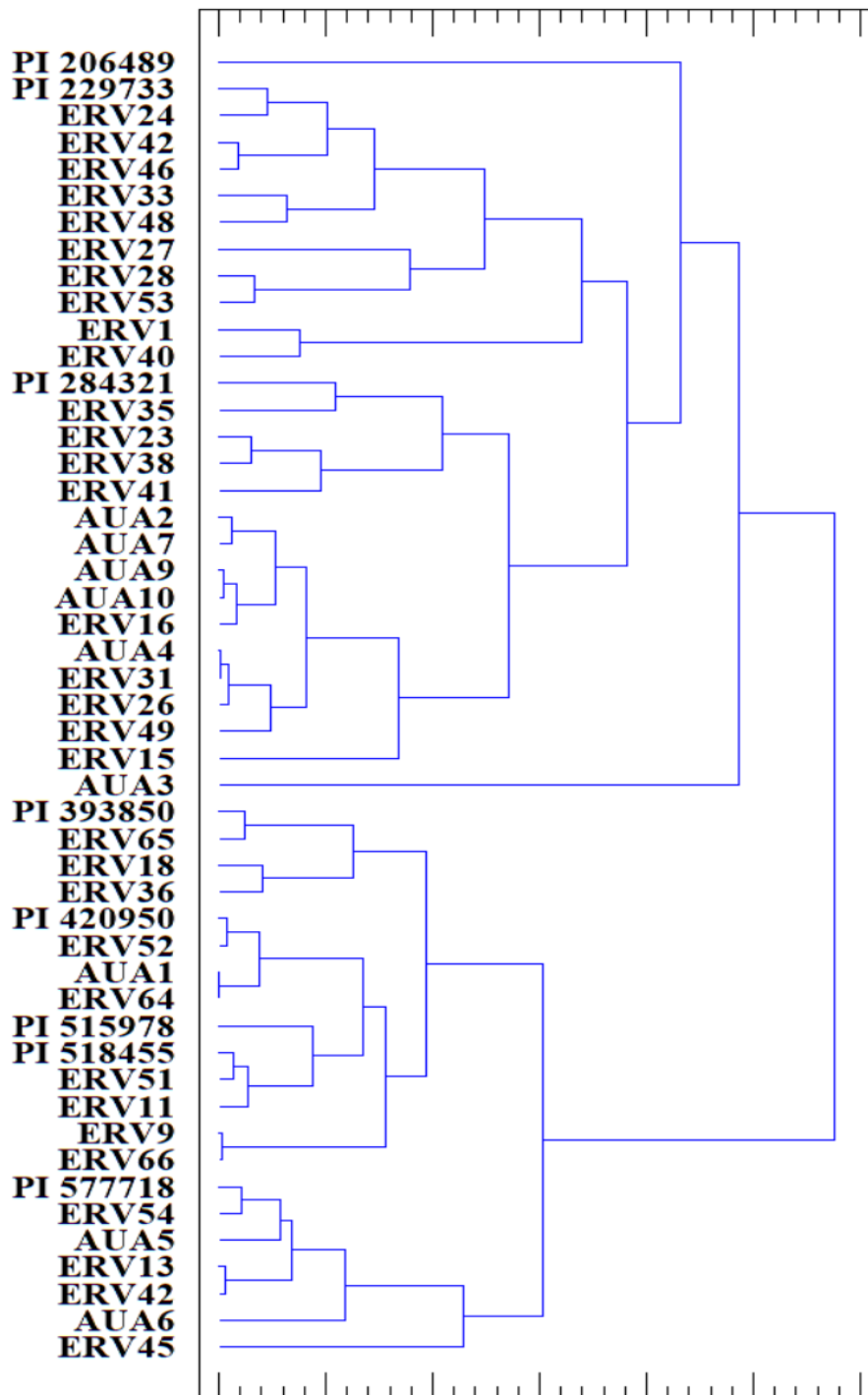
3.2.5 Ανάλυση Συστάδων

Η Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis) εφαρμόστηκε για την ομαδοποίηση των 49 ποικιλιών ως προς τα θρεπτικά στοιχεία που προσδορίστηκαν, καθώς και για την ομαδοποίηση των 6 πληθυσμών στους οποίους μελετήθηκαν οι χαρακτήρες άνθησης (φαινολογία, ανθική απεικόνιση και ανθικός σχεδιασμός), οι χαρακτήρες απόδοσης και την θρεπτική σύσταση του αχύρου.

Η ιεραρχική ανάλυση βασίστηκε στη μέθοδο της ελάχιστης διακύμανσης του Ward, η οποία αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητας μεταξύ δύο εξεταζόμενων ομάδων που σχηματίζονται σε κάθε διαδοχικό στάδιο της ιεραρχικής ταξιδόμησης των ομάδων. Κριτήριο για την δημιουργία συστάδων είναι η μεγιστοποίηση της ομοιογένειας στο εσωτερικό των συστάδων. Το μέτρο που εφαρμόζεται είναι το άθροισμα του τετραγωνικού σφάλματος, και επιδίωξη της μεθόδου είναι η ελαχιστοποίησή του. Η μέθοδος κατά Ward θεωρείται η πλέον αποτελεσματική, αν και τείνει να σχηματίζει ισοπληθείς ομάδες μικρού μεγέθους.

Από την ιεραρχική ανάλυση των 49 πληθυσμών ως προς την θρεπτική σύσταση του σπόρου, προέκυψαν πέντε συστάδες, που όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 3.10, περιλαμβάνουν:

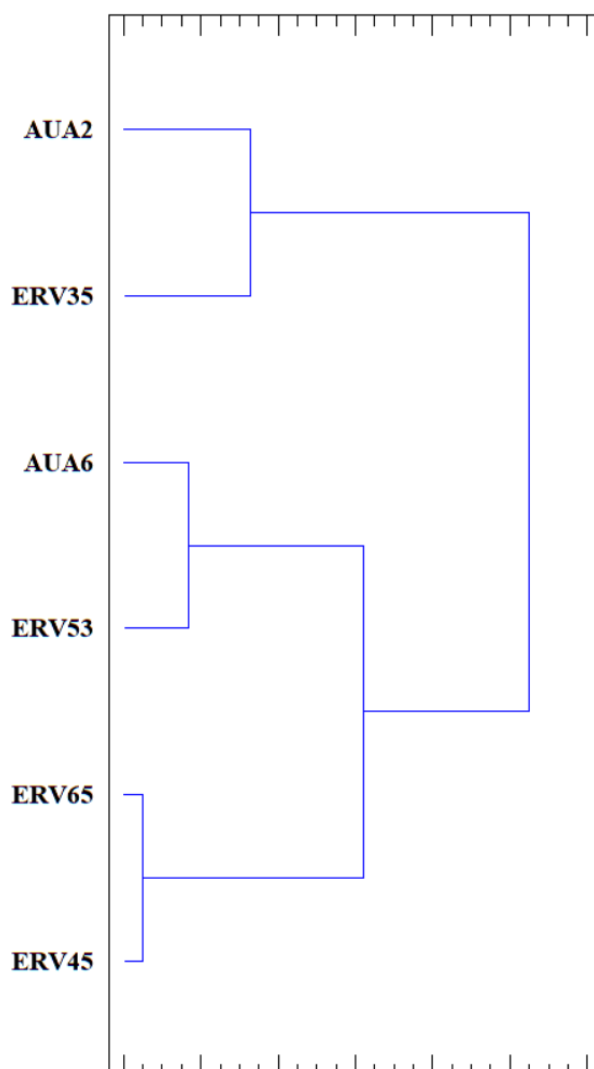
- Η πρώτη τον πληθυσμό *PI 206489*
- Η δεύτερη τους πληθυσμούς *PI 229733, ERV24, ERV42, ERV46, ERV33, ERV48, ERV27, ERV28, ERV53, ERV1* και *ERV40*
- Η τρίτη τους πληθυσμούς *PI 284321, ERV35, ERV23, ERV38, ERV41, AUA2, AUA7, AUA9, AUA10, ERV16, AUA4, ERV31, ERV26, ERV49* και *ERV15*
- Η τέταρτη τον πληθυσμό *AUA3*.
- Η πέμπτη τους πληθυσμούς *PI 393850, ERV65, ERV18, ERV36, PI 420950, ERV52, AUA1, ERV64, PI 515978, PI 518455, ERV51, ERV11, ERV9, ERV66, PI 577718, ERV54, AUA5, ERV13, ERV44, AUA6* και *ERV45*.



Διάγραμμα: Δενδρόγραμμα των εξεταζόμενων πληθυσμών με χρήση της μεθόδου Ward βάσει των θρεπτικών συστατικών του σπόρου που εξετάστηκαν.

Από την ιεραρχική ανάλυση των 6 πληθυσμών ρόβης που μελετήθηκαν ως προς τους χαρακτήρες άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του αχύρου, προέκυψαν δύο συστάδες, που όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3.11, αποτελούν:

- Η πρώτη, τους πληθυσμούς AUA2 και ERV35
- Η δεύτερη τους υπόλοιπους πληθυσμούς (AUA6, ERV53, ERV65 και ERV45).



Διάγραμμα: Δενδρογράμμο των εξεταζόμενων πληθυσμών με χρήση της μεθόδου Ward βάσει των χαρακτήρων άνθησης, απόδοσης και θρεπτικής σύστασης του αχύρου που εξετάστηκαν.

4 Συζήτηση

Τόσο η ρόβη, όσο και τα ψυχανθή σε ευρύτερο πλαίσιο, αποτελούν καλή πηγή πρωτεΐνης και ενέργειας για ανθρώπινη και ζωική κατανάλωση, και η ένταξή τους στα πλαίσια της αειφόρου γεωργίας είναι υψίστης σημασίας (Byerlee & White 2000). Ωστόσο, η ένταξη αυτή απαιτεί την ανάπτυξη βελτιωμένων ποικιλιών, γιατί το σύστημα της αειφορικής γεωργίας έχει υψηλότερες ανάγκες σε άριστες και σταθερές αποδόσεις από ότι η συμβατική (Smithson & Lenne 1996). Ένας τρόπος για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων μπορεί να γίνει διαμέσου μιας πιο αποτελεσματικής εκμετάλλευσης του φαινομένου της ετέρωσης (Tester & Langridge 2010). Η εντομο-επαγόμενη σταυρεπικονίαση, ακόμα και σε αυτογονιμοποιούμενα είδη θεωρείται ένας καθοριστικός παράγοντας για την παραγωγή υβριδικών σπερμάτων με δυνατότητα υψηλών αποδόσεων (Suso et al. 2016). Η σταυρεπικονίαση μέσω εντόμων αποδείχθηκε ότι εκμεταλλεύεται σε μεγάλο βαθμό τα οφέλη της ετέρωσης στις αποδόσεις των ποικιλιών, ενώ αντίστοιχα έλλειψη εντόμων μπορεί να οδηγήσει σε ελαχιστοποίηση των αποδόσεων. Εν μέσω διαστήματος κρίσης επικονιαστών, για να μεγιστοποιηθεί η ζωική επικονίαση, χρειάζεται η εφαρμογή νέας αγρονομικής πρακτικής που να σέβεται την εντομοπανίδα του οικοσυστήματος, ενώ παράλληλα είναι αναγκαίο να συντηρούνται τα ημι-φυσικά περιβάλλοντα ενός αγροτικού τοπίου (Andersson et al. 2014; Nayak et al. 2015). Οι τοπικές ποικιλίες και τα ενδημικά είδη θεωρούνται τα πλέον κατάλληλα συστατικά για την σύνθεση ενός τοπίου αναγέννησης των επικονιαστών (USDA 2018).

Η ρόβη είναι ένα αρχαίο φυτό του οποίου η χρήση και η καλλιέργεια σύντομα ξεπεράστηκε από άλλα ψυχανθή των οποίων η αξιοποίηση ήταν πιο αποτελεσματική. Σήμερα η καλλιέργειά του περιορίζεται στις χώρες της Μεσογειακής λεκάνης, με επικρατούσα βιολογική μορφή, αυτήν της τοπικής ποικιλίας. Οι τοπικές ποικιλίες είναι εκ φύσεως ετερογενείς και οι χαρακτήρες τους εξελίσσονται σε συμφωνία με τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Suso et al. 2016). Ένα παράγοντας προβληματισμού όμως με τις τοπικές ποικιλίες και συγκεκριμένα για τη ρόβη, είναι ότι οι αποδόσεις τους, αν και σταθερές είναι πολύ χαμηλότερες σε σύγκριση με τις αποδόσεις μιας βελτιωμένης σειράς. Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες για την βελτίωση της ρόβης (Larbi et

al. 2011b), όπως και άλλων αρχαίων ξεπερασμένων ψυχανθών όπως το λαθούρι (Mikić et al. 2011). Εντούτοις, η χρήση των τοπικών ποικιλιών ψυχανθών έχει μεγάλη σημασία για τα συστήματα αειφορικής γεωργίας, κυρίως λόγω της ποικίλης προσαρμοστικότητάς τους και της κοινωνικο-οικονομικής τους αξίας (Negri et al. 2009; Uradhyaya et al. 2011), ενώ παράλληλα η αλληλεπίδρασή τους με τους επικονιαστές, μπορεί μέσω της αξιοποίησης της ετέρωσης να αυξήσει και να σταθεροποιήσει κι άλλο τις αποδόσεις τους (Weller & Ortega 2015; Suso et al. 2016). Η ρόβη, ως ένα φυτό με ιδιαίτερη προσαρμοστική ικανότητα και ενδιαφέρουσα θρεπτική σύσταση, μπορεί να καλλιεργηθεί επιτυχώς σε αειφορικά συστήματα γεωργίας, αλλά και σε ημι-φυσικά τοπία που έχουν ως στόχο την ενίσχυση της εντομοπανίδας των επικονιαστών, εφόσον έχει την ικανότητα να προσελκύσει τους επικονιαστές.

4.1 Μελέτη ανθικών χαρακτηριστικών ρόβης και επισκεψιμότητας των επικονιαστών

Οι αλληλεπιδράσεις φυτού-επικονιαστή, είναι εφικτό να βελτιστοποιηθούν μέσω βελτιωτικής στρατηγικής που επικεντρώνεται τόσο στις ανάγκες του εντόμου όσο και στην προοπτική της καλλιέργειας να ενισχυθούν οι αποδόσεις. Η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στην επιλογή και βελτίωση των χαρακτηριστικών του φυτού που αποτελούν παράγοντες προσέλκυσης των επικονιαστών κι επομένως θα αναπτυχθούν επιτυχείς αλληλεπιδράσεις που θα επιφέρουν τον επιθυμητό αντίκτυπο και στις δυο πλευρές (Palmer et al. 2009). Τα χαρακτηριστικά αυτά έχει αποδειχθεί ότι αφορούν κυρίως την *ανθική απεικόνιση* και τον *ανθικό σχεδιασμό*, όπως έχουν οριστεί και στην παρούσα μελέτη, αλλά και σε χημικούς παράγοντες, όπως τις πτητικές ουσίες (οσμή) και τη χημική σύσταση του νέκταρος (Barrett & Harder 1996; Goulson 1999; Chess et al. 2008; Suso et al. 2015). Στην περίπτωση της ρόβης, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της μελέτης, και θα αναλυθεί εκτενώς παρακάτω, το φυτό δύναται να προσελκύσει επικονιαστές, χάρις σε ορισμένα ανθικά χαρακτηριστικά που έχει φανεί ότι αποτελούν βασικούς παράγοντες προσέλκυσης. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς ρόβης ως προς τα περισσότερα από τα υπό μελέτη ανθικά χαρακτηριστικά, υποδηλώνουν μια ευρεία παραλλακτικότητα στους

πληθυσμούς αυτούς, χρήσιμη για τη μεταχείριση των χαρακτηριστικών αυτών και την ανάπτυξη υψηλοαποδοτικών ποικιλιών φιλικών προς τους επικονιαστές (Suso et al. 2016).

Στην παρούσα μελέτη, έγινε αξιολόγηση ορισμένων τοπικών ποικιλιών της ρόβης ως προς τα ανθικά χαρακτηριστικά της που αφορούν την φαινολογία, την ανθική απεικόνιση και τον σχεδιασμό των ανθέων της, και ως προς την επισκεψιμότητα των επικονιαστών. Έγινε ανάλυση συσχέτισης των ανθικών χαρακτήρων με την επισκεψιμότητα των εντόμων, ώστε να διαπιστωθεί ποιο/α χαρακτηριστικό/ά ενδεχομένως να συνέβαλαν περισσότερο στην ελκυστικότητα του φυτού. Έγινε επίσης προσπάθεια συσχέτισης ανάμεσα στην επισκεψιμότητα, τους ανθικούς χαρακτήρες και τα στοιχεία απόδοσης της ρόβης.

4.1.1 Ανθικά χαρακτηριστικά ρόβης

4.1.1.1 Ανθική φαινολογία

Οι υπό μελέτη τοπικοί πληθυσμοί της ρόβης έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ως προς όλους σχεδόν τους ανθικούς χαρακτήρες. Οι τιμές για την έναρξη της άνθησης (110,49-129,79 ημέρες) στην παρούσα μελέτη είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες παλαιότερων μελετών (Abbasi et al. 2007; Larbi et al. 2011; Fatehi et al. 2014) αλλά μικρότερες από την πιο πρόσφατη, των Seydoşoğlu et al. (Seydoşoğlu et al. 2015). Οι διαφορές στα αποτελέσματα πιθανώς να οφείλονται σε μεταβλητές όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες στις διαφορετικές εξεταζόμενες περιοχές, οι ποικιλίες και ο πειραματικός σχεδιασμός. Η διαφοροποίηση των τιμών της περιόδου έναρξης άνθησης που παρατηρείται στις διάφορες μελέτες πιθανόν αποτελεί μία ένδειξη για την ικανότητα της ρόβης να προσαρμόζεται σε ποικίλες αγρο-κλιματικές συνθήκες (Weller & Ortega 2015). Η δε διαφοροποίηση στη διάρκεια άνθησης, αντανακλάται από κλιματικές διαβαθμίσεις σε συνδυασμό με δυναμικές μεταβολές έκφρασης των γονιδίων που ελέγχουν την έναρξη άνθησης (Nagahama et al. 2018). Από τα αποτελέσματα μας παρατηρούμε ότι οι πληθυσμοί ERV35 και AUA2 παρουσίασαν πρόωμη άνθηση και τη μακρύτερη περίοδο άνθησης, ενώ οι ERV65 και AUA5 είχαν όψιμη άνθηση και τη βραχύτερη περίοδο άνθησης. Σύμφωνα με τον πίνακα χαρακτηρισμού ποικιλιών της ρόβης από τους Livanios et al. (2017), μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τους AUA2 και ERV35 ως πληθυσμούς

πρώιμης άνθησης και μέτριας διάρκειας άνθησης, ενώ τους ERV65 και AUA5 ως πληθυσμούς όψιμης άνθησης και μικρής διάρκειας άνθησης.

Η έναρξη της άνθησης έχει γενετικό υπόβαθρο, αλλά επηρεάζεται σημαντικά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Benlloch et al. 2015; Weller & Ortega 2015). Επειδή αποτελεί τη μετάβαση του φυτού από το βλαστητικό στο αναπαραγωγικό στάδιο, ο χρόνος έναρξης της άνθησης είναι καθοριστικός για την παραγωγικότητα και την προσαρμοστικότητα της ρόβης, καθώς επηρεάζονται εξίσου ο χρόνος ωρίμανσης και συγκομιδής όσο η απόδοση σε λοβό και σπόρο. Ως εκ τούτου, θεωρείται ένα πολύπλοκο ποσοτικό χαρακτηριστικό που ελέγχεται από πολλαπλά γονίδια (Upadhyaya et al. 2015). Στο μπιζέλι και στην σόγια, η έναρξη της άνθησης ελέγχεται από περίπου 20 γονίδια (Weller et al. 2009; Kim et al. 2012; Watanabe et al. 2012; Weller & Ortega 2015), ενώ σε βίγνα, κουκί και ρεβίθι, έχουν εντοπιστεί αντίστοιχα επτά, οχτώ και τέσσερα υπεύθυνα γονίδια ποσοτικών γνωρισμάτων (QTL) που έχουν προσφάτως συσχετιστεί με την έναρξη άνθησης (Ishiyaku et al. 2005; Gaur et al. 2015; Catt & Paull 2017; Ridge et al. 2017). Ο χειρισμός αυτών των φαινολογικών χαρακτήρων ήταν επιτυχής σε άλλα είδη φυτών όπως το *Campanulastrum americanum* (Galloway & Burgess 2009), την τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) (Weng et al. 2016), το κοινό φασόλι (*Phaseolus vulgaris* L.) (González et al. 2016), το μπιζέλι (*Pisum sativum* L.) και τη σόγια (*Glycine max* L.) (Benlloch et al. 2015; Weller & Ortega 2015). Η πρώιμη άνθηση φαίνεται να ελέγχεται από υπολειπόμενα γονίδια, όπως διαπιστώθηκε στο ρεβίθι (*Cicer arietinum* L.) (Ridge et al. 2017) και στην φακή (*Lens culinaris* Medik.) (Sarker et al. 1999). Ο επιτυχής έλεγχος του χαρακτηριστικού στο ρεβίθι οδήγησε στην ανάπτυξη υψηλοαποδοτικών ποικιλιών με πρώιμη άνθηση (Gaur et al. 2015). Η πρώιμηση της άνθησης και η βραχεία διάρκεια άνθησης έχουν πολλαπλά οφέλη, καθώς συμβάλει σε αύξηση των αποδόσεων και σε αποφυγή ζημιολόγων αβιοτικών και βιοτικών καταπονήσεων (Millán et al. 2015). Η γνώση όμως των γόνων/περιοχών που ελέγχουν την έναρξη της άνθησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πρόγραμμα ανάπτυξης ποικιλιών φιλικών προς τους επικονιαστές, ούτως ώστε η περίοδος άνθησής τους να συμπίπτει με την περίοδο πτήσης των επικονιαστών.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι η επίδραση του περιβαλλοντικού παράγοντα είναι τόσο καθοριστική, που μπορεί να μεταλλάξει την έκφραση ενός ποσοτικού γόνου που ελέγχει την έναρξη άνθησης. Σύμφωνα με τους Livanios et al. (2017), το υψόμετρο και το γεωγραφικό μήκος μπορεί να επηρεάσει την πρωιμότητα της άνθησης, ούτως

ώστε σε νότιες περιοχές οι ποικιλίες της ρόβης να εμφανίζουν πρόωμη άνθηση, σε σχέση με τις βόρειες περιοχές. Μια παρόμοια επιρροή έχει παρατηρηθεί και στο κοινό φασόλι, όπου η καλλιέργεια σε μεγαλύτερα υψόμετρα δύναται να επάγει πρωίμηση της άνθησης (Gepts & Debouck 1991).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η έναρξη άνθησης αποτελεί καθοριστική φάση που συντελεί στη μετάβαση του φυτού από το βλασθητικό στο αναπαραγωγικό στάδιο, μπορούμε να κατανοήσουμε τη σημασία που έχει η χρονική της τοποθέτηση στα διάφορα αναπτυξιακά γνωρίσματα του φυτού, όπως το χρόνο ωρίμανσης και την τελική απόδοση σε σπόρο ή λοβό (Uradhyaya et al. 2015). Στην περίπτωση της αλληλεπίδρασης του φυτού με επικονιαστές, η έναρξη άνθησης είναι επίσης καθοριστική καθώς συντονίζει τον συγχρονισμό της άνθησης με την περίοδο εμφάνισης και πτήσης του ενήλικου εντόμου. Στην παρούσα μελέτη, οι πληθυσμοί ERV35 και AUA2 άνθισαν νωρίτερα από τους υπόλοιπους πληθυσμούς και ως εκ τούτου, δεν παρατηρήθηκε καμία επίσκεψη στα άνθη τους από επικονιαστές, οι οποίοι, όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, εμφανίστηκαν μετά το ζενίθ της άνθησής τους. Έχει λοιπόν μεγάλη σημασία η δυνατότητα χειρισμού της έναρξης άνθησης, ώστε να συγχρονιστεί με το χρόνο πτήσης των υπό μελέτη επικονιαστών. Η γνώση του γενετικού υποβάθρου αυτής της φαινολογικής φάσης, είναι χρήσιμη για τον έλεγχο της έναρξης άνθησης, σε ένα πρόγραμμα ανάπτυξης αποδοτικών και φιλικών προς τους επικονιαστές ποικιλιών.

Τόσο η έναρξη άνθησης, όσο και η περίοδος πτήσης του ενήλικου επικονιαστή, επηρεάζονται σημαντικά από κλιματικές συνθήκες ιδίως τη θερμοκρασία (Forrest 2015; Morton & Rafferty 2017; Oleques et al. 2017). Η βροχόπτωση είναι επίσης επηρεάζει σημαντικά την αλληλεπίδραση φυτού-επικονιαστή και, όσον αφορά στην περιοχή της Μεσογείου, έχει θεωρηθεί από τους Petanidou et al. (2008) καθοριστικός παράγοντας της ποικιλότητας των ειδών επικονιαστών. Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι διαβαθμίσεις της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης καθορίζουν τη φαινολογία τόσο των φυτών όσο και των εντόμων-επισκεπτών τους. Ο έλεγχος της έναρξης άνθησης μπορεί να επιτευχθεί και με γεωργικές πρακτικές, όπως την ημερομηνία σποράς, με την οποία καθίσταται χειρίσιμος ο συγχρονισμός μεταξύ των δυο εν λόγω φαινολογικών περιόδων, συμβάλλοντας έτσι στη βελτιστοποίηση της σχέσης φυτού-επικονιαστή. Έχει αποδειχθεί σε πρόσφατη έρευνα, ότι διαφορετικές ημερομηνίες σποράς επέδρασαν σημαντικά στα ποσοστά επισκεψιμότητας των επικονιαστών (Kachhela 2017).

4.1.1.2 Ανθική απεικόνιση

Στο σύνολο των πληθυσμών, η ρόβη εμφάνισε το μεγαλύτερο αριθμό ανθέων και ανοιχτών ανθέων κατά την 5^η εβδομάδα των μετρήσεων (28 Απριλίου-5 Μαΐου) στους πληθυσμούς ERV65 και AUA5 με στατιστικά σημαντική διαφορά από τους υπόλοιπους πληθυσμούς. Η άνθηση για τους δύο πληθυσμούς ξεκίνησε κατά την 4^η εβδομάδα μετρήσεων (20 Απριλίου-28 Απριλίου), όπου ο ERV65 άρχισε ήδη να παρουσιάζει μεγάλο αριθμό ανθέων. Επίσης φαίνεται ότι παρά τη βραχεία διάρκεια άνθησής τους, παρουσίασαν το μεγαλύτερο ανθικό φορτίο (αριθμός ανθέων και ανοιχτών ανθέων ανά φυτό) ήδη από τις πρώτες μέρες άνθησής τους. Αντιθέτως, ο πληθυσμός ERV35 που άνθισε πρώτος (28 Μαρτίου) και είχε τη μεγαλύτερη διάρκεια άνθησης (27,80 ημέρες), ο μέγιστος μέσος αριθμός ανθέων (37,43 άνθη ανά φυτό) αναπτύχθηκε 2 εβδομάδες μετά την πρώτη τους εμφάνιση. Αντίστοιχα, ο ERV53 που είχε ενδιάμεση διάρκεια άνθησης, εμφάνισε μέτριο ανθικό φορτίο. Είναι εμφανές στα δεδομένα αυτά ένα μοτίβο αντιστρόφως ανάλογης σχέσης ανάμεσα στη διάρκεια άνθησης ενός πληθυσμού και στο σύνολο των ανθέων που θα αναπτύξει. Απόκλιση από μία τέτοια εκτίμηση φανερώνει ο πληθυσμός ERV45, ο οποίος ενώ στον Πίνακα 3.1 φαίνεται ότι έχει παρόμοια διάρκεια άνθησης (15,39 ημέρες) με των ERV65 και AUA5, εντούτοις ο μέγιστος αριθμός ανθέων είναι κοντά στα επίπεδα του ERV35 και όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3.2 εμφανίζει άνθη σε όλες τις εβδομάδες μετρήσεων. Αυτό οφείλεται στην ανομοιομορφη άνθηση ανάμεσα στα φυτά του πληθυσμού αυτού, καθώς ένας πολύ μικρός αριθμός φυτών άνθισε κατά τις πρώτες τρεις εβδομάδες μετρήσεων, με αποτέλεσμα να έχει διαμορφωθεί η έναρξη της άνθησης του ERV45 κοντά στα επίπεδα των ERV35 και AUA2. Η πλειονότητα των φυτών όμως του ERV45 άνθισε παράλληλα με τα φυτά των ERV65 και AUA5, αλλά με πολύ χαμηλότερο ανθικό φορτίο. Ωστόσο, σε γενικές γραμμές διαφαίνεται μια ένδειξη ότι η μακρά περίοδος άνθησης της ρόβης μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη περιορισμένου αριθμού ανθέων, ενώ πληθυσμοί με βραχεία περίοδο άνθησης μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη ενός μεγαλύτερου ανθικού φορτίου.

Τα γνωρίσματα της ανθικής απεικόνισης παρουσιάζουν παραλλακτικότητα που είναι τόσο ενδοπληθυσμιακή (ανάμεσα στα φυτά ενός γονοτύπου) όσο και διαπληθυσμιακή (ανάμεσα στους γονοτύπους) και επηρεάζεται έντονα από το περιβάλλον (Tambal et al. 2000). Ο αριθμός των ανθέων στους τοπικούς πληθυσμούς παρουσιάζει ένα μεγάλο εύρος τιμών που μπορεί να φτάσει κοντά στα 100 άνθη ανά φυτό. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στο μέγιστο αριθμό ανθέων του ρεβυθιού σε

βελτιωμένες ποικιλίες υψηλών αποδόσεων και φαίνεται να επηρεάζεται από την διάρκεια άνθησης (Turner 2003; Fang et al. 2009). Ο αριθμός των ανθέων είναι ποσοτικός χαρακτήρας που βρέθηκε να ελέγχεται από τρεις ποσοτικούς γόνους (QTL) στη σόγια (Zhang et al. 2010). Σε πιο πρόσφατη μελέτη, δυο ποσοτικοί γόνου συσχετίστηκαν με τον αριθμό των ανθέων ανά ταξιανθία στο ρεβίθι (Benlloch et al. 2015) και στο μπιζέλι (Sinjushin & Liberzon 2016), με επιστατική αλληλεπίδραση. Γονότυποι με κυρίαρχη μορφή των γόνων αναπτύσσουν ένα άνθος ανά ταξιανθία, ενώ με υπολειπόμενη μορφή του ενός ή του άλλου γόνου, αναπτύσσουν δύο, τρία ή πολλαπλά άνθη ανά ταξιανθία αντίστοιχα (Gaur & Gour 2002). Η επιρροή από το περιβάλλον είναι καθοριστική για τον βαθμό έκφρασης των γόνων αυτών, καθώς υποστηρίζεται ότι αυξημένη εδαφική υγρασία μπορεί να επάγει την ανάπτυξη διπλών ανθέων ανά ταξιανθία (Benlloch et al. 2015).

Τις πρωινές ώρες, τα πρώτα άνθη της ρόβης ανοίγουν στις 10 π.μ., ενώ περισσότερα άνθη ανοίγουν μέσα στις επόμενες ώρες, έως τις 3 μ.μ. όπου φτάνουν στο μέγιστο αριθμό μέχρι τις 5 μ.μ., όπου αρχίζουν να κλείνουν πάλι σταδιακά έως τις 7 μ.μ – 8 μ.μ.. Η ακριβής ώρα ανοίγματος και κλεισίματος των ανθέων ποικίλει από φυτό σε φυτό, από ποικιλία σε ποικιλία και από περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και οι συνθήκες σκίασης από τα γειτνιάζοντα δέντρα του αγρού. Παρόμοια πορεία ακολουθεί και το κουκί που το άνοιγμα των ανθέων ξεκινάει από τις 9 π.μ. και προχωράει σταδιακά έως τις 3 μ.μ. όπου φτάνουν στο μέγιστο έως τις 5 μ.μ. (De Pace et al. 1985). Ο αριθμός ανοιχτών ανθέων της ρόβης είναι στατιστικά, σημαντικά μεγαλύτερος τις μεσημεριανές ώρες από ότι τις πρωινές ώρες, όπως διαπιστώθηκε στην παρούσα μελέτη. Παρ' όλο που ο αριθμός ανοιχτών ανθέων διέφερε σημαντικά ανάμεσα στους πληθυσμούς, τις περισσότερες μέρες ο αριθμός αυτός ήταν σταθερά υψηλότερος τις μεσημεριανές από ότι τις πρωινές ώρες. Παρόμοια διαπίστωση έγινε και για το κουκί (De Pace et al. 1985). Άλλα είδη ψυχανθών όμως όπως η βίγνα (*Vigna unguiculata* L. Walp.) (Ige et al. 2011) και το φασόλι Ισπανίας (*Phaseolus coccineus* L.) (Koltowski 2004) ανοίγουν τα άνθη τους πολύ νωρίτερα (6 π.μ.) και έως τις 12 π.μ. είναι ήδη κλειστά. Κατά συνέπεια, τα περισσότερα άνθη των ειδών αυτών ανοίγουν πρωινές ώρες. Οι ώρες ανοίγματος των ανθέων και ο αριθμός τους παίζουν σημαντικό ρόλο για τη μελέτη των χαρακτήρων αυτών ως παράγοντες ελκυστικότητας των φυτών στους επικονιαστές, καθώς φυτά με περισσότερα διαθέσιμα (ανοιχτά) άνθη τις

μεσημεριανές ώρες είναι πιο πιθανό να προσελκύσουν επικονιαστές των οποίων η πτήση για εύρεση τροφής λαμβάνει χώρα τις ίδιες ώρες.

Τα ανοιχτά άνθη ορισμένων φυτών των πληθυσμών ERV35 και AUA2 εμφάνισαν τους στήμονες με το στύλο σε ευθυτενή στάση. Το φαινόμενο αυτό, αντιστοιχεί στο σύστημα πρωτογενούς παρουσίασης της γύρης (primary pollen presentation system), κατά το οποίο η γύρη εκτίθεται εκτός των ανθικών μερών, απευθείας από τους στήμονες (Erbar & Leins 2015). Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε μόνο σε μερικά φυτά των δυο εν λόγω πληθυσμών, κατά την 3^η εβδομάδα μετρήσεων, στο αποκορύφωμα της άνθησης των πληθυσμών αυτών. Εκτός από την πρωτογενή, υπάρχει και η δευτερογενής παρουσίαση της γύρης (secondary pollen presentation), κατά την οποία, μια ποσότητα γύρης εναποτίθεται στο μέσα άκρο της τρόπιδας, όσο το άνθος είναι ακόμα κλειστό, κι έπειτα προσκολλάται στο στύλο, ο οποίος μόλις ανοίξει το άνθος, εκτίθεται παρουσιάζοντας τη γύρη στο έξω περιβάλλον (Suso et al. 2015). Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε πολλά είδη ψυχανθών, ακόμα και του γένους *Vicia*. Παρ' όλο που δεν παρατηρήθηκε κάτι τέτοιο στη ρόβη, περαιτέρω έρευνα χρειάζεται ώστε να διαπιστωθεί η παρουσία αμφότερων των συστημάτων παρουσίασης γύρης στη ρόβη, ως χαρακτηριστικά προσέλκυσης επικονιαστών.

Το πιο κυρίαρχο χρώμα ανθέων στους υπό μελέτη πληθυσμούς της ρόβης είναι το λευκό με μωβ λωρίδες (45,32% όλων των φυτών) κι έπειτα το λευκό με ροζ λωρίδες (29,06% όλων των φυτών), ενώ τα λευκά άνθη χωρίς χρωματισμό εμφανίστηκαν με τη μικρότερη συχνότητα (4,4%). Το χρώμα του άνθους υπάγεται εξ' ολοκλήρου σε γενετικό έλεγχο (Barnes 1966). Στα ψυχανθή, η κληρονομικότητα του χρώματος του άνθους έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό, παρέχοντας πληροφορίες για την χρησιμότητα του χρώματος ως μορφολογικός χαρακτήρας σε βελτιωτικά προγράμματα, ή και ως παράγοντας ελκυστικότητας των επικονιαστών. Στη βίγνα, έχει αποδειχθεί ότι ο μωβ χρωματισμός είναι κυρίαρχος χαρακτήρας επί του λευκού χρωματισμού (Othman et al. 2006; Padi 2003; Sangwan & Lodhi 1998). Στο ρεβίθι, τα ροζ άνθη είναι κυρίαρχα επί των λευκών ανθέων (Kumar & Van Rheenen 2000; Atanasova & Mihov 2006; Hasan & Deb 2013), ενώ στην φακή και στο βίκο, ο λευκός και ο μωβ χρωματισμός ελέγχονται από δύο γόνους με συμπληρωματική και πλειοτροπική δράση αντίστοιχα (Wilson & Hudson 1978; Chowdhury et al. 2004). Από τις αναφορές αυτές, επιβεβαιώνεται ο ισχυρισμός ότι και στη ρόβη, ο μωβ χρωματισμός είναι κυρίαρχος επί του ροζ και του λευκού, τα οποία είναι

υπολειπόμενα χαρακτηριστικά. Προς το παρόν δεν υπάρχει διαθέσιμη αναφορά για το γενετικό υπόβαθρο και την κληρονομικότητα του χρώματος άνθους στη ρόβη. Ωστόσο, βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης, η παρουσία πολλών διαφορετικών τύπων χρώματος άνθους σε έναν πληθυσμό, όπως π.χ. στον AUA5, μπορεί έως ένα βαθμό να υποδηλώσει κάποιο επίπεδο σταυρογονιμοποίησης, όπως αποδείχθηκε και από τους Button et al. (2012) με θετική συσχέτιση μεταξύ της διαβάθμισης του χρώματος άνθους σε έναν πληθυσμό και της παρατηρούμενης σταυρογονιμοποίησης μεταξύ των πληθυσμών.

4.1.1.3 Ανθικός σχεδιασμός

Μεταξύ των χαρακτηριστικών ανθικού σχεδιασμού, το μήκος και πλάτος τρόπιδας που αντιστοιχούν στα γνωρίσματα *προσαρμογής με επικονιαστή* (κατά Cresswell 1998) εμφάνισαν σταθερότητα στους πληθυσμούς της ρόβης, ενώ γνωρίσματα που αντιστοιχούν στην *επίδειξη* και το *θηλυκό μέρος* του άνθους διαφοροποιήθηκαν μεταξύ των πληθυσμών. Τα άνθη του ERV65 είχαν τις μεγαλύτερες διαστάσεις, ενώ τα άνθη των AUA5 και AUA2 είχαν τις μικρότερες. Ο πληθυσμός ERV53 παρουσίασε τις αμέσως επόμενες μεγαλύτερες διαστάσεις άνθους μετά τον ERV65.

Οι ανθικές διαστάσεις και ο σχεδιασμός ελέγχονται από δύο μηχανισμούς ανεξάρτητους μεταξύ τους, εκ των οποίων ο ένας ελέγχει την αρχιτεκτονική του άνθους και τον αριθμό των μερών του, ενώ ο άλλος ελέγχει το μέγεθος των ανθικών μερών (Weiss et al. 2005). Η διαπληθυσμιακή παραλλακτικότητα στις διαστάσεις όλων σχεδόν των ανθικών μερών, εκτός από τη ρόβη έχει παρατηρηθεί και στη σόγια (Koti et al. 2004) και στο κουκί (Suso et al. 2005). Οι διαστάσεις των μερών του άνθους ελέγχονται γενετικά και συνήθως μελετώνται στα πλαίσια του αναπαραγωγικού συστήματος του φυτού, λόγω της συνεξέλιξης που υποστηρίζεται να είχε ο ανθικός σχεδιασμός με τους επικονιαστές (Weiss et al. 2005). Αποτελεί λοιπόν σημαντικό χαρακτήρα στα πλαίσια της μελέτης αλληλεπίδρασης φυτού-επικονιαστή, μετέχοντας σε σημαντικό βαθμό στην διαμόρφωση των κριτηρίων του εντόμου για την επιλογή των κατάλληλων ανθέων για εύρεση τροφής.

Έχει υποστηριχθεί ότι υπάρχει θετική συσχέτιση ανάμεσα στις διαβαθμίσεις του μεγέθους με τα διάφορα παρατηρούμενα επίπεδα σταυρογονιμοποίησης (Goodwillie & Ness 2005; Tomimatsu & Ohara 2006), γεγονός που αποδείχθηκε αργότερα με τη χρήση μοριακών δεικτών (Button et al. 2012). Πρόσφατες μελέτες σε

φυτικά είδη όπου, το αναπαραγωγικό σύστημα εκτιμήθηκε ποσοτικά με τη χρήση δεικτών γονιδιακής φύσεως, υποστηρίζουν την συσχέτιση ανάμεσα στον τύπο αναπαραγωγής (αυτο- ή σταυρο-γονιμοποίηση) και στα χαρακτηριστικά προσέλκυσης επικονιαστών, ιδίως όταν πρόκειται για το μέγεθος και τον αριθμό των ανθέων (Goodwillie et al. 2010). Τα χαρακτηριστικά αυτά (μέγεθος, χρώμα, αριθμός) επιφέρουν ενεργειακό κόστος για το φυτό, επομένως η επένδυση ή μη στην προσέλκυση των επικονιαστών, υποδηλώνει και το αναπαραγωγικό σύστημα που υποστηρίζει το φυτικό είδος (Button et al. 2012).

4.1.2 Επισκεψιμότητα επικονιαστών

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα άνθη της ρόβης μπορούν να δεχτούν επισκέψεις από επικονιαστές, συγκεκριμένα μέλισσες (τάξη: Υμενόπτερα) και πεταλούδες (τάξη: Λεπιδόπτερα). Αξίζει να σημειωθεί όμως, ότι τα μόνα είδη μελισσών που καταγράφηκαν ανήκουν στην κατηγορία των μοναχικών μελισσών και συγκεκριμένα στο γένος *Megachile* (Οικ.: Megachilidae) και *Andrena* (Οικ.: Andrenidae). Από τις πεταλούδες, καταγράφηκαν δύο είδη του γένους *Pieris* (Οικ.: Pieridae).

Το γένος *Megachile* περιλαμβάνει κοσμοπολίτικα είδη μοναχικών μελισσών, στα οποία αποδίδεται η κοινή αγγλική ονομασία “leafcutter bee” (μέλισσα φυλλοκόπτης), γιατί κόβουν και μασούν κομμάτια από φύλλα και πέταλα για να χτίσουν τα κελιά τους. Είναι ένα από τα μεγαλύτερα γένη μελισσών, αριθμώντας περίπου 1500 είδη (Wedmann et al. 2009). Από τα είδη αυτά, το πιο ευρέως μελετημένο είναι το *Megachile rotundata* (alfalfa leafcutter bee) που είναι διαχειριζόμενο είδος μέλισσας για την επικονίαση των καλλιεργειών (Pitts-Singer & Cane 2011). Τα είδη του γένους *Megachile* είναι επιλεκτικά ως προς τα είδη φυτών που θα επισκεφθούν (MacIvor 2016) για εύρεση είτε τροφής είτε πρώτης ύλης για κατασκευή της φωλιάς τους. Τα είδη ψυχανθών είναι μερικά από τα πλέον προτιμώμενα είδη, για τα οποία οι μέλισσες αυτές θεωρούνται οι πιο σημαντικοί επισκέπτες και συχνά αποκλειστικοί επικονιαστές των ανθέων τους (Sinu & Bronstein, 2018). Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται αυτοφυή στην Ελλάδα είδη όπως η ονοβρυχίδα (*Onobrychis viciifolia* Scop.) (Müller et al. 2006) και σημαντικές καλλιέργειες, όπως για παράδειγμα το κουκί, το ρεβίθι, η μηδική, το τριφύλλι και η φακή (Pitts-Singer & Cane 2011; Zheng-Hong et al. 2012; Haider et al. 2013). Οι

προτιμήσεις του πλέον εξεταζόμενου είδους *M. rotundata*, τόσο για τροφή όσο και για κατασκευή φωλιάς σε ένα φυσικό οικοσύστημα, κυμαίνονται σχεδόν αποκλειστικά σε είδη της οικογένειας Fabaceae (Horne 1995a, 1995b). Το γένος *Andrena* περιλαμβάνει επίσης παγκοσμίως εξαπλωμένα είδη μελισσών που ονομάζονται κοινώς “mining bees” (μέλισσες υπονομευτές) στα αγγλικά, λόγω των υπόγειων κελιών που κατασκευάζουν κάτω από το έδαφος. Τα είδη αυτά στο σύνολό τους τρέφονται από τη γύρη πολλών διαφορετικών φυτικών ειδών, ενώ οι προτιμήσεις σε συγκεκριμένες ομάδες πιθανότατα εξαρτώνται από το είδος της μέλισσας, την περιοχή στην οποία βρίσκονται και τους διαθέσιμους φυτικούς πόρους της περιοχής (Bischoff, 2003; Wray et al. 2014).

Τα δύο είδη του γένους *Megachile* που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη, έδειξαν ιδιαίτερη προτίμηση στα άνθη της ρόβης σε σχέση με τα γεινιάζοντα ανθισμένα ζιζάνια πέριξ του αγρού, ενώ το είδος *Andrena* επισκέφθηκε λίγες φορές τη ρόβη καθώς προτιμούσε τα άνθη των ζιζανίων, κυρίως του χαμομηλιού. Βάσει κλειδών αναφοράς, εκτιμάται ότι τα τρία αυτά είδη επικονιαστών είναι τα *Megachile parietina*, *Megachile ericetorum* και *Andrena flavipes*, των οποίων οι πληθυσμοί έχουν καταγραφεί στην Ελλάδα (Ascher & Pickering, 2018). Το *M. ericetorum* έχει αναφερθεί ως oligολεκτικό (ολιγότροπο), που οι προτιμήσεις τους περιορίζονται στα είδη ψυχανθών (Fabaceae), με καταγεγραμμένες θετικές επισκέψεις σε *Lotus* και *Lathyrus* (Westrich 1989; Westerkamp & Weber 1999; Sheffield et al. 2010). Το *M. parietina*, έχει ευρεία εξάπλωση σε κεντρική Ευρώπη, από όπου είναι και η καταγωγή του (Müller et al. 2006). Οι προτιμήσεις του έχουν επίσης καταγραφεί σε άνθη ψυχανθών, καταλαμβάνοντας το 44% των επισκέψεών του (Rasmont et al. 2005). Καταγεγραμμένες επισκέψεις έχουν επίσης αναφερθεί από τους Müller et al. (1997) στην ονοβρυχίδα, είδος ψυχανθούς μεγάλης σημασίας για τις απαιτήσεις τροφής και κελιών των μελισσών αυτών. Το *M. parietina* είναι ένα από τα είδη μοναχικών μελισσών που έχουν υποστεί σημαντική μείωση του πληθυσμού τους τις τελευταίες δεκαετίες, κυρίως λόγω της εντατικοποίησης των καλλιεργειών και της μείωσης των ειδικών για αυτές φυτικών πόρων που είναι απαραίτητοι για την επιβίωσή τους (Müller et al. 2006; Le Féon et al. 2013). Το *Andrena flavipes* έχει θεωρηθεί πολυελεκτικός (πολύτροπος) επισκέπτης μετά από καταγραφές επισκέψεων σε ένα ευρύ φάσμα οικογενειών όπως Asteraceae (*Crepis capillaris*, *Centaurea stoebe*), Fabaceae (*Gleditsia triacanthos*) και Brassicaceae (*Berteroa incana*), Lamiaceae και Apiaceae (Beil et al. 2008; Zantigiacomo et al. 2014).

Όσον αφορά τις Πιερίδες πεταλούδες, αξίζει να σημειωθεί ότι παρ' όλο που ήταν παρούσες στον αγρό σχεδόν καθ' όλη τη διάρκεια άνθησης της ρόβης, έδειχναν προτίμηση στα άνθη των γειτνιαζόντων ζιζανίων, χωρίς να επισκέπτονται τα άνθη της ρόβης, μέχρι τα τέλη Απριλίου, που παρουσιάστηκαν οι μοναχικές μέλισσες. Έκτοτε και μέχρι το τέλος της άνθησης, οι επισκέψεις τους ήταν τακτικές σε όλους τους πληθυσμούς της ρόβης, χωρίς να είναι εμφανής κάποια προτίμηση. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι τα είδη *Pieris* επηρεάζονται από το χρώμα και την οσμή των ανθέων (Honda et al. 1998). Συγκεκριμένα, η Πιερίδα των γογγυλίων (*Pieris rapae*) προτιμούν τα μωβ ή ροζ και κίτρινα άνθη (Omura et al. 1999; Yurtsever et al. 2010), τα οποία μπορούν να διακρίνουν μέσω της όρασης και της οσμής (Hirota et al. 2012). Άλλο κριτήριο επιλογής είναι η ποιότητα του νέκταρος (Alm et al. 1990), το οποίο μπορούν να συσχετίσουν με το χρώμα του άνθους (Goulson & Cory 1993; Weiss & Lamont 1997). Επίσης, έχει αναφερθεί ότι έχουν την ικανότητα να απομνημονεύουν τα άνθη που επισκέπτονται, παρουσιάζοντας έτσι μια τακτικότητα κατά την αναζήτηση της τροφής τους (Lewis, 1986; Kandori & Ohsaki 1998). Στο παρόν πείραμα, είναι πιθανό οι πληθυσμοί που άνθισαν από την 4^η εβδομάδα μετρήσεων, να προσέλκυσαν τα δύο είδη *Pieris*, όπως προσέλκυσαν και τις μοναχικές μέλισσες. Βάσει του αριθμού επισκέψεών τους, φαίνεται να δείχνουν προτίμηση σε πληθυσμούς στους οποίους κυριαρχούν τα λευκά-μωβ και λευκά άνθη. Τα δεδομένα όμως δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν μια τέτοια εκτίμηση, επομένως δεν διαφαίνεται κάποια προτίμηση σε κάποιον από τους πληθυσμούς της ρόβης και άρα ούτε σε κάποιο χρώμα άνθους.

Καθ' όλη την διάρκεια άνθησης των πληθυσμών της ρόβης, δεν παρατηρήθηκε καμία επίσκεψη από μελιτοφόρες μέλισσες, βομβίνους ή τα είδη ξυλοκόπων, παρ' όλο που ήταν παρόντα στον αγρό, με έντονη δραστηριότητα στα ζιζάνια πέριξ του αγρού. Είτε οι τροφικές ανάγκες τους καλύπτονταν από τα άνθη των ζιζανίων, είτε δεν προσελκύονταν από τα άνθη της ρόβης προς επίσκεψη. Πιθανότατα τα άνθη της ρόβης είτε ήταν πολύ μικρά, για την εφικτή προσγείωση του ξυλοκόπου (*Xylocopa violacea*) και των βομβίνων (*Bombus sp.*) στην τρόπιδα, είτε δεν έδιναν κάποιο ερέθισμα στις μελιτοφόρες μέλισσες (*Apis mellifera*) ώστε να τα επισκεφθούν. Οι ακριβείς λόγοι για την συμπεριφορά αυτή θα πρέπει να διερευνηθούν με ενδελεχή ανάλυση της δομής του άνθους της ρόβης και την επί τούτου συσχέτισή της με τις επισκέψεις και την δραστηριότητα των εν λόγω μελισσών. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η ανθική απεικόνιση και το χρώμα

είναι βασικά κριτήρια επιλογής των μελισσών, με την ανθική απεικόνιση όμως να ασκεί μεγαλύτερη βαρύτητα (Kudo & Harder 2005; Bauer et al. 2017). Σχετικά με το μέγεθος του άνθους, έχει κατά καιρούς υποστηριχθεί ότι οι *A. mellifera* τείνουν να επισκέπτονται περισσότερο ευμεγέθη άνθη (Duffield et al. 1993; Martin 2004; Parachnowitsch & Kessler 2010; González et al. 2016) και να αποφεύγουν άνθη διαμέτρου μικρότερης των 12 χιλ. (Galen & Newport 1987). Στην περίπτωση των ανθέων της ρόβης, των οποίων οι διαστάσεις του πέτασους δεν ξεπερνούσαν τα 5,6 (πλάτος) με 7 χιλ. (μήκος) (ERV65), ενώ οι διαστάσεις της τρόπιδας δεν ξεπερνούσαν τα 6 χιλ., μπορούμε να υποθέσουμε ότι το μικρό αυτό μέγεθος να επηρέασε αρνητικά τις προτιμήσεις των μελισσών. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι οι μελιτοφόρες μέλισσες αποφεύγουν γενικά άνθη μορφολογίας που αντιστοιχεί στην οικογένεια Fabaceae, καθώς από μηχανικής άποψης υστερούν φυσικώς της δύναμης να ανοίξουν τα πέταλα, ώστε να αποκτήσουν πρόσβαση στο νέκταρ ή στη γύρη του άνθους, συγκριτικά με άλλα είδη μελισσών (Westerkamp 1997). Η δύναμη αυτή, εξαρτάται από το μέγεθος του εντόμου, αλλά και από το είδος, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι ακόμα και Μεγάχειλα είδη μικρότερου μεγέθους των *A. mellifera* έχουν μεγαλύτερη δύναμη και αποτελεσματικότητα να ανοίξουν άνθος μορφολογίας Fabaceae (Córdoba & Cocucci 2011).

Ορισμένοι ερευνητές συμφωνούν ότι μελιτοφόρες μέλισσες και βομβίνοι επισκέπτονται περισσότερο τα μωβ άνθη, παρά τα λευκά η κίτρινα άνθη (Reverté et al. 2016; Bauer et al. 2017). Παλαιότερα ευρήματα του Leleji (1972) συμφωνούν ότι οι βομβίνοι ανταποκρίνονται περισσότερο στο μωβ χρώμα, δεν ίσχυε όμως το ίδιο και για τις μέλισσες που παρατηρήθηκε ότι επισκέπτονταν περισσότερο λευκά άνθη. Από τα ευρήματα αυτά, φαίνεται ότι ο παράγοντας το χρώματος άνθους παίζει μεν ρόλο, αλλά σε συνέργεια με την ανθική απεικόνιση, την ποιότητα του νέκταρ (Pierre et al. 1996) και της γύρης (Russell et al. 2016), τις πτητικές ουσίες (Raguso 2009) και πολλούς άλλους παράγοντες, των οποίων τη φύση και τον βαθμό συμβολής δεν γνωρίζουμε ακόμα με ακρίβεια.

Οι πρώτες επισκέψεις των μοναχικών μελισσών του γένους *Megachile* καταγράφηκαν την ημέρα της πρώτης παρατηρούμενης εμφάνισής τους, δηλαδή στις 20 Απριλίου (4^η εβδομάδα μετρήσεων). Οι επισκέψεις δεν ήταν ίδιες για όλους τους πληθυσμούς της ρόβης, μάλιστα οι δύο πληθυσμοί που άνθισαν νωρίτερα από τους υπόλοιπους (AUA2 και ERV35) δεν δέχτηκαν καμία επίσκεψη. Πιθανότατα την περίοδο πρώτης εμφάνισης των επικονιαστών, οι ERV35 και AUA2 παρ' όλο που

ήταν ακόμη ανθισμένοι, είχαν ήδη περάσει από την κορύφωση της άνθησής τους και τα άνθη τους είχαν ήδη αρχίσει να λιγοστεύουν. Έχει υποστηριχθεί από αρκετές μελέτες, ότι σε είδη με μακρά περίοδο άνθησης, τα άνθη που αναπτύσσονται μετά το αποκορύφωμα της άνθησης, τείνουν να είναι λιγότερο δεκτικά κι έχουν λιγότερες πιθανότητες να δεχτούν επισκέψεις (Elberling 2001; Forrest & Thomson 2011; Rodríguez-Pérez & Traveset 2016).

Σε πρόσφατη μελέτη στο εξαρτώμενο από επικονιαστές είδος *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cas., όπου ημερομηνίες σποράς, προσαρμοσμένες ώστε η άνθησή του να συγχρονιστεί με την περίοδο πτήσης των επικονιαστών, οδήγησε σε πολύ αυξημένη επισκεπτικότητα και αυξημένες τελικές αποδόσεις (Kachhela 2017). Στην περίπτωση των δυο πληθυσμών της ρόβης, μια σχετικά όψιμη σπορά, μπορεί να συμβάλει στο συγχρονισμό μεταξύ των δυο εν λόγω φαινολογικών περιόδων φυτού και επικονιαστών. Στο παρόν πείραμα, τα δυο είδη *Megachile* παρουσιάστηκαν στον αγρό από τέλη Απριλίου. Ωστόσο η ακριβής χρονική στιγμή εμφάνισης των ενηλίκων ενδέχεται να διαφέρει αναλόγως περιοχής ή χρονιάς, βάσει περιβαλλοντικών συνθηκών (Morton & Rafferty 2017). Είναι αναγκαία λοιπόν η γνώση περαιτέρω δεδομένων που αφορούν το βιολογικό κύκλο του εκάστοτε είδους επικονιαστή σε μια δεδομένη περιοχή, για την επιλογή της καταλληλότερης ημερομηνίας σποράς. Η Ελλάδα, σύμφωνα με τους Petanidou et al. (2013) έχει πλούσια ποικιλότητα όσον αφορά τα είδη των μελισσών, με πρόσφατες καταγραφές να δηλώνουν 262 είδη για το νομό Αττικής και 550 είδη μόνο για νησί της Λέσβου. Παρ' όλα αυτά, όπως υποστηρίζουν οι ίδιοι ερευνητές, οι αποτιμήσεις αυτές δεν μπορούν ακόμα να συνθέσουν μια πραγματική εικόνα της πληθυσμιακής ποικιλομορφίας των επικονιαστών στη χώρα μας, λόγω ελλειπούς διαθεσιμότητας των κατάλληλων ταξονομικών δεδομένων.

Στην παρούσα μελέτη, κάθε είδος επικονιαστή έδειξε προτιμήσεις σε συγκεκριμένους πληθυσμούς. Η πιο σημαντική διαφοροποίηση εντοπίστηκε στον αριθμό επισκέψεων του *Megachile parietina* που ήταν ο κύριος επικονιαστής των φυτών της ρόβης και φανέρωσε προτιμήσεις στον ERV53 καθώς και του *Megachile ericetorum* που προτίμησε μόνο τα άνθη του ERV65. Η διαφοροποιημένη αλληλεπίδραση των φυτών της ρόβης με τους επικονιαστές, πιθανότατα οφείλεται στις έντονες διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους πληθυσμούς ως προς τα υπό μελέτη ανθικά χαρακτηριστικά. Η παρατήρηση αυτή έχει γίνει και από παλαιότερες και πρόσφατες μελέτες, σύμφωνα με τις οποίες, η αλληλεπίδραση φυτού-επικονιαστή

διαφέρει αναλόγως ποικιλίας σε διάφορα είδη (Suso et al. 2001; Horneburg 2006; Garratt et al. 2014; Klatt et al. 2014 Cerrutti & Pontet 2016; Carruthers et al. 2017) όπως το πεπόνι (Kiill et al. 2012, 2016), το μύρτιλο (Courcelles et al. 2013), τον ηλίανθο (Cerrutti & Pontet 2016) και τη φακελωτή (Eckhart 1991).

Μεταξύ των πληθυσμών, ο ERV65 δέχτηκε τις περισσότερες επισκέψεις και είχε το μεγαλύτερο αριθμό ανοιχτών ανθέων μαζί με τον AUA5. Η αλληλεπίδραση της ανθικής απεικόνισης της ρόβης με την επισκεψιμότητα των επικονιαστών φαίνεται από τις θετικές συσχετίσεις που βρέθηκαν ανάμεσα στα ανοιχτά άνθη των πληθυσμών και την δραστηριότητα των επικονιαστών. Η αλληλεπίδραση αυτή αποδεικνύεται στατιστικά με τους υψηλούς και στατιστικά σημαντικούς συντελεστές συσχέτισης για τον αριθμό ανοιχτών ανθέων με την δραστηριότητα και την αφθονία των ειδών των επικονιαστών. Η θετική συσχέτιση μεταξύ δραστηριότητας επικονιαστών και ανθικής απεικόνισης υποστηρίχθηκε και από παλαιότερες μελέτες όπου φυτικά είδη με μεγαλύτερη ανθική απεικόνιση δέχονταν περισσότερες επισκέψεις από βομβίνους (Kudo & Harder 2005) και μέλισσες (Ohashi & Yahara 2001). Στο κουκί επίσης, βρέθηκε ότι ο μεγαλύτερος αριθμός επισκέψεων απ' τις μέλισσες σε μια ποικιλία, συσχετίζεται θετικά με το μεγαλύτερο αριθμό διαθέσιμων (ανοιχτών) ανθέων της (Suso et al. 2001). Απ' την άλλη, ο AUA5 που είχε επίσης υψηλό αριθμό ανοιχτών ανθέων στα ίδια επίπεδα με του ERV65, εντούτοις δεν δέχτηκε τόσες επισκέψεις, με αποτέλεσμα το μη σημαντικό και χαμηλό συντελεστή συσχέτισης ανάμεσα στα ανοιχτά άνθη και την δραστηριότητα των εντόμων. Η υψηλή συσχέτιση των ανοιχτών ανθέων του AUA5 με την αφθονία των επικονιαστών όμως είναι σημαντική και εξηγείται από τα υψηλά επίπεδα ανθικής απεικόνισης του πληθυσμού. Οι υπόλοιποι πληθυσμοί (ERV45 και ERV53), παρ' όλο που δέχτηκαν περισσότερες επισκέψεις από τον AUA5, είχαν χαμηλούς συντελεστές συσχέτισης, λόγω της μικρότερης ανθικής απεικόνισης που παρουσίασαν. Φαίνεται λοιπόν, ότι ο αριθμός ανοιχτών ανθέων αποτελεί παράγοντα-κλειδί για την προσέλκυση των επικονιαστών, αλλά η επίδρασή του ενδεχομένως να συμπληρώνεται και από άλλους παράγοντες, όπως το μέγεθος, το χρώμα και άλλες παραμέτρους (σύσταση νέκταρος) που δεν μελετήθηκαν στο παρόν πείραμα.

Οι πληθυσμοί ERV65 και ERV53 που δέχτηκαν τις περισσότερες επισκέψεις από τα δυο είδη *Megachile*, είχαν τα πιο ευμεγέθη άνθη. Η υψηλή θετική συσχέτιση που βρέθηκε ανάμεσα στις διαστάσεις των ανθέων της ρόβης και τη δραστηριότητα των επικονιαστών, επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι μεγαλύτερες διαστάσεις ανθέων

τείνουν να προσελκύουν περισσότερους επικονιαστές (Weiss et al. 2005). Μας δίνουν επίσης την πληροφορία ότι το μέγεθος του άνθους είναι ένας επίσης σημαντικός χαρακτήρας στην αλληλεπίδραση φυτού – επικονιαστή. Για τα άνθη του γένους *Vicia*, έχει βρεθεί ότι το μέγεθος του άνθους είναι ένας καλός δείκτης παραγωγής γύρης ή νέκταρος (Ortega-Olivencia et al. 1997) και οι μέλισσες έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να εντοπίζουν και να επιλέγουν τα άνθη με τις καλύτερες παροχές ανταμοιβής, παραβλέποντας μάλιστα σε κάποια είδη, αν παρουσιάζουν περισσότερα ή λιγότερα άνθη (Brunet et al. 2015). Επίσης, τόσο η ανθική απεικόνιση όσο και ο σχεδιασμός, έχουν συσχετιστεί θετικά με τα εντομο – επαγόμενα αυξημένα επίπεδα σταυρεπικονίασης στα φυτά (Goodwillie et al. 2010). Στη φακή, ποικιλίες με τα υψηλότερα επίπεδα σταυρεπικονίασης είχαν και μεγαλύτερα άνθη (Hornburg 2006).

Σχετικά με το χρώμα άνθους, δεν θα ήταν εύκολο να βασίσουμε τις εκτιμήσεις μας για την προτίμηση των επικονιαστών σε συγκεκριμένο χρώμα, βάσει των πληθυσμών που δέχτηκαν τις περισσότερες επισκέψεις, καθώς θα ήταν εκτιμήσεις χαμηλής αξιοπιστίας. Ο κύριος λόγος είναι η μεγάλη ποικιλομορφία εντός και ανάμεσα στους πληθυσμούς, που καθιστά δύσκολη τη διεξαγωγή ενός έγκυρου συμπεράσματος για τον βαθμό επιρροής του στις επιλογές των παρατηρούμενων επικονιαστών. Εξάλλου, το επικρατέστερο χρώμα τόσο στους ERV65, ERV53 όσο και στο σύνολο των πληθυσμών ήταν το λευκό-μωβ. Βάσει της πληροφορίας αυτής μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι το χρώμα αυτό δεν μπορεί να επηρέασε αρνητικά τις προτιμήσεις των μοναχικών μελισσών και των πεταλούδων που επισκέφτηκαν τα άνθη της ρόβης. Παλαιότερες μελέτες αναφέρουν ότι μέλισσες του γένους *Megachile* προτιμούν τα μωβ από τα κίτρινα άνθη (Pecetti & Proietti 2003), αλλά πιο πρόσφατη αναφορά υποστηρίζει ότι ο αριθμός ανθέων ασκεί βαρύτερη από ότι το χρώμα του άνθους (Bauer et al. 2017). Για άλλα είδη μοναχικών μελισσών όμως, όπως του γένους *Osmia*, έχει αναφερθεί ότι συσχετίζουν το χρώμα του άνθους με την ποσότητα ενέργειας που θα λάβουν από την τροφή που θα τους προσφέρει το άνθος παρουσιάζοντας κατά συνέπεια τη σχετική τακτικότητα στις επισκέψεις τους (Amaya-Márquez et al. 2008). Επιπλέον, η ύπαρξη λωρίδων στα πέταλα των ανθέων της ρόβης θεωρείται ένα επιπλέον ευνοϊκό χαρακτηριστικό για την προσέλκυση των μελισσών, που έχει υποστηριχθεί ότι τις προτιμούν, λόγω της χρησιμότητάς τους ως οδηγοί νέκταρος (Delgado-Salinas et al. 2011; Whitney et al. 2013; Suso et al. 2015). Συνιστάται ωστόσο από πρόσφατες αναφορές, να εκτιμούνται οι προτιμήσεις των επικονιαστών στο χρώμα, σε συνδυασμό με άλλα χαρακτηριστικά, καθώς το χρώμα

μόνο του δεν επαρκεί για να υποστηρίξει τα κριτήρια επιτυχούς αλληλεπίδρασης φυτού-επικονιαστή (Reverté et al. 2016; Bauer et al. 2017).

Όπως δείχνει η εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με τα κριτήρια επιλογής των επικονιαστών, κάποιοι παράγοντες ασκούν μεγαλύτερη βαρύτητα από κάποιους άλλους και αυτό υπό ειδική κάθε φορά συνθήκη. Με άλλα λόγια, μπορούμε μόνο κατά προσέγγιση να εκτιμήσουμε σε ένα γενικότερο πλαίσιο ποια μπορεί να είναι τα κριτήρια του φυτού που θα επηρεάσουν την συμπεριφορά του επικονιαστή σε μια δεδομένη περιοχή και χρονική στιγμή. Για την ακριβή διατύπωση όμως των παραγόντων και του βαθμού επιρροής τους στην επικονιαστική συμπεριφορά του εντόμου, χρειάζεται να γίνει επί τούτου μελέτη σε συγκεκριμένα είδη εντόμων για συγκεκριμένες ποικιλίες των υπό μελέτη ειδών και υπό ποικίλες ελεγχόμενες συνθήκες, προς διευκόλυνση της καθαρότητας των παρατηρήσεων.

Είναι ξεκάθαρο πάντως από τα αποτελέσματα της μελέτης ότι οι δυο προτιμώμενοι πληθυσμοί ERV65 και ERV53 είχαν τα πιο ευμεγέθη άνθη και ο πρώτος τα περισσότερα. Οι θετικές συσχετίσεις των δυο ανθικών χαρακτηριστικών με τη δραστηριότητα των επικονιαστών επιβεβαιώνουν την σχέση αυτή. Είναι πιθανό, κάποιος ή και οι δυο από τους πληθυσμούς αυτούς να διαθέτουν επιπλέον πόρους αμοιβής (γύρη ή νέκταρ) που να επηρεάζουν την συμπεριφορά των εντόμων (Suso et al. 2001; Russell et al. 2016). Καθώς ο ανθικός σχεδιασμός και η ανθική απεικόνιση θεωρούνται λοιπόν δυο βασικοί, με υψηλή παραλλακτικότητα παράγοντες προσέλκυσης των επικονιαστών, έχει κατά καιρούς υποστηριχθεί η θεωρία ότι η επιλεκτικότητά τους ως προς τα συγκεκριμένα ανθικά χαρακτηριστικά έχει καθορίσει την εξελικτικότητά τους σε μακροεξελικτική χρονική κλίμακα (Barrett & Harder 1996; Ashman & Morgan 2004; Fenster et al. 2004; Harder & Johnson 2009).

4.1.3 Χαρακτήρες απόδοσης

Οι διαπληθυσμιακές διαφορές στους χαρακτήρες απόδοσης της ρόβης, έχουν παρατηρηθεί και σε πρόσφατες μελέτες (Berger et al. 2002; Abbasi et al. 2007; Fatehi et al. 2014; Seydoşoğlu et al. 2015) και οι τιμές της παρούσας έρευνας διαφέρουν από τις αντίστοιχες που έχουν δημοσιευθεί. Ο αριθμός λοβών ανά φυτό (10,04 – 56,64) είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο που αναφέρεται από τους Abbasi et al. (2007), αλλά μεγαλύτερος από τον παρατηρούμενο από τους Fatehi et al. (2014) και στα ίδια επίπεδα με τις παρατηρήσεις των Seydoşoğlu et al. (2015). Οι τιμές για το βάρος 100

σπερμάτων (3,05 – 3,93 gr) είναι χαμηλότερες από τις τιμές που παρουσιάζονται σε όλες τις σχετικές μελέτες (Aletor et al. 1994; Berger et al. 2002; Abbasi et al. 2007; Fatehi et al. 2014; Seydoşođlu et al. 2015). Ο αριθμός σπερμάτων ανά λοβό (1,78 – 4,04) παρουσιάζει μεγαλύτερη ποικιλομορφία στην παρούσα μελέτη και είναι σε υψηλότερα επίπεδα από ότι στις παρατηρήσεις των Fatehi et al. (2014) και Seydoşođlu et al. (2015). Το μήκος λοβού (10,44 – 18,36 mm) είναι μικρότερο από το μέσο όρο που παρουσιάζουν οι Fatehi et al. (2014) και Berger et al. (2002). Σύμφωνα με τους πίνακες κατάταξης των τοπικών πληθυσμών της ρόβης των Livanios et al. (2017), οι πληθυσμοί της παρούσας μελέτης, βάσει των χαρακτήρων απόδοσης χαρακτηρίζονται από μικρό αριθμό λοβών ανά φυτό, μικρό βάρος σπόρου, μέτριο αριθμό σπερμάτων ανά λοβό και μικρό αριθμό σπερμάτων ανά φυτό (23,72 – 146,31).

Οι χαμηλές αποδόσεις είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό των τοπικών ποικιλιών τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη (Casañas et al. 2017), όπως η φακή (Mikić & Mihailović 2014), το μαυρομάτικο φασόλι (Freitas et al. 2016) και άλλα ψυχανθή (Chibarabada et al. 2017). Οι κύριοι λόγοι για τις χαμηλές αποδόσεις είναι γενετικοί και αγρονομικοί. Μία τοπική ποικιλία για να ανταποκριθεί επαρκώς στις αντίξοες συνθήκες του τόπου όπου καλλιεργείται, επιστρατεύει της αντοχές στις βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, πολλές φορές εις βάρος των τελικών αποδόσεων της σε σπόρο. Στο ρεβίθι έχει αποδειχθεί ότι οι πιο ανθεκτικές στην ξηρασία τοπικές ποικιλίες είχαν χαμηλότερη απόδοση σε σπόρο (Anbessa & Bejiga 2002). Επιπλέον, η παραδοσιακή γεωργική πρακτική που εφαρμόζεται από τους αγρότες του τόπου όπου καλλιεργούνται οι τοπικοί πληθυσμοί, δεν είναι αρκετή και δεν υπάρχει επιστημονική γνώση για την στοχοποίηση αυξημένων αποδόσεων (Fasoula & Tokatlidis 2012; Chibarabada et al. 2017). Τα προγράμματα βελτίωσης πρέπει να στοχεύουν στην ενίσχυση των αποδόσεων των τοπικών ποικιλιών, χωρίς να επηρεαστούν αρνητικά η σταθερότητα της απόδοσης, η ανθεκτικότητα σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις και η ευρεία προσαρμοστικότητά τους. Η διαδικασία αυτή δεν είναι απλή, αλλά είναι υψίστης σημασίας που δεν πρέπει να παραβλέπεται (Fasoula & Tokatlidis 2012; Duc et al. 2015). Ωστόσο, σε πολλές χώρες, όπως το Ιράν, η διασταύρωση βελτιωμένων ποικιλιών ρεβυθιού με τοπικές ποικιλίες ήταν επιτυχής και ενίσχυσε τους χαρακτήρες απόδοσης όπως τον αριθμό λοβών και σπερμάτων ανά φυτό (Naghavi & Jahansouz 2005). Μια τέτοια διασταύρωση, μπορεί να βελτιώσει και άλλα μορφολογικά και

φαινολογικά χαρακτηριστικά όπως το μέγεθος των σπερμάτων και τον αριθμό ημερών για άνθηση (Farshadfar & Farshadfar 2008).

4.1.3.1 Συσχέτιση χαρακτηριστικών απόδοσης με την επισκευσιμότητα των επικονιαστών

Βάσει των αποτελεσμάτων ανάλυσης συσχέτισης, τουλάχιστον ένας από τους πληθυσμούς της ρόβης φαίνεται να ανταποκρίνονται θετικά στις επισκέψεις των επικονιαστών, ως προς την απόδοση. Από τους τέσσερις πληθυσμούς που δέχτηκαν επισκέψεις, ο ERV53 ήταν ο μόνος που έδειξε θετικές συσχετίσεις με τους επικονιαστές, για τέσσερα από τα πέντε χαρακτηριστικά απόδοσης που μελετήθηκαν (βάρος σπόρου, αριθμός λοβών ανά φυτό, αριθμός σπερμάτων ανά φυτό, μήκος λοβού). Ο πληθυσμός αυτός είχε δεχτεί τις περισσότερες επισκέψεις από τη μέλισσα *Megachile parietina*. Τα δεδομένα της παρούσας ανάλυσης δεν επαρκούν ώστε να υποστηριχθεί αξιόπιστα η με οποιονδήποτε τρόπο επιρροή της επισκευσιμότητας επικονιαστών στην απόδοση της ρόβης, ωστόσο αποτελούν μια πρώτη εκτίμηση της μεταξύ τους σχέσης, και του γεγονότος ότι διαφορετικά είδη επικονιαστών επιφέρουν διαφορετικά οφέλη στις τελικές αποδόσεις μιας καλλιέργειας. Για τη μηδική (*Medicago sativa* L.), δυο είδη μοναχικών μελισσών (*Halictus rubicundus* Christ, 1791 και *Andrena asteris* Robertson, 1891) είναι υπεύθυνα για την αποτελεσματική γονιμοποίηση των ανθέων και την ενίσχυση των αποδόσεων (Brunet & Stewart 2010). Κατά συνέπεια, όπως έδειξαν και οι Hoehn et al. (2008) στην κολοκύθα, σε καλλιέργειες με υψηλή ενδο- και διαπληθυσμιακή παραλλακτικότητα στα ανθικά χαρακτηριστικά, η αυξημένη ποικιλότητα ειδών επικονιαστών σε ένα περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυση των αποδόσεών τους, λόγω των διαφορετικών ανθικών προτιμήσεων ανάμεσα στους επικονιαστές, καθώς και του διαφορετικού ταιριάσματός τους με τα άνθη.

Η αφθονία και η δραστηριότητα των επικονιαστών συσχετίστηκαν θετικά με τον αριθμό λοβών ανά φυτό των πληθυσμών AUA5, ERV53 και ERV45 και με τον αριθμό σπερμάτων ανά φυτό των και ERV53 και το μήκος λοβού των ERV45 και ERV53. Ο AUA5 δέχτηκε λιγότερες επισκέψεις από τα καταγεγραμμένα είδη επικονιαστών, αλλά παράλληλα και οι αποδόσεις του ήταν χαμηλές, γι' αυτό και οι συντελεστές συσχέτισης ήταν χαμηλοί. Στον ERV65, τα περισσότερα χαρακτηριστικά (αριθμός λοβών ανά φυτό, αριθμός σπερμάτων ανά φυτό, αριθμός

σπερμάτων ανά λοβό, μήκος λοβού) συσχετίστηκαν αρνητικά με την δραστηριότητα των επικονιαστών, εκτός από το βάρος 100 σπόρων που παρουσίασε υψηλή αλλά μη σημαντική συσχέτιση. Τα αποτελέσματα αυτά αν και διαφέρουν από μια αναμενόμενη θετική συσχέτιση στην περίπτωση του ERV65 που δέχτηκε τις περισσότερες επισκέψεις από το σύνολο των επικονιαστών, μπορούν εν μέρει να αποδοθούν στις μέτριες τελικές αποδόσεις που οφείλονται στις απώλειες που παρατηρήθηκαν από πουλιά.

Παρ' όλες τις έντονες διαφοροποιήσεις στην ανταπόκριση του κάθε πληθυσμού στη δραστηριότητα των επικονιαστών ως προς τα στοιχεία απόδοσης, παρατηρούμε με σαφήνεια ότι το βάρος 100 σπερμάτων ήταν ο μόνος χαρακτήρας που σχετίστηκε θετικά με την δραστηριότητα των επικονιαστών σε όλους τους υπό μελέτη πληθυσμούς. Θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε και στην ελαιοκράμβη, με αύξηση του βάρους σπόρου κατά 18% (Bommarco et al. 2012) καθώς και σε σησάμι και βαμβάκι (Stein et al. 2017), αλλά όχι στη σόγια, όπου παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση (Chiari et al. 2005). Απ' την άλλη, η θετική επιρροή των επικονιαστών ήταν εμφανής στον αριθμό σπερμάτων και λοβών ανά φυτό σε τοπικές ποικιλίες μαυρομάτικου φασολιού (Fohouo et al. 2014) και κουκιού (Somerville 1999; Suso et al. 2005). Στην παρούσα μελέτη, τα αποτελέσματα της ανάλυσης μας δίνουν μια πρώτη εκτίμηση για τη σχέση της δραστηριότητας των επικονιαστών στην απόδοση της ρόβης και δεν μπορούν να θεωρηθούν ως ενδεικτικά, καθώς προϋποθέτουν πιο εξειδικευμένο και επί τούτου πειραματικό σχεδιασμό.

4.1.3.2 Συσχέτιση χαρακτηριστικών απόδοσης με τα ανθικά χαρακτηριστικά

Η στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό σπερμάτων ανά φυτό και το μήκος λοβού, παρατηρήθηκε στη ρόβη και από τους Abbasi et al. (2007). Επιπλέον, οι σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα σε αριθμό σπερμάτων ανά λοβό και αριθμό λοβών ανά φυτό ρόβης, καθώς και ανάμεσα στον αριθμό σπερμάτων ανά φυτό, τον αριθμό λοβών ανά φυτό και τον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό ρόβης, παρατηρήθηκαν και στο ρεβίθι (Güler et al. 2001) και στην φακή με τη διαφορά ότι οι συσχετίσεις ήταν αρνητικές (Tambal et al. 2000). Επιπλέον, στη φακή και στο λαθούρι, παρατηρείται υψηλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ βάρους 100 σπερμάτων και αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (Tambal et al. 2000; De La Rosa & Martín 2001). Στη ρόβη, η συσχέτιση αυτή παρατηρείται μόνο σε μερικούς πληθυσμούς (AUA5,

ERV35 και *ERV45*), είναι υψηλή μόνο σε έναν (*ERV35*), αλλά οι συντελεστές δεν είναι στατιστικά σημαντικοί.

Στο σύνολο των πληθυσμών, οι χαρακτήρες απόδοσης παρουσίασαν σημαντικές συσχετίσεις με τους χαρακτήρες σχεδιασμού και φαινολογίας της ρόβης. Η θετική συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό και το μήκος ωοθήκης έχει επίσης παρατηρηθεί στο κουκί (Suso et al. 2005). Επιπλέον, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, το μήκος της ωοθήκης ασκεί μια θετική επίδραση και στο μήκος λοβό, ενώ το βάρος 100 σπερμάτων και ο αριθμός λοβών ανά φυτό φαίνονται υψηλότερα σε φυτά με άνθη που είχαν μεγαλύτερο πλάτος πέτασου και τρόπιδας αντίστοιχα. Στο κουκί, βρέθηκε ότι μεγαλύτερος αριθμός λοβών ανά φυτό πρόκυπτε από φυτά με μακρύτερο πέτασο άνθους και μεγαλύτερο μήκος ωοθήκης, ενώ άνθη με μεγαλύτερο πλάτος τρόπιδας είχαν υψηλότερη απόδοση σε σπόρο ανά λοβό (Suso et al. 2005).

Το μήκος λοβών συσχετίστηκε θετικά με την διάρκεια άνθησης και αρνητικά με την έναρξη και το τέλος της άνθησης. Η αρνητική συσχέτιση όλων των χαρακτήρων απόδοσης με την έναρξη της άνθησης διαπιστώνεται και από πρόσφατες μελέτες στη ρόβη ως προς την απόδοση σε σπόρο (Berger et al. 2002; Larbi et al. 2010), καθώς και στην φακή (Tambal et al. 2000). Όπως αναφέρουν οι Fang et al. (2010), το μέγεθος του σπόρου τείνει να μειώνεται σε όψιμες ποικιλίες, σε σχέση με τις πρώιμες. Αντιθέτως, στο κουκί, η έναρξη της άνθησης επηρέασε θετικά τις αποδόσεις σε σπόρο (Suso et al. 2005). Οι συντελεστές συσχέτισης δεν είναι στατιστικά σημαντικοί για τον αριθμό σπερμάτων ανά λοβό και φυτό, πιθανότατα λόγω των απωλειών που προαναφέρθηκαν στις αποδόσεις και του κατά συνέπεια μικρότερου αριθμού παρατηρήσεων των χαρακτήρων αποδόσεων από ότι των χαρακτήρων φαινολογίας στο σύνολο των πληθυσμών της ρόβης. Εντούτοις, το αρνητικό πρόσημο της συσχέτισης αποτελεί ένδειξη της αντιστρόφως ανάλογης επίδρασης που ασκεί το φαινολογικό στάδιο της άνθησης στις τελικές αποδόσεις. Το στάδιο της άνθησης είναι ιδιαίτερα κρίσιμο κυρίως γιατί καθιστά τα φυτά πιο ευαίσθητα σε περιβαλλοντικές καταπονήσεις, ενώ η διάρκεια που θα έχει καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την τελική απόδοση (Dybing 1994). Όσο νωρίτερα μεταβεί το φυτό στο αναπαραγωγικό στάδιο, τόσο περισσότερες πιθανότητες έχει να είναι πιο παραγωγικό. Είναι λοιπόν δυνατό σε προγράμματα βελτίωσης, να γίνει επιλογή βάσει ανθικών χαρακτήρων με σκοπό την αύξηση της απόδοσης, αλλά (Suso et al. 2005).

Οι τελικές αποδόσεις των περισσότερων πληθυσμών της ρόβης είχαν αρνητική συσχέτιση με το σύνολο ανοιχτών ανθέων, εκτός από το βάρος 100 σπερμάτων. Σημαντική εξαίρεση αποτελεί ο *ERV45* που το σύνολο ανοιχτών ανθέων του είχε υψηλό θετικό συντελεστή συσχέτισης με τον αριθμό λοβών και σπερμάτων ανά φυτό, το μήκος λοβών και το βάρος 100 σπερμάτων. Ο αριθμός σπερμάτων ανά λοβό είχε υψηλή συσχέτιση με τα ανοιχτά άνθη όλων των πληθυσμών, αλλά μόνο στον *ERV65* ήταν αρνητική και στατιστικά σημαντική. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν αντίστοιχα και στο κουκί (Suso et al. 2005), όπου το σύνολο ανοιχτών ανθέων σχετίστηκε αρνητικά με τον αριθμό λοβών ανά φυτό. Από τα αποτελέσματα μπορεί να διεξαχθεί το συμπέρασμα ότι η παραγωγή πλούσιου ανθικού φορτίου δεν οδηγεί απαραίτητα σε υψηλή παραγωγή σπόρου, λόγω του ποσοστού των ανθέων που εντέλει δεν καρποδένει. Έχει αποδειχθεί ότι στα ψυχανθή που παράγουν ταξιανθίες με το πολύ τρία άνθη, το ένα στα τρία άνθη δεν καρποδένει (Srinivasan et al. 2006). Αναλογικά, όσο περισσότερα άνθη παράγονται ανά ταξιανθία, τόσο περισσότερα δεν θα δέσουν καρπό (Benlloch et al. 2015). Απ' την άλλη, η ανάπτυξη διπλών ταξιανθιών μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερες αποδόσεις, ή σε βελτίωση της σταθερότητας αποδόσεων, όπως παρατηρήθηκε στο ρεβίθι (Kumar et al. 2000; Rubio et al. 2004). Σε ορισμένες περιπτώσεις, έχει αποδειχθεί ότι ο αριθμός ταξιανθιών επηρεάζει με πιο άμεσο τρόπο την τελική απόδοση (Suso et al., 2005; Kahlon et al. 2011), που σημαίνει ότι ως προς την ανθική απεικόνιση του φυτού, η επιλογή για μεγαλύτερο αριθμό ταξιανθιών, αντί για αριθμό ανθέων είναι πιο αποτελεσματική για την βελτίωση των τελικών αποδόσεων (Suso et al. 2005; Benlloch et al. 2015). Ωστόσο, το γενετικό υπόβαθρο ελέγχου του αριθμού ταξιανθιών για τα ψυχανθή δεν έχει έως τώρα ταυτοποιηθεί (Benlloch et al. 2015).

4.2 Μελέτη θρεπτικών στοιχείων της ρόβης

4.2.1 Μεταλλικά στοιχεία των σπερμάτων

Η ζωοτροφές που είναι βασισμένες στα κτηνοτροφικά ψυχανθή, είναι καλές πηγές ασβεστίου, φωσφόρου, σιδήρου και χαλκού (Hadjipanayiotou & Economides, 2001). Το περιεχόμενο των σπερμάτων της ρόβης σε μεταλλικά στοιχεία, έχει αναλυθεί στις μελέτες των Sadeghi et al. (2008), των Angeles-Garcia et al. (1992) και των

Hadjiranayiotou & Economides (2001) . Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές, τα σπέρματα της ρόβης είναι πλούσια πηγή των μεταλλικών στοιχείων Fe, Cu, K, P και Cl, ενώ η αναλογία Ca/P είναι μόλις της τάξεως του 50%. Συγκριτικά με το σογιάλευρο, το περιεχόμενο των σπερμάτων της ρόβης σε μεταλλικά στοιχεία έχει αναφερθεί ως υψηλότερο, με εξαίρεση τα ασβέστιο, φωσφόρο και μαγνήσιο (Sadeghi et al. 2008).

Στην παρούσα μελέτη, όπου προσδιορίστηκαν τα στοιχεία K, Na, P, Mg, Ca και Zn, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους πληθυσμούς (εκτός από το Mg), αλλά και διαφορές με τις παλαιότερες αναφορές. Τα επίπεδα συγκέντρωσης Ψευδαργύρου (6,67 mg/100 gr) είναι χαμηλότερα από αυτά που παρατηρήθηκαν από τους Sadeghi et al. (2008), αλλά είναι υψηλότερα από τα αντίστοιχα που έχουν αναφερθεί σε φακή (Hefnawy, 2011; Karaköy et al., 2012; Shahwar et al. 2017), ρεβίθι (Hadjiranayiotou & Economides, 2001; Jukanti et al. 2012), λαθούρι (Chowdhury et al., 2005), μπιζέλι (Hanbury et al., 2000), κουκί και σόγια (Hadjiranayiotou & Economides 2001). Από τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται ότι σε γενικές γραμμές η ρόβη είναι πράγματι καλή πηγή ψευδαργύρου, ένα χαρακτηριστικό που είναι καλό να λαμβάνεται υπόψη τόσο στην συμμετοχή της στα σιτηρέσια των ζώων, όσο και σε βελτιωτικά προγράμματα. Το περιεχόμενο του σιτηρεσίου των αγροτικών ζώων σε ψευδάργυρο κυμαίνεται πό 50 έως 100 mg/kg, αναλόγως είδους και τύπου του ζώου (Kirchgesner et al. 1993b). Όπως αναφέρθηκε στο Εισαγωγικό κεφάλαιο, οι ανάγκες καλύπτονται κυρίως με τη χρήση ισοροπιστών. Η αλόγιστη χρήση τους όμως προκαλεί ανησυχίες για τον αντίκτυπο στο περιβάλλον και στην υγεία των ζώων, επομένως γίνεται προσπάθεια εύρεσης φυσικών πόρων διαθέσιμου Zn (Brugger & Windisch, 2016).

Το μέσο περιεχόμενο των υπό μελέτη πληθυσμών σε Μαγνήσιο (11,29 mg/100 gr) και Ασβέστιο (23,12 mg/100 gr) ήταν αρκετά χαμηλότερο σε σύγκριση με τις τιμές που έχουν αναφερθεί τόσο στη ρόβη (Sadeghi et al. 2008) όσο και στα υπόλοιπα ψυχανθή που προαναφέρθηκαν. Εξαιρέσεις παρουσιάζουν οι πληθυσμοί ERV15 και ERV18 στις συγκεντρώσεις του ασβεστίου (53 mg/100 gr και 48 mg/100 gr αντίστοιχα), που πλησιάζουν τα επίπεδα που έχουν αναφερθεί στη φακή (Shawhar et al. 2017), ενώ η συγκέντρωση του πληθυσμού AUA3 (113 mg/100 gr) είναι σχεδόν διπλάσια από όλων των υπολοίπων πληθυσμών και υψηλότερη από τις δημοσιευμένες τιμές για φακή (Hefnawy 2011; Karakoy et al. 2012; Shawhar et al. 2017) και μπιζέλι (Hadjiranayiotou & Economides 2001; Hanbury et al. 2000). Η παρατηρούμενη παραλλακτικότητα ανάμεσα στους πληθυσμούς της ρόβης ως προς την

περιεκτικότητα σε ασβέστιο είναι χρήσιμη για πιθανή επιλογή ως προς τον χαρακτήρα αυτό.

Από τις συγκεντρώσεις Φωσφόρου και Καλίου φαίνεται ότι η ρόβη είναι επίσης καλή πηγή για τα δύο στοιχεία, με μέσους όρους 0,19 και 0,93 gr/100 gr σπερμάτων αντίστοιχα. Τα επίπεδα Φωσφόρου είναι χαμηλότερα από το μέσο όρο που αναφέρουν οι Sadeghi et al. (2008), αλλά στα ίδια περίπου επίπεδα με τα αντίστοιχα των Hadjipanayiotou, Economides, & Koumas, (1985). Οι παρατηρούμενες συγκεντρώσεις φωσφόρου για τη ρόβη είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των υπολοίπων οσπρίων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η αναλογία Ca:P όμως, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις στους πληθυσμούς της ρόβης με τιμές που φτάνουν έως και 0,67 για τον AUA3, δηλαδή πάνω από 50%. Η αναλογία αυτή έχει παρατηρηθεί και από τους Sadeghi et al. (2008) και Hadjipanayiotou et al. (1985), αλλά όχι από τους Angeles-Garcia et al. (1992). Τα δύο αυτά στοιχεία παίζουν πολύ σημαντικό στην ανάπτυξη και υγεία των ζώων, και η αναλογία Ca:P είναι ορισμένες φορές πιο σημαντική από τη σύσταση του φυτού στα επιμέρους στοιχεία, γιατί μπορεί να επηρεάσει την διαθεσιμότητα, απορρόφηση και αξιοποίησή τους (Albu, Pop, & Radu-Rusu, 2012). Ανάλογα με το είδος και τύπο ζώου, η ιδανική αναλογία πρέπει να κυμαίνεται από 1:1 έως 2:2 (D. A. Miller & Reetz-Jr, 1995) με άριστο το 2:1 (K. Kumar & Soni, 2014). Υψηλές αναλογίες έχουν παρατηρηθεί συχνά σε είδη ψυχανθών, που μπορούν να ξεπεράσουν το 2 (Grzegorzczak et al., 2017), που είναι ιδανικό για γαλακτοπαραγωγή ζώα (NRC 2001).

Η συγκέντρωση Καλίου σε γενικές γραμμές είναι σε υψηλά επίπεδα, αν και χαμηλότερα από τα παρατηρούμενα των Sadeghi et al. (2008) για τη ρόβη. Ωστόσο είναι στα ίδια επίπεδα με την φακή (Hefnawy 2011; Shawhar et al. 2017), το μπιζέλι (Hanbury et al. 2000), το ρεβίθι το βίκο και το κουκί (Hadjipanayiotou & Economides 2001). Η συνιστώμενη ποσότητα K για τα ζώα είναι κατά μέσο όρο το 0,65%, ενώ για γαλακτοπαραγωγή ζώα πρέπει να είναι υψηλότερο, έως τα 1,9% (NRC 2001). Ως προς το Νάτριο, τα σπέρματα των πληθυσμών της ρόβης έχουν χαμηλή περιεκτικότητα (μέσο όρο 0,04 gr/100 gr) σε φυσιολογικά πλαίσια, που είναι εφάμιλλα των υπολοίπων ψυχανθών που έχουν αναφερθεί παραπάνω.

4.2.2 Χημική ανάλυση των σπερμάτων

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της πρωτεΐνης του σπόρου, έδειξαν ότι ο μέσος όρος όλων των πληθυσμών ρόβης ήταν 19,02%Ξ.Ο., με μέγιστη περιεκτικότητα το 23,31% για τον ERV9. Η περιεκτικότητα αυτή ξεπερνάει τα επίπεδα που έχουν δημοσιευθεί για τη ρόβη σε παλαιότερες μελέτες (López-Bellido 1994; Arabi 1997; Tabatabei et al. 2000; Hassan-nejad 2003), αλλά είναι χαμηλότερη συγκριτικά με άλλες αναφορές (Hadjipanayiotou et al. 1985; Aletor et al. 1994; Farran et al. 2001b; Sadeghi et al. 2008; Larbi et al. 2010). Τα επίπεδα της πρωτεΐνης στους υπό της παρούσας μελέτης πληθυσμούς ρόβης παρουσιάζονται χαμηλότερα συγκριτικά με αντίστοιχα επίπεδα των ειδών ψυχανθών που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους με τη σχετική προαναφερθείσα βιβλιογραφία.

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι συγκεντρώσεις αυτές αντιστοιχούν στις ολικές αζωτούχες ουσίες των σπερμάτων ρόβης, που κατά προσέγγιση εκφράζουν τις αζωτούχες ουσίες πρωτεϊνικής φύσεως. Επομένως, στην περίπτωση που υπάρχουν μη πρωτεϊνικής φύσεως αζωτούχες ουσίες σε υψηλές ποσότητες, όπως η καναβανίνη στους σπόρους της ρόβης (Sadeghi et al., 2008), τότε τα πραγματικά επίπεδα της πρωτεΐνης ενδέχεται να είναι χαμηλότερα. Ως εκ τούτου, καθίσταται αναγκαία η χρήση τους σε μελλοντικές αναλύσεις για προσδιορισμό αζωτούχων ουσιών τόσο πρωτεϊνικής όσο και μη πρωτεϊνικής φύσεως, όπως η καναβανίνη ώστε να προκύψει η πραγματική περιεκτικότητα των σπερμάτων σε πρωτεΐνη. Οι παρατηρούμενες στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους υπό μελέτη πληθυσμούς μαρτυρούν μια ενδοειδική παραλλακτικότητα που χρειάζεται να μελετηθεί περαιτέρω για την εξακρίβωση παραγόντων γενετικής και περιβαλλοντικής φύσεως που ενδεχομένως να την επηρεάζουν.

Η ξηρά ουσία και η τέφρα των σπερμάτων, με μέσους όρους 88,20% και 2,71% αντίστοιχα, είναι χαμηλότερες από τους μέσους όρους που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για τη ρόβη (Hadjipanayiotou et al. 1985; Aletor et al. 1994; López-Bellido, 1994; Arabi, 1997; Tabatabei et al., 2000; Farran et al. 2001b; Hassan-nejad 2003; Sadeghi et al. 2008; Larbi et al. 2010). Η διαφοροποίηση αυτή παρατηρείται και σε μία αναφορά για την φακή, όπου η ξηρά ουσία και η τέφρα είναι στα ίδια περίπου επίπεδα (Shawhar et al. 2017), και στο λαθούρι με παρόμοια συγκέντρωση τέφρας (Hanbury et al. 2000). Ωστόσο, να σημειωθεί ότι το εύρος συγκεντρώσεων σε ξηρά ουσία και τέφρα (87,16% (AUA10) – 93,79% (AUA7) και 2,21% (ERV21) – 3,37% (PI206489)), φτάνει τιμές εφάμιλλες με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας για τη

ρόβη. Οι διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα παρόντα ευρήματα και τις αναφορές της βιβλιογραφίας, μπορούν να αποδοθούν στις διαφορετικές ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν και στις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες υπό τις οποίες αναπτύχθηκαν.

4.2.3 Χημική ανάλυση του άχυρου

Τα υπολείμματα μιας καλλιέργειας, αποτελούνται από στοιχειώδη ποσότητα βιομάζας, η οποία λίγες φορές βρίσκει κάποια μορφή εναλλακτικής χρήσης. Το άχυρο είναι το κύριο υποπροϊόν που παράγεται σε μεγάλες ποσότητες παγκοσμίως, λαμβάνοντας υπόψη το εύρος των εκτάσεων που καταλαμβάνουν τα σιτηρά (Flachowsky, Kamra, & Zadrazil, 1999) και τα ψυχανθή ιδίως στη Μεσογειακή λεκάνη (López et al., 2005). Τις τελευταίες δεκαετίες, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ενθαρρύνει την καλλιέργεια ψυχανθών, στα πλαίσια της αειφορικής γεωργίας, με απώτερο σκοπό την απαλλαγή της εξάρτησής της από την εισαγόμενη εκ Η.Π.Α. σόγιας (López et al., 2005). Επιπλέον, οι αγρότες ενθαρρύνονται να αξιοποιούν το άχυρο από τις καλλιέργειες τόσο των σιτηρών όσο και των ψυχανθών, αντί της καύσης, που επιφέρει οικονομική και περιβαλλοντική επιβάρυνση. Συνήθως, χρησιμοποιείται ως χλωρά λίπανση, με ενσωμάτωση των υπολειμμάτων στο έδαφος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην ζωική παραγωγή, είτε ως στρωμή είτε ως τροφή. Το άχυρο, ιδίως των σιτηρών, ως τροφή δεν αρκεί για να καλύψει τις θρεπτικές απαιτήσεις των ζώων, λόγω της χαμηλής πεπτικότητας, ενεργειακής και πρωτεϊνικής αξίας του. Υπό τις κατάλληλες περιπτώσεις όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως συμπλήρωμα, ιδίως σε σιτηρέσια μηρυκαστικών που είναι ελλειμματικά σε σανό. Λόγω της χαμηλής θρεπτικής τους αξίας, συγκριτικά με του σανού ή άλλων ζωοτροφών, η χρήση των άχυρων συνήθως παραβλέπεται. Καθώς όμως απαντούν σε μεγάλες ποσότητες και είναι αναγκαία η εύρεση τρόπων χρήσης τους, χρειάζεται να γίνει εκτενής ανάλυση ως προς το θρεπτικό τους περιεχόμενο. Το άχυρο των σιτηρών έχει μελετηθεί πολύ περισσότερο από ότι των ψυχανθών, με αποτέλεσμα να μην είναι διαθέσιμη αρκετή πληροφορία για το θρεπτικό περιεχόμενο των δεύτερων (Givens et al. 1989; López et al., 2005; Ørskov et al. 1990).

Το άχυρο των έξι υπό μελέτη πληθυσμών της ρόβης είχε κατά μέσο όρο 7,33% πρωτεΐνη. Η τιμή αυτή στα ίδια επίπεδα με τις δημοσιευμένες τιμές των Hadjiranayiotou et al. (1985) για τη ρόβη και το βίκο, αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα

από πιο πρόσφατες δημοσιεύσεις για τη ρόβη (López et al. 2005; Larbi et al. 2010). Ωστόσο, υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στους πληθυσμούς και έτσι η μέση πρωτεΐνη του αχύρου των AUA5 και ERV53 ήταν 9,44% και 9,84% αντίστοιχα, ξεπερνώντας τους μέσους όρους των López et al. (2005) και Larbi et al. (2010). Δεδομένων των μικρότερων συγκεντρώσεων σε πρωτεΐνη του αχύρου άλλων ψυχανθών, όπως του ρεβιθιού (Hadjipanayiotou et al., 1985; Kafilzadeh & Maleki, 2012; López et al., 2005), του μπιζελιού (López et al. 2005) και του βίκου (Badrzadeh et al. 2008; Hadjipanayiotou et al., 1985; López et al., 2005), το άχυρο της ρόβης φαίνεται να έχει καλή πρωτεϊνική αξία, που θα μπορούσε να είναι συγκρίσιμη με την αξία του αχύρου της φακής που θεωρείται σε γενικές γραμμές πολύ υψηλή (Erskine et al. 1990; López et al., 2005; Mudgal et al. 2018), εφάμιλλη με του σανού μηδικής (Haddad & Husein, 2001).

Η ξηρά ουσία (94,29%) και η τέφρα (10,82%), απαντούν επίσης σε υψηλά επίπεδα, που είναι παρόμοια με τα αντίστοιχα που είχαν παρατηρήσει οι Hadjipanayiotou et al. (1985) για τη ρόβη, και υψηλότερα από του ρεβιθιού (Hadjipanayiotou et al. 1985), του βίκου (Fortina et al., 2015) και της φακής (Abbeddou et al., 2011) για την ξηρά ουσία. Το περιεχόμενο του αχύρου σε ινώδεις ουσίες (CF) (35,96%) και στα κλάσματα των κυτταρικών τοιχωμάτων NDF (52.63%) και ADF (39,02%), είναι μεγαλύτερα από τους μέσους όρους που αναφέρονται στην βιβλιογραφία για τη ρόβη (Hadjipanayiotou et al. 1985; Larbi et al. 2010), αλλά χαμηλότερα από αυτά που αναφέρουν οι López et al. (2005). Συγκριτικά με τα υπόλοιπα όσπρια, το NDF κλάσμα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο που απαντά στο ρεβίθι (Kafilzadeh & Maleki, 2012; López et al., 2005), στο μπιζέλι (López et al. 2005) και στο βίκο (López et al. 2005; Fortina et al. 2016), αλλά υψηλότερο από της φακής (López et al. 2005; Kafizadeh & Maleki 2012). Απ' την άλλη, το ADF κλάσμα της ρόβης, συγκριτικά με των υπολοίπων ψυχανθών θεωρείται μικρό, αλλά η διαφορά αυτή ποικίλει ανάμεσα στις δημοσιεύσεις. Οι τιμές των κλασμάτων ινωδών διαφέρουν ανάμεσα στους πληθυσμούς της ρόβης κι έτσι έχουμε πληθυσμούς με χαμηλές τιμές κλασμάτων (AUA2, ERV35) και πληθυσμούς με υψηλές τιμές κλασμάτων (ERV45, ERV65).

Η ανάλυση κατά συστάδες που πραγματοποίησαν οι Lopez et al. (2005) βάσει της χημικής σύστασης του αχύρου των ψυχανθών, χώρισε τα είδη σε δύο μεγάλες κατηγορίες, κυρίως αναλόγως του βαθμού πεπτικότητας του αχύρου. Η ρόβη σχετίστηκε άμεσα με το λαθούρι, και τα δύο είδη σχετίστηκαν με το ρεβύθι και την

φακή. Τόσο όμως η χημική σύσταση των αχύρων όσο και ο βαθμός πεπτικότητάς τους, έχει ξεκαθαριστεί ότι δεν είναι σταθερή για κάθε φυτικό είδος, αλλά επηρεάζεται έντονα από την ποικιλία (Mould et al., 2001), τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Mathison, Soofi-Siawash, Okine, Helm, & Juskiw, 1999), την περίοδο συγκομιδής και τον βαθμό συμμετοχής των υπέργειων φυτικών μερών (φύλλα, στελέχη, λοβοί κλπ.) στο σύνολο του αχύρου (López et al., 2005; Tolera & Sundstøl, 1999). Η παρούσα θρεπτική ανάλυση του αχύρου έδειξε ότι η ρόβη έχει άχυρο καλής θρεπτικής αξίας, και ενθαρρύνεται η περαιτέρω ανάλυση του βαθμού πεπτικότητας, καθώς και η προσπάθεια αξιολόγησης των ελληνικών τοπικών πληθυσμών ως προς την θρεπτική αξία του αχύρου και του σανού και της παραμετροποίησης των παραγόντων που την επηρεάζουν.

4.2.4 Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών

Ως μέθοδος ανάλυσης, η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών βρίσκει εφαρμογή κυρίως στις περιπτώσεις όπου ο ερευνητής έχει στη διάθεσή του δεδομένα από ένα, συνήθως μεγάλο, αριθμό μεταβλητών και υποθέτει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ κάποιων υποσυνόλων των μεταβλητών αυτών. Μια τέτοια συσχέτιση δίνει τη δυνατότητα περιορισμού των παρατηρούμενων ή μετρούμενων μεταβλητών στον αριθμό των κύριων συνιστωσών που ερμηνεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής παραλλακτικότητας που παρατηρείται και τη χρήση μόνο των κύριων συνιστωσών σε επόμενα βήματα της ανάλυσης.

Στην παρούσα μελέτη, η PCA είχε ως στόχο, από το πλήθος των χαρακτηριστικών που μετρήθηκαν στο σπόρο και στο άχυρο της ρόβης, να καθοριστεί ένας μικρότερος αριθμός ικανός να ερμηνεύσει το μεγαλύτερο τμήμα της παρατηρούμενης παραλλακτικότητας. Η ανάλυση των 9 χαρακτηριστικών (Mg, Zn, Ca, K, Na, P, ξηρά ουσία, πρωτεΐνη, τέφρα) που εξετάστηκαν στο σπόρο οδήγησε στην επιλογή τεσσάρων κύριων συνιστωσών που μπορούν να ερμηνεύσουν αθροιστικά το 68,81% της ολικής παραλλακτικότητας μεταξύ των 49 τοπικών πληθυσμών της ρόβης. Αντίστοιχα, η ανάλυση των 18 χαρακτηριστικών (ανθικής φαινολογίας, ανθικής απεικόνισης, ανθικού σχεδιασμού, απόδοσης) που εξετάστηκαν στα φυτά των 6 πληθυσμών ρόβης (AUA2, AUA5, ERV35, ERV65, ERV45, ERV53), οδήγησε στην επιλογή τριών κύριων συνιστωσών που ερμηνεύουν το 87,03% της ολικής παραλλακτικότητας μεταξύ των πληθυσμών αυτών.

Σε πρόσφατη αξιολόγηση των εν λόγω (49) πληθυσμών ως προς 24 φαινολογικούς χαρακτήρες του βλαστητικού και αναπαραγωγικού σταδίου της ρόβης, η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών οδήγησε στην επιλογή τριών συνιστωσών που εξηγούσαν το 46,64% (Livaniotis et al., 2017). Ο μικρός αριθμός συνιστωσών και το χαμηλό ποσοστό παραλλακτικότητας αποδόθηκαν στα χαμηλότερα επίπεδα διαπληθυσμιακής και υψηλότερα επίπεδα ενδοπληθυσμιακής παραλλακτικότητας στα υπό μελέτη χαρακτηριστικά. Στην παρούσα εργασία, όπου μελετήθηκαν τα θρεπτικά στοιχεία του σπόρου, η διαπληθυσμιακή παραλλακτικότητα ήταν υψηλή στα περισσότερα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά, ώστε πιθανότατα να κατανεμήθηκαν σε περισσότερες συνιστώσες που εξηγούν μεγαλύτερο ποσοστό παραλλακτικότητας ανάμεσα στους υπό μελέτη πληθυσμούς. Αντίστοιχα, στην φακή, όπου έγινε αξιολόγηση 46 ποικιλιών βάσει των θρεπτικών στοιχείων του σπόρου βρέθηκαν θετικές συσχετίσεις ανάμεσα σε Zn και P, καθώς και σε πρωτεΐνη με Mg (Karakoy et

al. 2012), γεγονός που παρατηρήθηκε και στην παρούσα ανάλυση, όπου τα διανύσματα των θρεπτικών στοιχείων σχηματίζουν οξεία γωνία στη διαγραμματική απεικόνιση των φορτίων.

Βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης στους 6 τοπικούς πληθυσμούς ρόβης ως προς τα ανθικά χαρακτηριστικά και την απόδοση, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της παρατηρούμενης παραλλακτικότητας (41,60%) οφείλεται στα χαρακτηριστικά ανθικής φαινολογίας και της απόδοσης που κυριαρχούν στην 1^η κύρια συνιστώσα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι είναι δυνατή η βελτίωση των ποικιλιών ως προς τα χαρακτηριστικά αυτά, εφόσον είναι εφικτή η μεταχείρισή τους. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στο ρεβύθι (Sharifi et al. 2018) και στο μπιζέλι (Ouafi et al. 2016), όπου στην τελευταία περίπτωση, την πρώτη κύρια συνιστώσα καταλαμβάνουν με αρνητική μεν συσχέτιση και χαρακτηριστικά ανθικού σχεδιασμού. Σε άλλες μελέτες όμως στο ρεβύθι (Archak et al. 2015; Shivwanshi & Babbar 2017), καθώς και σε φακή (Jewel et al. 2010), βίγνα (Manggoel & Uguru 2012; Souza et al. 2015) και κουκί (Ammar et al. 2015) τα χαρακτηριστικά ανθικής φαινολογίας κυριαρχούν στη δεύτερη κύρια συνιστώσα, ενώ τα συστατικά της απόδοσης εξακολουθούν να συνεισφέρουν στην πρώτη κύρια συνιστώσα. Οι συσχετίσεις που παρατηρούνται στα Διαγράμματα παραγοντικών φορτίων ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης επιβεβαιώνονται από τους συντελεστές που υπολογίστηκαν από την Ανάλυση Συσχέτισης.

4.2.5 Ανάλυση Συστάδων (Cluster Analysis)

Η ανάλυση συστάδων είχε ως στόχο την ομαδοποίηση των τοπικών πληθυσμών του πειράματος και τη διερεύνηση της ύπαρξης ομοιότητας μεταξύ τους βάσει των θρεπτικών στοιχείων του σπόρου, των χαρακτήρων απόδοσης και των ανθικών χαρακτήρων τους. Η ανάλυση κατέταξε τους πληθυσμούς AUA3 και PI 206489 σε ξεχωριστές συστάδες. Η διάκριση του AUA3 παρατηρήθηκε και στην Ανάλυση Συνιστωσών, όπου επίσης αποτελεί ξεχωριστή ομάδα. Ο πληθυσμός αυτός παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές σε Κάλιο (1,30 gr/100 gr), Μαγνήσιο (14 mg/100 gr), Ασβέστιο (133 mg/100 gr) και Πρωτεΐνη (22,68% μαζί με τον ERV9 με 23,31%), δηλαδή τα περισσότερα από τα εξεταζόμενα θρεπτικά συστατικά. Ο PI 206489 είχε υψηλές τιμές σε K (0,90 gr/100 gr), Na (0,04 gr/100 gr), Mg (12 mg/100 gr), Zn (19,6 mg/100 gr), ξηρά ουσία (88,48%) και πρωτεΐνη (21,97%), και την υψηλότερη τιμή σε

τέφρα (3,37%). Οι υπόλοιποι πληθυσμοί που βρίσκονται στην ίδια συστάδα, έχουν μεταξύ τους κοντινές τιμές ως προς τα θρεπτικά χαρακτηριστικά του σπόρου τους.

Οι πληθυσμοί που ανήκουν στην 2^η συστάδα τείνουν να έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα εξεταζόμενα θρεπτικά στοιχεία (K, Na, P, Mg, Zn, Ca) και μικρότερες στην χημική σύσταση (πρωτεΐνη, ξηρά ουσία, τέφρα) του σπόρου. Αντιστρόφως, οι πληθυσμοί της 5^{ης} συστάδας τείνουν να έχουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις στα μικροστοιχεία και υψηλότερες στη θρεπτική σύσταση του σπόρου. Στην 3^η συστάδα, οι πληθυσμοί τείνουν να έχουν ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα στους αντίστοιχους της 2^{ης} και 5^{ης} συστάδας. Οι πληθυσμοί PI 206489 και AUA3 που ανήκουν στην 1^η και 4^η συστάδα αντίστοιχα, έχουν υψηλές τιμές σε K, Na, Mg, Zn, τέφρα και πρωτεΐνη, ενώ στα υπόλοιπα στοιχεία (P, Ca, ξηρά ουσία) έχουν χαμηλότερες τιμές, με εξαίρεση τον AUA3 που έχει την υψηλότερη τιμή στο Ca. Σε κάθε περίπτωση όμως, η διαδοχή των τιμών των πληθυσμών ανά συστάδα δεν είναι απόλυτη, γιατί παρατηρούνται επικαλύψεις.

Οι πληθυσμοί στους οποίους μελετήθηκαν τα ανθικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά απόδοσης κατατάχθηκαν σε δύο συστάδες. Οι πληθυσμοί AUA2 και ERV35 που βρίσκονται στην 1^η συστάδα, είχαν πρόιμη άνθηση και μεγάλη διάρκεια άνθησης. Επιπλέον, οι πληθυσμοί αυτοί είχαν τις υψηλότερες τιμές για το μήκος λοβού (18,00 mm και 18,35 mm αντίστοιχα) με στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ ο ERV35 είχε το μεγαλύτερο αριθμό σπερμάτων (146,31) και λοβών (56,64) ανά φυτό. Ως προς τους χαρακτήρες θρεπτικής σύστασης, ο ERV35 έχει υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (9,44%), ενώ ο AUA2 έχει υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα (11,74%).

Οι πληθυσμοί που αντιστοιχούν στην 2^η συστάδα (AUA5, ERV65, ERV45, ERV53), είχαν όψιμη άνθηση και μικρότερη διάρκεια άνθησης. Επιπλέον, ως προς τους χαρακτήρες απόδοσης, ο ERV65 είχε τον υψηλότερο αριθμό σπερμάτων ανά λοβό (4,04) και το μεγαλύτερο βάρος 100 σπερμάτων (3,93 gr) και ο ERV45 είχε υψηλές τιμές για αριθμό σπερμάτων ανά φυτό (121,26) και βάρος 100 σπερμάτων (3,70 gr). Ο AUA5 είχε τον χαμηλότερο αριθμό λοβών ανά φυτό (10,04) και το μικρότερο μήκος λοβού (10,44 mm), ενώ ο ERV53 είχε ενδιάμεσες τιμές ως προς όλους τους χαρακτήρες απόδοσης. Παρουσίασε ωστόσο την υψηλότερη τιμή σε πρωτεΐνη (9,84%) και τέφρα (14,78%) ενώ ο ERV65 είχε την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ινώδεις (41,76%), NDF (57,22%) και ADF (43,84%).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης, παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά ανθικής φαινολογίας, και τα χαρακτηριστικά απόδοσης ως τα πιο διακριτά χαρακτηριστικά, επιβεβαιώνοντας τις εκτιμήσεις της Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών, οι πρώιμοι πληθυσμοί με μεγαλύτερη διάρκεια άνθησης (AUA2, ERV35) κατατάχθηκαν στην πρώτη συστάδα και οι όψιμοι με μικρότερη διάρκεια άνθησης (AUA5, ERV65, ERV45, ERV53) στη δεύτερη συστάδα. Βάσει των υπολοίπων εξεταζόμενων χαρακτήρων φαίνεται ότι οι πληθυσμοί της πρώτης συστάδας έχουν μεγαλύτερη απόδοση σε σπόρο, ενώ της δεύτερης συστάδας, έχουν μεγαλύτερο βάρος 100 σπερμάτων. Ωστόσο, για να διαπιστωθεί με ακρίβεια η παρατήρηση αυτή, είναι αναγκαίες οι παρατηρήσεις σε διατοπικά και διαχρονικά πειράματα.

4.3 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, απέδειξαν για πρώτη φορά ότι τα ανθικά χαρακτηριστικά της ρόβης είναι ικανά να προσελκύσουν επικονιαστές, συγκεκριμένα μοναχικές μέλισσες των οικογενειών *Megachilidae* και *Andrenidae*, καθώς και πεταλούδες της οικογένειας *Pieridae*. Οι επισκέψεις κρίθηκαν ως θετικές, δηλαδή ικανές να διεξάγουν γονιμοποίηση του άνθους του ίδιου ή/και άλλου φυτού της ρόβης, καθώς και τακτικές, λόγω των προτιμήσεων που παρουσίασαν στους πληθυσμούς. Ως εκ τούτου, φαίνεται αφενός ότι τα άνθη μπορούν να ικανοποιήσουν έως ένα βαθμό τις τροφικές ανάγκες των εν λόγω εντόμων και αφ'ετέρου, ότι είναι ικανά να σταυρογονιμοποιηθούν, οπότε κατά συνέπεια η ρόβη δεν είναι αποκλειστικά αυτογονιμοποιούμενη. Η προτίμηση που έδειξαν τα είδη του γένους *Megachile* στη ρόβη και σε συγκεκριμένους πληθυσμούς της, υποδεικνύουν αυξημένη ελκυστικότητα των πληθυσμών αυτών, η οποία βάσει των αποτελεσμάτων και βιβλιογραφίας, πιθανώς να οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό και τις μεγαλύτερες διαστάσεις των ανθέων. Με δεδομένες τις συνθήκες της μελέτης, οι πληθυσμοί ERV65 και ERV53 ξεχώρισαν ως προς τα ανθικά τους χαρακτηριστικά, την αλληλεπίδρασή τους με τους επικονιαστές και τις τελικές τους αποδόσεις. Οι πληθυσμοί που άνθισαν όψιμα και είχαν περισσότερα ανοιχτά άνθη ανά φυτό, είχαν και τις περισσότερες επισκέψεις από τους επικονιαστές, επομένως ο φαινολογικός χαρακτήρας της έναρξης άνθησης πρέπει να συμβαδίζει με την εποχή πτήσης των επικονιαστών, ενώ ο μεγαλύτερος αριθμός ανοιχτών ανθέων λειτουργεί ως μέσο προσέλκυσής τους. Η θετική συσχέτιση ανάμεσα στις επισκέψεις των επικονιαστών και τις τελικές αποδόσεις, έδωσαν μια πρώτη εικόνα ότι θα μπορούσαν να έχουν επίδραση στην απόδοση της ρόβης, αν και τα συστατικά της επηρεάζονται και από περιβαλλοντικούς και γενετικούς παράγοντες. Τα ανθικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν, έπαιξαν σημαντικό ρόλο για την προσέλκυση επικονιαστών, ενώ η υψηλή διαφοροποίηση ανάμεσα στους πληθυσμούς επιτρέπει το μελλοντικό χειρισμό των χαρακτηριστικών αυτών, με προσανατολισμό προς τη δημιουργία φιλικών προς τους επικονιαστές ποικιλιών, ενώ η άμεση συσχέτισή τους με τη βελτίωση των αποδόσεων είναι μια πιθανότητα που πρέπει να εξακριβωθεί. Η αξιολόγηση των

πληθυσμών της ρόβης ως προς την σύσταση του σπόρου και του αχύρου σε θρεπτικά στοιχεία, έδειξαν ότι η ρόβη είναι πλούσια σε πρωτεΐνη και σε μεταλλικά στοιχεία όπως K, Zn και Ca, ενώ παράλληλα η σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα του αχύρου στα κλάσματα ινωδών ουσιών ενισχύουν την θρεπτική αξία της και συνεπώς την αποτελεσματική αξιοποίηση του αχύρου της στην διατροφή των ζώων. Η μεγάλη παραλλακτικότητα ανάμεσα στους πληθυσμούς ως προς όλα τα εξεταζόμενα χαρακτηριστικά, καθώς και τα αποτελέσματα των Αναλύσεων Συσχέτισης, Συνιστωσών και Συστάδων ανέδειξαν τους ανθικούς χαρακτήρες και την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη ως τα πλέον διακριτά χαρακτηριστικά ανάμεσα στους πληθυσμούς. Επιπλέον, η μεταξύ τους συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική. Αυτό σημαίνει ότι οι ανθικοί χαρακτήρες είναι τα πιο κατάλληλα εργαλεία για επιλογή σε βελτιωτικά προγράμματα, καθώς βάσει αυτών μπορεί να καθοριστεί η ελκυστικότητα της ρόβης από επικονιαστές, οι τελικές αποδόσεις, ακόμα και υπό περιπτώσεις η θρεπτική της σύσταση. Η ανάπτυξη ποικιλιών ρόβης φιλικών προς τους επικονιαστές, με καλή θρεπτική αξία και βελτιωμένη απόδοση, μπορεί συνεπώς να επιτευχθεί και δυνατότητα αυτή μπορεί να ενισχύσει το αγρονομικό δυναμικό και τη σημασία ενός αρχαίου καλλιεργούμενου είδους όπως η ρόβη, που θεωρείται ακόμα μια ξεχασμένη καλλιέργεια με περιορισμένη χρήση. Η ενίσχυση του προφίλ της κατ' αυτόν τον τρόπο, θα την καθιστά χρήσιμη ως μια συμπληρωματική ενίσχυση της προσόδου του γεωργού και μπορεί να αυξήσει τη χρήση της στα πλαίσια βιώσιμων γεωργικών μοντέλων που σέβονται το οικοσύστημα και το περιβάλλον.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δαλιάνης, Κ., 1993. Ψυχανθή για καρπό και σανό. Εκδόσεις Α. Σταμούλης, Αθήνα – Πειραιάς.
- Παπακώστα – Τασοπούλου Δ., 2005. Ειδική Γεωργία Ι (Τεύχος Β') – Ψυχανθή (Καρποδοτικά – Χορτοδοτικά). Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.
- Παπαδόπουλος, Γ. (1998). Τεχνολογία Ζωοτροφών. Ποιοτικός Έλεγχος. Εκδόσεις Σταμούλη Α.Ε. Αθήνα – Πειραιάς.
- Abbasi, M. R., Vaezi, S., & Baghaie, N. (2007). Genetic diversity of bitter vetch (*Vicia ervilia*) collections of the National Plant Gene Bank of Iran based on agro-morphological traits. *Iran J. Rangel. For. Plant Breed. Gen. Res.*, 15, 113–128.
- Abbeddou, S., Rihawi, S., Hess, H. D., Iñiguez, L., Mayer, A. C., & Kreuzer, M. (2011). Nutritional composition of lentil straw, vetch hay, olive leaves, and saltbush leaves and their digestibility as measured in fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 96(2), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.017>
- Abd El Moneim, A. M. (1993). Agronomic potential of three vetches (*Vicia* spp.) under rainfed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 170(2), 113–120.
- Abd El Moneim, Ali M., & Ryan, J. (2004). Forage legumes for dryland agriculture in Central and West Asia and North Africa. *Challenges and Strategies of Dryland Agriculture*, (challengesandst), 243–256.
- Abdullah, A. Y., Muwalla, M. M., Qudsieh, R. I., & Titi, H. H. (2010). Effect of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds as a replacement protein source of soybean meal on performance and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 42(2), 293–300.
- Abrol, D. P. (2011). *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production*. Springer Science & Business Media.
- Aebi, A., Vaissière, B. E., vanEngelsdorp, D., Delaplane, K. S., Roubik, D. W., & Neumann, P. (2012). Back to the future: Apis versus non-Apis pollination—a response to Ollerton et al. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(3), 142–143. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.11.017>
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2008). Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, 18(20), 1572–1575.
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103(9), 1579–1588.
- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology*, 19(11), 915–918.
- Albu, A., Pop, I. M., & Radu-Rusu, C. (2012). Calcium (Ca) and Phosphorus (P) Concentration in dairy cow feeds, 57, 5.

- Aletor, V. A., Goodchild, A. V., & El Moneim, A. A. (1994). Nutritional and antinutritional characteristics of selected Vicia genotypes. *Animal Feed Science and Technology*, 47(1–2), 125–139.
- Alm, J., Ohnmeiss, T. E., Lanza, J., & Vriesenga, L. (1990). Preference of cabbage white butterflies and honey bees for nectar that contains amino acids. *Oecologia*, 84(1), 53–57.
- Altuntas, E., & Karadag, Y. (2006). Some physical and mechanical properties of sainfoin (*Onobrychis sativa* Lam.), grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) seeds. *Journal of Applied Sciences*, 6(6), 1373–1379.
- Amaya-Márquez M, Hill PS, Barthell JF, Pham LL, Doty DR, Wells H (2008) Learning and memory during foraging of the blue orchard bee, *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Kansas Entomol. Soc.*, 315-327.
- Ammar, M. H., Alghamdi, S. S., Migdadi, H. M., Khan, M. A., El-Harty, E. H., & Al-Faifi, S. A. (2015). Assessment of genetic diversity among faba bean genotypes using agro-morphological and molecular markers. *Saudi journal of biological sciences*, 22(3), 340-350.
- Anbessa, Y., & Bejiga, G. (2002). Evaluation of Ethiopian chickpea landraces for tolerance to drought. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(6), 557–564. <https://doi.org/10.1023/A:1021210601480>
- Andersson, G. K., Ekroos, J., Stjernman, M., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2014). Effects of farming intensity, crop rotation and landscape heterogeneity on field bean pollination. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 184, 145–148.
- Angeles-Garcia, M., Cuartero, N. and Fernando, I. (1992) Chemical composition and bromatological aspects of some legumes of genera *Lathyrus* and *Vicia*. *Nutrition Abstract Review* 62: 12.
- Arabestani, A., Kadivar, M., Amoresano, A., Illiano, A., Di Pierro, P., & Porta, R. (2016). Bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed protein concentrate as possible source for production of bilayered films and biodegradable containers. *Food Hydrocolloids*, 60, 232–242.
- Arabestani, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Goli, S. A. H., & Porta, R. (2013). Properties of a new protein film from bitter vetch (*Vicia ervilia*) and effect of CaCl₂ on its hydrophobicity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 57, 118–123.
- Arabi, A. (1997) Determination of nutritional value of bitter vetch grain and hay by *in vitro* and *in vivo* methods. *MSc Thesis*, University of Tehran, Iran.
- Archak, S., Tyagi, R. K., Harer, P. N., Mahase, L. B., Singh, N., Dahiya, O. P., ... & Dutta, M. (2016). Characterization of chickpea germplasm conserved in the Indian National Genebank and development of a core set using qualitative and quantitative trait data. *The Crop Journal*, 4(5), 417-424.
- Ashman, T.L., Morgan, M.T. (2004). Explaining phenotypic selection on plant attractive characters: male function, gender balance or ecological context? *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 271: 553 – 559.
- Atanasova, D., & Mihov, M. (2006). Inheritance of flower color and leaf shape of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12(4), 521.
- Badrzadeh, M., Zaragarzadeh, F., & Esmailpour, B. (2008). Chemical composition of some forage Vicia spp. in Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6.

- Bailes, E. J., Ollerton, J., Pattrick, J. G., & Glover, B. J. (2015). How can an understanding of plant–pollinator interactions contribute to global food security? *Current Opinion in Plant Biology*, *26*, 72–79.
- Baker, H. G., & Baker, I. (1983). A brief historical review of the chemistry of floral nectar. *The Biology of Nectaries*. Columbia University Press, New York, 126–152.
- Bakker, R. T. (1978). Dinosaur feeding behaviour and the origin of flowering plants. *Nature*, *274*(5672), 661.
- Baloch, F. S., Karaköy, T., Demirbaş, A., Toklu, F., Özkan, H., & Hatipoğlu, R. (2015). Variation of some seed mineral contents in open pollinated faba bean (*Vicia faba* L.) landraces from Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *38*(5), 591–602. <https://doi.org/10.3906/tar-1311-31>
- Barnaud, A., Trigueros, G., McKey, D., & Joly, H. I. (2008). High outcrossing rates in fields with mixed sorghum landraces: how are landraces maintained? *Heredity*, *101*(5), 445.
- Barnes, D. K. (1966). *Flower color inheritance in diploid and tetraploid alfalfa: a reevaluation*. US Dept. of Agriculture.
- Barrett, P. M., & Willis, K. J. (2001). Did dinosaurs invent flowers? Dinosaur–angiosperm coevolution revisited. *Biological Reviews*, *76*(3), 411–447.
- Barrett, S.C., Harder, L.D. (1996). Ecology and evolution on plant mating. *Trends Ecol Evol*, *11*: 73-79.
- Barrett, S. C., Harder, L. D., & Worley, A. C. (1996). The comparative biology of pollination and mating in flowering plants. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, *351*(1345), 1271–1280.
- Bartomeus, I., Potts, S. G., Steffan-Dewenter, I., Vaissiere, B. E., Woyciechowski, M., Krewenka, K. M., ... Westphal, C. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, *2*, e328.
- Batterham, E. S., & Egan, A. R. (1986). Utilization of food legumes as feed. *Food Legume Improvement for Asian Farming Systems*. ACIAR, Canberra, ACT, Australia, 193–200.
- Baude, M., Danchin, É., Mugabo, M., & Dajoz, I. (2011). Conspecifics as informers and competitors: an experimental study in foraging bumble-bees. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *278*(1719), 2806–2813.
- Bauer, A. A., Clayton, M. K., & Brunet, J. (2017). Floral traits influencing plant attractiveness to three bee species: Consequences for plant reproductive success. *American Journal of Botany*, *104*(5), 772–781. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600405>
- Beil, M., Horn, H., & Schwabe, A. (2008). Analysis of pollen loads in a wild bee community (Hymenoptera: Apidae)—a method for elucidating habitat use and foraging distances. *Apidologie*, *39*(4), 456–467.
- Béji, B., Bouhachem-Boukhris, S., Bouktila, D., Mezghani-Khémakhem, M., Rezgui, S., Kharrat, M., ... Makni, H. (2015). Identification of sources of resistance to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli, in Faba bean, *Vicia faba* L., accessions. *Journal of Crop Protection*, *4*(2), 217–224.
- Bell, E. A. (2003). Nonprotein amino acids of plants: significance in medicine, nutrition, and agriculture. *Journal of agricultural and food chemistry*, *51*(10), 2854–2865.
- Bellini, C., Mariotti-Lippi, M., Secci, M. M., Aranguren, B., & Perazzi, P. (2008). Plant gathering and cultivation in prehistoric Tuscany (Italy). *Vegetation*

- History and Archaeobotany*, 17(1), 103–112. <https://doi.org/10.1007/s00334-008-0189-z>
- Ben-Arye, E., Schiff, E., Hassan, E., Mutafoglu, K., Lev-Ari, S., Steiner, M., ... Lev, E. (2011). Integrative oncology in the Middle East: from traditional herbal knowledge to contemporary cancer care. *Annals of Oncology*, 23(1), 211–221.
- Bender, R. L., Fekete, M. L., Klinkenberg, P. M., Hampton, M., Bauer, B., Malecha, M., ... Nikolau, B. J. (2013). PIN6 is required for nectary auxin response and short stamen development. *The Plant Journal*, 74(6), 893–904.
- Benlloch, R., Berbel, A., Ali, L., Gohari, G., Millán, T., & Madueño, F. (2015). Genetic control of inflorescence architecture in legumes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 543.
- Berendse, F., & Scheffer, M. (2009). The angiosperm radiation revisited, an ecological explanation for Darwin's 'abominable mystery.' *Ecology Letters*, 12(9), 865–872.
- Bergen, W. G. (2007). Contribution of research with farm animals to protein metabolism concepts: a historical perspective. *The Journal of Nutrition*, 137(3), 706–710. <https://doi.org/10.1093/jn/137.3.706>
- Berger, J. D., Robertson, L. D., & Cocks, P. S. (2002). Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes: Key differences between and within *Vicia* species in terms of phenology, yield, and agronomy give insight into plant adaptation to semi-arid environments. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49(3), 313–325. <https://doi.org/10.1023/A:1015544126185>
- Berger, J. D., Robertson, L. D., & Cocks, P. S. (2003). Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Anti-nutritional factor concentrations in the genus *Vicia*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50(2), 201–212. <https://doi.org/10.1023/A:1022954232533>
- Berger, J. D., Siddique, K. H. M., & Loss, S. P. (1999). Cool season grain legumes for Mediterranean environments: species \times environment interaction in seed quality traits and anti-nutritional factors in the genus *Vicia*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(3), 389–402.
- Berger, L. (2006). Salt and Trace Minerals for Livestock, Poultry and Other Animals.
- Berhane, G., & Eik, L. O. (2006). Effect of vetch (*Vicia sativa*) hay supplementation on performance of Begait and Abergelle goats in northern Ethiopia: I. Milk yield and composition. *Small Ruminant Research*, 64(3), 225–232.
- Biesmeijer, J. C., & Slaa, E. J. (2006). The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie*, 37(2), 240–258.
- Bischoff, I. (2003). Population dynamics of the solitary digger bee *Andrena vaga* Panzer (Hymenoptera, Andrenidae) studied using mark-recapture and nest counts. *Population Ecology*, 45(3), 197–204.
- Bishop, J., Potts, S. G., & Jones, H. E. (2016). Susceptibility of Faba Bean (*Vicia faba* L.) to Heat Stress During Floral Development and Anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202(6), 508–517. <https://doi.org/10.1111/jac.12172>
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014a). Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890–898.
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014b). Larger patches of diverse floral resources increase insect pollinator density, diversity, and their pollination of native wildflowers. *Basic and Applied Ecology*, 15(8), 701–711.

- Blackmore, T., Thorogood, D., Skøt, L., McMahon, R., Powell, W., & Hegarty, M. (2016). Germplasm dynamics: the role of ecotypic diversity in shaping the patterns of genetic variation in *Lolium perenne*. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep22603>
- Blair, M. W., Izquierdo, P., Astudillo, C., & Grusak, M. A. (2013). A legume biofortification quandary: variability and genetic control of seed coat micronutrient accumulation in common beans. *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00275>
- Bommarco, R., Marini, L., & Vaissière, B. E. (2012). Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169(4), 1025–1032.
- Bora, P. (2014). Anti-nutritional factors in foods and their effects. *Journal of Academia and Industrial Research*, 3(6), 285–290.
- Bosch, J., Kemp, W. P., & Trostle, G. E. (2006). Bee population returns and cherry yields in an orchard pollinated with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology*, 99(2), 408–413.
- Bouby, L., Leroy, F., & Carozza, L. (1999). Food plants from late Bronze Age lagoon sites in Languedoc, southern France: reconstruction of farming economy and environment. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8(1–2), 53–69.
- Boufaied, H., Chouinard, P. Y., Tremblay, G. F., Petit, H. V., Michaud, R., & Belanger, G. (2003). Fatty acids in forages. I. Factors affecting concentrations. *Canadian Journal of Animal Science*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201400120747>
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., & Potts, S. G. (2011). Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3–4), 137–143.
- Breider, H. (1973). The question of chemically determined physiological resistance of cultivated plants. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik*, 43(2), 66–74.
- Broderick, G. A., Kerkman, T. M., Sullivan, H. M., Dowd, M. K., & Funk, P. A. (2013). Effect of replacing soybean meal protein with protein from upland cottonseed, Pima cottonseed, or extruded Pima cottonseed on production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2374–2386. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5723>
- Brugger, D., & Windisch, W. M. (2016). Subclinical zinc deficiency impairs pancreatic digestive enzyme activity and digestive capacity of weaned piglets. *The British Journal of Nutrition*, 116(3), 425–433. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002105>
- Brunet, J., Stewart, C.M. (2010). Impact of bee species and plant density on alfalfa pollination and potential for gene flow. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2010.
- Brunet, J., Thairu, M. W., Henss, J. M., Link, R. I., & Kluever, J. A. (2015). The Effects of Flower, Floral Display, and Reward Sizes on Bumblebee Foraging Behavior When Pollen Is the Reward and Plants Are Dichogamous. *International Journal of Plant Sciences*, 176(9), 811–819. <https://doi.org/10.1086/683339>
- Buchmann, S. L., & Nabhan, G. P. (1996). The pollination crisis. *The Sciences*, 36(4), 22–27.
- Buckmaster, D. R. (2010, June 11). Indoor Hay Storage: Dry Matter Loss and Quality Changes. Retrieved July 3, 2018, from

- <https://web.archive.org/web/20100611205744/http://www.abe.psu.edu/extension/factsheets/i/I102.pdf>
- Burkle, L. A., Marlin, J. C., & Knight, T. M. (2013). Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339(6127), 1611–1615.
- Burns, D. A., & Ciurczak, E. W. (2007). *Handbook of near-infrared analysis*. CRC press.
- Button L, Villalobos AL, Dart SR, Eckert CG (2012) Reduced petal size and color associated with transitions from outcrossing to selfing in *Camissoniopsis cheiranthifolia* (Onagraceae). *Int J Plant Sci*, 173(3), 251-260.
- Bwyre, A. M., Proudlove, W., Berlandier, F. A., & Jones, R. a. C. (1997). Effects of applying insecticides to control aphid vectors and cucumber mosaic virus in narrow-leafed lupins *Lupinus angustifolius*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37(1), 93–102. <https://doi.org/10.1071/ea96041>
- Byerlee, D., & White, R. (2000). Agricultural systems intensification and diversification through food legumes: technological and policy options. In *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century* (pp. 31–46). Springer.
- Cabrera, C., Lloris, F., Giménez, R., Olalla, M., & López, M. C. (2003). Mineral content in legumes and nuts: contribution to the Spanish dietary intake. *The Science of the Total Environment*, 308(1–3), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00611-3](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00611-3)
- Cakmak, I., & Kutman, U. B. (2017). Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 172–180. <https://doi.org/10.1111/ejss.12437>
- Cameron, S. A., Lozier, J. D., Strange, J. P., Koch, J. B., Cordes, N., Solter, L. F., & Griswold, T. L. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(2), 662–667.
- Campbell, J. W., O'Brien, J., Irvin, J. H., Kimmel, C. B., Daniels, J. C., & Ellis, J. D. (2017). Managed Bumble Bees (*Bombus impatiens*) (Hymenoptera: Apidae) Caged With Blueberry Bushes at High Density Did Not Increase Fruit Set or Fruit Weight Compared to Open Pollination. *Environmental Entomology*, 46(2), 237–242. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx044>
- Cane, J. H. (2008). A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie*, 39(3), 315–323. <https://doi.org/10.1051/apido:2008013>
- Capstaff, N. M., & Miller, A. J. (2018). Improving the Yield and Nutritional Quality of Forage Crops. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00535>
- Carruthers, J. M., Cook, S. M., Wright, G. A., Osborne, J. L., Clark, S. J., Swain, J. L., & Houghton, A. J. (2017). Oilseed rape (*Brassica napus*) as a resource for farmland insect pollinators: quantifying floral traits in conventional varieties and breeding systems. *Global Change Biology. Bioenergy*, 9(8), 1370–1379. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12438>
- Carvalho, M., Bebeli, P. J., Barata, A., Bettencourt, E., Slaski, J., & Dias, S. (2016). Agro-biodiversity. the importance of inventories in the assessment of crop diversity and its time and spatial changes. *Genetic Erosion and Biodiversity*, 130–147.

- Casañas, F., Simó, J., Casals, J., & Prohens, J. (2017). Toward an evolved concept of landrace. *Frontiers in Plant Science*, 8, 145.
- Castro, S. I. B., Lacasse, P., Fouquet, A., Beraldin, F., Robichaud, A., & Berthiaume, R. (2011). Short communication: Feed iodine concentrations on farms with contrasting levels of iodine in milk. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4684–4689. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3714>
- Catt, S. C., & Paull, J. G. (2017). Effects of ambient temperature and photoperiod on flowering time in faba bean (*Vicia faba* L.). *Crop and Pasture Science*, 68(10–11), 893–901.
- Cerrutti, N., & Pontet, C. (2016). Differential attractiveness of sunflower cultivars to the honeybee *Apis mellifera* L. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 23(2).
- Chagnon, M., Gingras, J., & DeOliveira, D. (1993). Complementary Aspects of Strawberry Pollination by Honey and IndigenQus Bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, 86(2), 416–420.
- Chaplin-Kramer, R., Dombeck, E., Gerber, J., Knuth, K. A., Mueller, N. D., Mueller, M., ... Klein, A.-M. (2014). Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proc. R. Soc. B*, 281(1794), 20141799.
- Chiari, W. C., Toledo, V. de A. A. de, Ruvolo-Takasusuki, M. C. C., Oliveira, A. J. B. de, Sakaguti, E. S., Attencia, V. M., ... Mitsui, M. H. (2005). Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1), 31–36. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132005000100005>
- Chibarabada, T. P., T Modi, A., & Mabhaudhi, T. (2017). Expounding the Value of Grain Legumes in the Semi-and Arid Tropics. *Sustainability*, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9010060>
- Chocarro, L. P., Peña, L. Z., Urquijo, J. E. G., & Estévez, J. J. I. (2013). Agricultura, alimentación y uso del combustible: aplicación de modelos etnográficos en Arqueobotánica. *SAGVNTVM Extra*, 3(0), 403–420.
- Chowdhury DMS, Rathjen JM, Tate ME, McDonald G (2004). Genetics of colour traits in common vetch (*Vicia sativa* L.). *Euphytica*, Volume 136, Issue 3, pp 249–255.
- Chowdhury, S. D., Sultana, Z., Ahammed, M., Chowdhury, B. L., Das, S. C., & Roy, B. C. (2005). The Nutritional Value of Khesari (*Lathyrus sativus*) for Growing and Laying Pullets. *The Journal of Poultry Science*, 42(4), 308–320. <https://doi.org/10.2141/jpsa.42.308>
- Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201–217.
- Christiansen, S., Bounejmate, M., Bahhady, F., Thomson, E., Mawlawi, B., & Singh, M. (2000). On-farm trials with forage legume–barley compared with fallow–barley rotations and continuous barley in north-west Syria. *Experimental Agriculture*, 36(2), 195–204.
- Christmann, S., & Aw-Hassan, A. A. (2012). Farming with alternative pollinators (FAP)—an overlooked win-win-strategy for climate change adaptation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 161, 161–164.
- Clapham, W. M., Foster, J. G., Neel, J. P. S., & Fedders, J. M. (2005). Fatty acid composition of traditional and novel forages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(26), 10068–10073. <https://doi.org/10.1021/jf0517039>
- Çöçü, S., & Uzun, O. (2011). Germination, seedling growth and ion accumulation of bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) lines under NaCl stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(71), 15869–15874.

- Coleman, S. W., & Henry, D. A. (2002). Nutritive value of herbage. *Sheep Nutrition*, 1–26.
- Coleman, Sam W., & Moore, J. E. (2003). Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84(1–2), 17–29.
- Connorton, J. M., Jones, E. R., Rodríguez-Ramiro, I., Fairweather-Tait, S., Uauy, C., & Balk, J. (2017). Wheat Vacuolar Iron Transporter TaVIT2 Transports Fe and Mn and Is Effective for Biofortification. *Plant Physiology*, 174(4), 2434–2444. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00672>
- Cooper, A., & Poinar, H. N. (2000). Ancient DNA: do it right or not at all. *Science*, 289(5482), 1139–1139.
- Córdoba, S.A., Cocucci, A.A. (2011). Flower power: its association with bee power and floral functional morphology in papilionate legumes. *Ann Bot*, 108(5), 919-931.
- Courcelles, D. M. M., Button, L., & Elle, E. (2013). Bee visit rates vary with floral morphology among highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Applied Entomology*, 137(9), 693–701. <https://doi.org/10.1111/jen.12059>
- Cresswell, J. E. (1998). Stabilizing selection and the structural variability of flowers within species. *Annals of Botany*, 81(4), 463–473.
- Cresswell, James E. (2011). A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology*, 20(1), 149–157.
- Dafni, A., & Bernhardt, P. (1990). Pollination of terrestrial orchids of southern Australia and the Mediterranean region. Systematic, ecological, and evolutionary implications. *Evol. Biol*, 24, 193–252.
- Dafni, Amots, & Potts, S. G. (2004). The role of flower inclination, depth, and height in the preferences of a pollinating beetle (Coleoptera: Glaphyridae). *Journal of Insect Behavior*, 17(6), 823–834.
- Damiri, B. V., Al-Shahwan, I. M., Al-Saleh, M. A., Abdalla, O. A., & Amer, M. A. (2013). Identification and Characterization of cowpea aphid-borne mosaic virus isolates in Saudi Arabia. *Journal of Plant Pathology*, 79–85.
- Danforth, B. N., Sipes, S., Fang, J., & Brady, S. G. (2006). The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(41), 15118–15123.
- Davis, E. L., & Mitchum, M. G. (2005). Nematodes. Sophisticated parasites of legumes. *Plant Physiology*, 137(4), 1182–1188.
- De La Rosa, L., & Martín, I. (2001). Morphological characterisation of Spanish genetic resources of *Lathyrus sativus* L. *Lathyrus Lathyrism Newsletter Vol. 2 (2001)*, 4.
- De Lumen, B. O., & Salamat, L. A. (1980). Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(3), 533–536.
- De Pace, C., Geng, S., Filippetti, A., & Ricciardi, L. (1985). Optimum Time of Day for Maximum Flower Opening of Faba Bean 1. *Agronomy Journal*, 77(4), 646–649. <https://doi.org/10.2134/agronj1985.00021962007700040031x>
- Delaplane, K. S., & Mayer, D. F. (2000). Honey bees: biology and status as pollinators. *Crop Pollination by Bees*, 36–40.
- Delgado-Salinas, A., Thulin, M., Pasquet, R., Weeden, N., & Lavin, M. (2011). *Vigna* (Leguminosae) sensu lato: The names and identities of the American segregate genera. *American Journal of Botany*, 98(10), 1694–1715.

- Dewhurst, R. J. (2010). Forage lipids and effects on ruminant productivity. In *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology* (pp. 3159-3165). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dewhurst, R., Scollan, N., Jean Youell, S., Tweed, J., & O. Humphreys, M. (2001). Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grass. *Grass and Forage Science*, *56*, 68–74. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00247.x>
- Djè, Y., Ater, M., Lefèbvre, C., & Vekemans, X. (1998). Patterns of morphological and allozyme variation in sorghum landraces of Northwestern Morocco. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *45*(6), 541–548.
- D’Mello, J. P. F. (1993). Amino acid supplementation of cereal-based diets for non-ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, *45*(1), 1–18.
- Dötterl, S., Glück, U., Jürgens, A., Woodring, J., & Aas, G. (2014). Floral reward, advertisement and attractiveness to honey bees in dioecious *Salix caprea*. *PLoS One*, *9*(3), e93421.
- Dryden, G. M. (2008). *Animal nutrition science*. Cabi.
- Duc, G., Agrama, H., Bao, S., Berger, J., Bourion, V., Ron, A. M. D., ... Zong, X. (2015). Breeding Annual Grain Legumes for Sustainable Agriculture: New Methods to Approach Complex Traits and Target New Cultivar Ideotypes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *34*, 381–411. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.898469>
- Duffield, G.E., Gibson, R.C., Gilhooly, P.M., Hesse, A.J., Inkley, C.R., Gilbert, F.S., Barnard, C.J. (1993). Choice of flowers by foraging honey bees (*Apis mellifera*): possible morphological cues. *Ecol entomol*, *18*(3), 191-197.
- Dybing, D. C. (1994). Soybean Flower Production as Related to Plant Growth and Seed Yield. *Crop Science*, *34*(2), 489–497. <https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400020034x>
- Eckhart, V.M. (1991). The effects of floral display on pollinator visitation vary among populations of *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). *Evol Ecol* Volume 5, Issue 4, pp 370–384
- Edens, F. W., & Sefton, A. E. (2016). Organic selenium in animal nutrition – utilisation, metabolism, storage and comparison with other selenium sources. *Journal of Applied Animal Nutrition*, *4*. <https://doi.org/10.1017/jan.2016.5>
- Eilers, E. J., Kremen, C., Greenleaf, S. S., Garber, A. K., & Klein, A.-M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS One*, *6*(6), e21363.
- El Fatehi, S., Béna, G., Filali-Maltouf, A., & Ater, M. (2016). Genetic diversity of moroccan bitter vetch *Vicia ervilia* (L.) willd. landraces revealed by morphological and SSR markers. *Australian Journal of Crop Science*, *10*(5), 717–725. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7432>
- El Fatehi, Salama, B&ena, G., Filali-Maltouf, A., & Ater, M. (2014). Variation in yield component, phenology and morphological traits among Moroccan bitter vetch landraces *Vicia ervilia* (L.) Wild. *African Journal of Agricultural Research*, *9*(23), 1801–1809.
- El-Darier, S. M., Abdelaziz, H. A., & Zein El-Dien, M. H. (2014). Effect of soil type on the allelotoxic activity of *Medicago sativa* L. residues in *Vicia faba* L. agroecosystems. *Journal of Taibah University for Science*, *8*(2), 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.01.001>

- Elberling, H. (2001). Pollen limitation of reproduction in a subarctic-alpine population of *Diapensia lapponica* (Diapensiaceae). *Nordic Journal of Botany*, 21(3), 277-282.
- Ellis, A. M., Myers, S. S., & Ricketts, T. H. (2015). Do pollinators contribute to nutritional health? *PLoS One*, 10(1), e114805.
- Engel, M. S. (2001). Monophyly and extensive extinction of advanced eusocial bees: Insights from an unexpected Eocene diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(4), 1661–1664.
- Enneking, D., Lahlou, A., Noutfia, A., & Bounejmate, M. (1995). A note on *Vicia ervilia* cultivation, utilisation and toxicity in Morocco. *Al Awamia*, 89, 141–148.
- ENNEKING, D., LEULOU, R., NOUTTIR, N., & NOUNEIMATE, M. (n.d.). A note on *Vicia ervilia* cultivation utilisation and toxicity in Morocco, 8.
- Enneking, D., & Wink, M. (2000a). Towards the elimination of anti-nutritional factors in grain legumes. In *Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century* (pp. 671–683). Springer.
- Enneking, Dirk, & Clive, F. (1997). Development of *Vicia ervilia* as a grain crop for Southern Australia. Retrieved May 28, 2018, from http://members.westnet.com.au/enneking/erv_97.htm
- Enneking, Dirk, Giles, L. C., Tate, M. E., & Davies, L. R. L. (1993). L-canavanine: A natural feed-intake inhibitor for pigs (isolation, identification and significance). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(3), 315–325. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740610305>
- Enneking, Dirk, & Miller, N. (2014). Bitter vetch *Vicia ervilia* - ancient medicinal crop and farmers favorite for feeding livestock (pp. 254–268).
- Erickson, E. H., & Garment, M. B. (1979). Soya-bean flowers: nectary ultrastructure, nectar guides, and orientation on the flower by foraging honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 18(1), 3–11.
- Erbar C, Leins P (2015) Diversity of styles and mechanisms of secondary pollen presentation in basal Asteraceae—New insights in phylogeny and function. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 217, 109-130.
- Erskine, W., Rihawi, S., & Capper, B. S. (1990). Variation in lentil straw quality. *Animal Feed Science and Technology*, 28(1), 61–69. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(90\)90068-J](https://doi.org/10.1016/0377-8401(90)90068-J)
- Erskine, William, Smartt, J., & Muehlbauer, F. J. (1994). Mimicry of lentil and the domestication of common vetch and grass pea. *Economic Botany*, 48(3), 326–332.
- Esquinas-Alcazar, J. T. (1993). Plant genetic resources. In *Plant Breeding* (pp. 33–51). Springer.
- Fairbairn, A., Martinoli, D., Butler, A., & Hillman, G. (2007). Wild plant seed storage at Neolithic Çatalhöyük East, Turkey. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16(6), 467–479. <https://doi.org/10.1007/s00334-006-0069-3>
- Fang, X., Turner, N. C., Yan, G., Li, F., & Siddique, K. H. (2009). Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. *Journal*
- FAO (2012). Balanced feeding for improving livestock productivity – Increase in milk production and nutrient use efficiency and decrease in methane emission,

- by M.R. Garg. FAO Animal Production and Health Paper No. 173. *Rome, Italy of Experimental Botany*, 61(2), 335–345.
- Farran, M. T., Barbour, G. W., Uwayjan, M. G., & Ashkarian, V. M. (2001b). Metabolizable energy values and amino acid availability of vetch (*Vicia sativa*) and ervil (*Vicia ervilia*) seeds soaked in water and acetic acid. *Poultry Science*, 80(7), 931–936.
- Farran, M. T., Halaby, W. S., Barbour, G. W., Uwayjan, M. G., Sleiman, F. T., & Ashkarian, V. M. (2005). Effects of feeding ervil (*Vicia ervilia*) seeds soaked in water or acetic acid on performance and internal organ size of broilers and production and egg quality of laying hens. *Poultry Science*, 84(11), 1723–1728.
- Farshadfar, M., & Farshadfar, E. (2008). Genetic Variability and Path Analysis of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Landraces and Lines. *Journal of Applied Sciences*, 8. <https://doi.org/10.3923/jas.2008.3951.3956>
- Fasoula, V. A., & Tokatlidis, I. S. (2012). Development of crop cultivars by honeycomb breeding. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 161–180. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0034-0>
- Fenster, C.B., Armbruster, W.S., Wilson, P., Dudash, M.R., Thomson, J.D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 35: 375 – 403.
- Fenwick, G. R., Lutomski, J., & Nieman, C. (1990). Liquorice, *Glycyrrhiza glabra* L.—Composition, uses and analysis. *Food Chemistry*, 38(2), 119–143.
- Flachowsky, G. (2007). Iodine in animal nutrition and Iodine transfer from feed into food of animal origin.
- Flachowsky, G., Kamra, D. N., & Zadrazil, F. (1999). Cereal Straws as Animal Feed—Possibilities and Limitations. *Journal of Applied Animal Research*, 16(2), 105–118. <https://doi.org/10.1080/09712119.1999.9706272>
- Fohouo, F. T., Ngakou, A., & Kengni, B. S. (2009). Pollination and yield responses of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) to the foraging activity of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera: Apidae) at Ngaoundéré (Cameroon). *African Journal of Biotechnology*, 8(9). Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/60464>
- Forister, M. L., Jahner, J. P., Casner, K. L., Wilson, J. S., & Shapiro, A. M. (2011). The race is not to the swift: Long-term data reveal pervasive declines in California’s low-elevation butterfly fauna. *Ecology*, 92(12), 2222–2235.
- Forrest J.R. (2015). Plant–pollinator interactions and phenological change: what can we learn about climate impacts from experiments and observations? *Oikos*, 124(1), 4-13.
- Forrest J.R., Thomson J.D. (2011). An examination of synchrony between insect emergence and flowering in Rocky Mountain meadows. *Ecol Monogr*, 81(3), 469-491.
- Fornstedt, N., & Porath, J. (1975). Characterization studies on a new lectin found in seeds of *Vicia ervilia*. *FEBS Letters*, 57(2), 187–191.
- Fortina, R., Gasmi-Boubaker, A., Lussiana, C., Malfatto, V., Tassone, S., & Renna, M. (2015). Nutritive Value and Energy Content of the Straw of Selected *Vicia* L. Taxa from Tunisia. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3), 3601. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3601>
- Fowden, L., Lea, P. J., & Bell, E. A. (1979). The nonprotein amino acids of plants. *Adv Enzymol Relat Areas Mol Biol*, 50, 117–175.

- Francis, C. M., Enneking, D., & Moneim, A. M. A. E. (2000). When and where will vetches have an impact as grain legumes? In *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century* (pp. 375–384). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4385-1_34
- Freitas, T. G. G. D., Silva, P. S. L. E., Dovale, J. C., Silva, E. M. D., Freitas, T. G. G. D., Silva, P. S. L. E., ... Silva, E. M. D. (2016). Green bean yield and path analysis in cowpea landraces. *Revista Caatinga*, 29(4), 866–877. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n411rc>
- Gaál, K. K., Sáfár, O., Gulyás, L., & Stadler, P. (2004). Magnesium in Animal Nutrition. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6), 754S-757S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719423>
- Gadelha, I. C. N., Fonseca, N. B. S., Oloris, S. C. S., Melo, M. M., & Soto-Blanco, B. (2014). Gossypol toxicity from cottonseed products. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Galen, C., Newport, M.E.A. (1987). Bumble bee behavior and selection on flower size in the sky pilot, *Polemonium viscosum*. *Oecologia*, 74(1), 20-23.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821.
- Galloway, L. F., & Burgess, K. S. (2009). Manipulation of flowering time: phenological integration and maternal effects. *Ecology*, 90(8), 2139–2148.
- Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Klein, A. M., Cunningham, S. A., & Harder, L. D. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(14), 5909–5914.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... Afik, O. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611.
- Garratt, M. P. D., Truslove, C. L., Coston, D. J., Evans, R. L., Moss, E. D., Dodson, C., ... Potts, S. G. (2014). Pollination deficits in UK apple orchards. *Journal of Pollination Ecology*, 12(2), 9–14.
- Gatel, F. (1994). Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Animal Feed Science and Technology*, 45(3–4), 317–348.
- Gaur, P. M., Samineni, S., Tripathi, S., Varshney, R. K., & Gowda, C. L. (2015). Allelic relationships of flowering time genes in chickpea. *Euphytica*, 203(2), 295–308.
- Gemedé, H. F., & Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. *Glob. Adv. Res. J. Food Sci. Technol*, 3(4), 103–117.
- Gepts, P., & Debouck, D. (1991). Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Common Beans: Research for Crop Improvement*, 7, 53.
- Ghazoul, J. (2005). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 367–373.
- Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105.
- Givens, D. I., Everington, J. M., & Adamson, A. H. (1989). Chemical composition, digestibility in vitro, and digestibility and energy value in vivo of untreated

- cereal straws produced on farms throughout England. *Animal Feed Science and Technology*, 26, 323–335.
- González, A. M., Yuste-Lisbona, F. J., Saburido, S., Bretones, S., De Ron, A. M., Lozano, R., & Santalla, M. (2016). Major Contribution of Flowering Time and Vegetative Growth to Plant Production in Common Bean As Deduced from a Comparative Genetic Mapping. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01940>
- Goodwillie, C., Ness, J.M. (2005). Correlated evolution in floral morphology and the timing of self-compatibility in *Leptosiphon jepsonii* (Polemoniaceae) *Int J Plant Sci*, 166(5), 741-751
- Goodwillie, C., Sargent, R. D., Eckert, C. G., Elle, E., Geber, M. A., Johnston, M. O., ... Winn, A. A. (2010). Correlated evolution of mating system and floral display traits in flowering plants and its implications for the distribution of mating system variation. *The New Phytologist*, 185(1), 311–321. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03043.x>
- Goulson, D. (1999). Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2(2), 185–209.
- Goulson, D., & Cory, J. S. (1993). Flower constancy and learning in foraging preferences of the green-veined white butterfly *Pteris napi*. *Ecological Entomology*, 18(4), 315–320.
- Gouveia, C. S. S., Freitas, G., Brito, J. H. de, Slaski, J. J., & Carvalho, M. Â. A. P. de. (2014). Nutritional and Mineral Variability in 52 Accessions of Common Bean Varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) from Madeira Island. *Agricultural Sciences*, 05, 317. <https://doi.org/10.4236/as.2014.54034>
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*, 131(3), 872–877.
- Graham, R. D., Ascher, J. S., & Hynes, S. C. (1992). Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant and Soil*, 146(1–2), 241–250. <https://doi.org/10.1007/BF00012018>
- Graystock, P., Goulson, D., & Hughes, W. O. (2014). The relationship between managed bees and the prevalence of parasites in bumblebees. *PeerJ*, 2, e522.
- Greenleaf, S. S., & Kremen, C. (2006a). Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133(1), 81–87.
- Greenleaf, S. S., & Kremen, C. (2006b). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13890–13895.
- Gregorini, P., Eirin, M., Refi, R., Ursino, M., Ansin, O. E., & Gunter, S. A. (2006). Timing of herbage allocation in strip grazing: Effects on grazing pattern and performance of beef heifers. *Journal of Animal Science*, 84(7), 1943–1950. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-537>
- Grev, A., Wells, M., A. Samac, D., L. Martinson, K., & C. Sheaffer, C. (2017). Forage Accumulation and Nutritive Value of Reduced Lignin and Reference Alfalfa Cultivars. *Agronomy Journal*, 109. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.04.0237>
- Grzegorzczak, S., Alberski, J., Grzegorzczak, S., Olszewska, M., Grabowski, K., & Bałuch-Małecka, A. (2017). Content of calcium and phosphorus and the Ca:P ratio in selected species of leguminous and herbaceous plants. *Journal of Elementology*, (2/2017). <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1214>

- Güler, M., Adak, M., & Ulukan, D. H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, *14*, 161–166. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00086-1)
- Haddad, S. G. (2006). Bitter vetch grains as a substitute for soybean meal for growing lambs. *Livestock Science*, *99*(2), 221–225.
- Haddad, S. G., & Husein, M. Q. (2001). Nutritive value of lentil and vetch straws as compared with alfalfa hay and wheat straw for replacement ewe lambs. *Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association*, *40*(3), 255–260.
- Hadjipanayiotou, M., & Economides, S. (2001). Chemical composition, in situ degradability and amino acid composition of protein supplements fed to livestock and poultry in Cyprus. *Livestock Research for Rural Development*, *13*(6), 2001.
- Hadjipanayiotou, M., Economides, S., & Koumas, A. (1985). Chemical composition, digestibility and energy content of leguminous grains and straws grown in a Mediterranean region. *Annales de Zootechnie*, *34*(1), 23–30. <https://doi.org/10.1051/animres:19850103>
- Hadjipanayiotou, M., & Georghiades, E. (1985). Digestibility of triticale and barley grains given to sheep whole, ground or treated with urea.
- Hagerman, A. E., Robbins, C. T., Weerasuriya, Y., Wilson, T. C., & McArthur, C. (1992). Tannin chemistry in relation to digestion. *Journal of Range Management*, 57–62.
- Haider, M., Dorn, S., & Müller, A. (2013). Intra-and interpopulational variation in the ability of a solitary bee species to develop on non-host pollen: implications for host range expansion. *Functional Ecology*, *27*(1), 255–263.
- Halbert, S.E., Irwin, M. E., & Goodman, R. M. (1981). Alate aphid (Homoptera: Aphididae) species and their relative importance as field vectors of soybean mosaic virus. *Annals of Applied Biology*, *97*(1), 1–9.
- Halbert, Susan E., Zhang, G.-X., & Pu, Z.-Q. (1986). Comparison of sampling methods for alate aphids and observations on epidemiology of soybean mosaic virus in Nanjing, China. *Annals of Applied Biology*, *109*(3), 473–481.
- Hanbury, C. D., White, C. L., Mullan, B. P., & Siddique, K. H. M. (2000). A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, *87*(1–2), 1–27.
- Hansen, L. M., Lorentsen, L., & Boelt, B. (2008). How to reduce the incidence of black bean aphids (*Aphis fabae* Scop.) attacking organic growing field beans (*Vicia faba* L.) by growing partially resistant bean varieties and by intercropping field beans with cereals. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, *58*(4), 359–364. <https://doi.org/10.1080/09064710701788844>
- Harder, L.D., Johnson, S.D. (2009). Darwin's beautiful contrivances: evolutionary and functional evidence for floral adaptation *New Phytol* *183*, 530 – 545 doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02914.x
- Harlan, Jack R. (1975). Our vanishing genetic resources. *Science*, *188*(4188), 618–621.
- Harlan, Jack Rodney. (1992). *Crops and man*. American Society of Agronomy.
- Hasan, M. T., & Deb, A. C. (2013). Inheritance study of flower color in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, *47*(5), 445–448.

- Hassan-Nejad, M. (2003) Effect of feeding different levels of raw and treated bitter vetch on the performance of broiler chickens. *MS Thesis*, University of Bu-Ali Sina, Hamadan, Iran.
- Hefnawy, T. H. (2011). Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Science (Cairo)*, 56(2), 61–65.
- Hegazy, A., & Lovett-Doust, J. (2016). *Plant Ecology in the Middle East*. Oxford University Press.
- Heil, M. (2011). Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends in Plant Science*, 16(4), 191–200.
- Heiling, A. M., Herberstein, M. E., & Chittka, L. (2003). Pollinator attraction: crab-spiders manipulate flower signals. *Nature*, 421(6921), 334.
- Helenius, J., & Stoddard, F. L. (2007). Agro-ecosystem services from increased usage and novel applications of legumes. Integrating legume biology for sustainable agriculture. Book of Abstracts. In *Sixth European Conference on Grain Legumes, Lisbon* (pp. 12–16).
- Henry, A. G., Brooks, A. S., & Piperno, D. R. (2011). Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(2), 486–491. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016868108>
- Hibma, J. (2016). Trace minerals in forages. Retrieved July 3, 2018, from <https://www.progressivedairy.com/topics/feed-nutrition/trace-minerals-in-forages>
- Hidiroglou, M. (1979). Manganese in ruminant nutrition. *Canadian Journal of Animal Science*, 59(2), 217–236. <https://doi.org/10.4141/cjas79-028>
- Hirata, M. (2011). Forage crop production. *The Role of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in Human Nutrition, 1*, 181–202.
- Hirota, S. K., Nitta, K., Kim, Y., Kato, A., Kawakubo, N., Yasumoto, A. A., & Yahara, T. (2012). Relative role of flower color and scent on pollinator attraction: experimental tests using F1 and F2 hybrids of daylily and nightlily. *PLoS One*, 7(6), e39010.
- Hoehn, P., Tschardtke, T., Tylianakis, J. M., & Steffan-Dewenter, I. (2008). Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 275(1648), 2283–2291.
- Hoffman, P. C. (2005). Ash Content of Forages. Retrieved June 7, 2018, from <https://fyi.uwex.edu/forage/ash-content-of-forages/>
- Hofmann, F., Otto, M., & Wosniok, W. (2014). Maize pollen deposition in relation to distance from the nearest pollen source under common cultivation-results of 10 years of monitoring (2001 to 2010). *Environmental Sciences Europe*, 26(1), 24.
- Hogendoorn, K., Bartholomaeus, F., & Keller, M. A. (2010). Chemical and sensory comparison of tomatoes pollinated by bees and by a pollination wand. *Journal of Economic Entomology*, 103(4), 1286–1292.
- Hogendoorn, K., Gross, C. L., Sedgley, M., & Keller, M. A. (2006). Increased tomato yield through pollination by native Australian *Amegilla chlorocyanea* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of Economic Entomology*, 99(3), 828–833.

- Honda, K., Ômura, H., & Hayashi, N. (1998). Identification of floral volatiles from *Ligustrum japonicum* that stimulate flower-visiting by cabbage butterfly, *Pieris rapae*. *Journal of Chemical Ecology*, 24(12), 2167–2180.
- Hopf, M. (1986). Archaeological evidence of the spread and use of some members of the Leguminosae family. In *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology* (Vol. 16, pp. 35–60). Elsevier.
- Horne, M. (1995a). Leaf area and toughness: effects on nesting material preferences of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(6), 868–875.
- Horne, M. (1995b). Pollen preference and its relationship to nesting success of *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(6), 862–867.
- Horneburg, B. (2006). Outcrossing in lentil (*Lens culinaris*) depends on cultivar, location and year, and varies within cultivars. *Plant Breeding*, 125(6), 638–640.
- Hovseypan, R. (2014). Pulses cultivated in prehistoric periods at the territory of Armenia: Short review of present archaeobotanical data. *Legum Perspect*, 5, 7–8.
- Howarth, R. E., & Goplen, B. P. (1983). Improvement of forage quality through production management and plant breeding. *Canadian Journal of Plant Science*, 63(4), 895–902.
- Ige, O. E., Olotuah, O. F., & Akerele, V. (2011). Floral biology and pollination ecology of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Modern Applied Science*, 5(4), 74.
- Ishiyaku, M. F., Singh, B. B., & Craufurd, P. Q. (2005). Inheritance of time to flowering in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Euphytica*, 142(3), 291–300.
- Jauker, F., Peter, F., Wolters, V., & Diekötter, T. (2012). Early reproductive benefits of mass-flowering crops to the solitary bee *Osmia rufa* outbalance post-flowering disadvantages. *Basic and Applied Ecology*, 13(3), 268–276.
- Jeraj, M., Velušček, A., & Jacomet, S. (2009). The diet of Eneolithic (Copper Age, Fourth millennium cal bc.) pile dwellers and the early formation of the cultural landscape south of the Alps: a case study from Slovenia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 18(1), 75–89.
- Jewel, A. A., Chowdhury, A. K., Alam, A. K. M. M., Latif, M. A., & Hassan, M. M. (2010). Multivariate analysis in Lentil (*Lens culinaris* L.). *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 23(1), 9-12.
- Joern, A., Provin, T., & Behmer, S. T. (2012). Not just the usual suspects: insect herbivore populations and communities are associated with multiple plant nutrients. *Ecology*, 93(5), 1002–1015.
- Jones, M. J., & Singh, M. (2000). Long-term yield patterns in barley-based cropping systems in northern Syria. 1. Comparison of rotations. *The Journal of Agricultural Science*, 135(3), 223–236.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl 1, S11-26. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- Kachhela HR (2017) Effect of date of sowing on abundance of pollinators in relation to yield of Niger, *Guizotia abyssinica* (Lf) Cass (Doctoral dissertation,

Department of Entomology NM, College of Agriculture Navsari Agricultural University Navsari

- Kafilzadeh, F., & Maleki, E. (2012). Chemical composition, in vitro digestibility and gas production of straws from different varieties and accessions of chickpea. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(1), 111–118. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01131.x>
- Kahlon, C. S., Board, J. E., & Kang, M. S. (2011). An Analysis of Yield Component Changes for New vs. Old Soybean Cultivars. *Agronomy Journal*, 103(1), 13–22. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0300>
- Kahraman, A., Biotech, A., & Khan, M. (2017). Nutritional Diversity Assessment in Chickpea-A Prospect for Nutrient Deprived World. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21, 357–363. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.339496>
- Kandori, I., & OhSaki, N. (1998). Effect of experience on foraging behavior towards artificial nectar guide in the cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* (Lepidoptera: Pieridae). *Applied Entomology and Zoology*, 33(1), 35–42.
- Kaplan, L., & Lynch, T. F. (1999). Phaseolus (fabaceae) in archaeology: AMS. *Economic Botany*, 53(3), 261–272.
- Kaplan, M., Kokten, K., & Uzun, S. (2014). Fatty acid and metal composition of the seeds of *Vicia ervilia* varieties from Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 50(1), 117–119.
- Kaplan, M., Uzun, S., & Kokten, K. (2014). Effects of Harvest Time on Hay Yield and Quality of Different Bitter Vetch (*Vicia ervilia* L.) Lines. *Legume Research*, 37(2), 188–194.
- Karaköy, T., Erdem, H., Baloch, F. S., Toklu, F., Eker, S., Kilian, B., & Özkan, H. (2012). Diversity of macro- and micronutrients in the seeds of lentil landraces. *TheScientificWorldJournal*, 2012, 710412. <https://doi.org/10.1100/2012/710412>
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., & Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1), 83–112.
- Keil, P., Biesmeijer, J. C., Barendregt, A., Reemer, M., & Kunin, W. E. (2011). Biodiversity change is scale-dependent: an example from Dutch and UK hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Ecography*, 34(3), 392–401.
- Kevan, P. G. (1975). Pollination and environmental conservation. *Environmental Conservation*, 2(4), 293–298.
- Khan, Z. I., Ashraf, M., & Hussain, A. (2007). Evaluation of Macro Mineral Contents of Forages: Influence of Pasture and Seasonal Variation, Evaluation of Macro Mineral Contents of Forages: Influence of Pasture and Seasonal Variation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(6), 908–913. <https://doi.org/2007.20.6.908>
- Kiill, L. H. P., Feitoza, E. D. A., Siqueira, K. M. M. D., Ribeiro, M. D. F., Silva, E. M. S. D., Kiill, L. H. P., ... Silva, E. M. S. D. (2016). Evaluation of floral characteristics of Melon hybrids (*Cucumis melo* L.) in pollinator attractiveness. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(2). <https://doi.org/10.1590/0100-29452016531>
- Kiill, L. H. P., Ribeiro, F., & Costa, N. D. (2012). Relationship of floral morphology and biology of yellow melon hybrids with the attractiveness of pollinators, 24, 7.
- Kinard, G. (2009). Grin Taxonomy for Plants. United States Department of Agriculture (USDA). *Agricultural Research Service (ARS)*. Available from

- [Http://Www. Ars-Grin. Gov/Cgi-Bin/Npgs/Html/Taxgenform. Pl](http://Www.Ars-Grin.Gov/Cgi-Bin/Npgs/Html/Taxgenform.Pl) (Accessed 1 October 2012).
- Kirchgessner, M., Paulicks, B. R., & Roth, H. P. (Technological U. of M. (1993a). Zinc in Animal nutrition. In *Ciencia e Investigacion Agraria (Chile)*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CL9500049>
- Kirchgessner, M., Paulicks, B. R., & Roth, H. P. (Technological U. of M. (1993b). Zinc in Animal nutrition. In *Ciencia e Investigacion Agraria (Chile)*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CL9500049>
- Klatt, B. K., Burmeister, C., Westphal, C., Tschardtke, T., & von Fragstein, M. (2013). Flower volatiles, crop varieties and bee responses. *PLoS One*, 8(8), e72724.
- Klatt, B. K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., & Tschardtke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proc. R. Soc. B*, 281(1775), 20132440.
- Kleijn, D., & Raemakers, I. (2008). A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology*, 89(7), 1811–1823.
- Klein, A.-M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tschardtke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
- Knudsen, K. (2001). The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 3–20.
- Knudsen, K. E. B., Lærke, H. N., Ingerslev, A. K., Hedemann, M. S., Nielsen, T. S., & Theil, P. K. (2016). Carbohydrates in pig nutrition – Recent advances. *Journal of Animal Science*, 94(suppl_3), 1–11. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9785>
- Koltowski, Z. (2004). Flowering biology, nectar secretion and insect foraging of the runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Journal of Apicultural Science*, 48, 53–60.
- Köpke, U., & Nemecek, T. (2010). Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*, 115(3), 217–233.
- Koti, S., Reddy, K. R., Reddy, V. R., Kakani, V. G., & Zhao, D. (2004). Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (*Glycine max* L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. *Journal of Experimental Botany*, 56(412), 725–736.
- Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., & Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7(11), 1109–1119.
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812–16816.
- Kudo, G., & Harder, L. D. (2005). Floral and inflorescence effects on variation in pollen removal and seed production among six legume species. *Functional Ecology*, 19(2), 245–254.
- Kumar, J., & Van Rheenen, H. A. (2000). Brief communication. A major gene for time of flowering in chickpea. *Journal of Heredity*, 91(1), 67–68.

- Kumar, J., Vijayalakshmi, N. V., & Rao, T. N. (2000). Inheritance of flower color in chickpea. *The Journal of Heredity*, *91*(5), 416–417.
- Kumar, K., & Soni, A. (2014). Elemental Ratio and Their Importance in Feed and Fodder, 7.
- Kupicha, F. K. (1976). The infrageneric structure of *Vicia* L. *Notes R Bot Gard Edinburgh*, *34*, 287–326.
- Kupicha, Frances Kristina. (1981). *Vicieae* (Adans.) DC.(1825), nom. conserv. prop. *Polhill, R, M., Raven, P, H Ed (s). Advances in Legume Systematics. Kew, RBG, 377–381.*
- Labandeira, C. C. (1994). A compendium of fossil insect families.
- Labandeira, C. C., Wilf, P., Johnson, K. R., & Marsh, F. (2007). Guide to insect (and other) damage types on compressed plant fossils. *Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Department of Paleobiology, Washington, DC.*
- Ladizinsky, G., & OSS, H. V. (1984). Genetic relationships between wild and cultivated *Vicia ervilia* (L.) Willd. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *89*(2), 97–100.
- Lam, S. K., & Ng, T. B. (2013). Purification and characterization of an antifungal peptide with potent antifungal activity but devoid of antiproliferative and HIV reverse transcriptase activities from *Legumi secchi* beans. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *169*(7), 2165–2174.
- Lannoo, N., & Van Damme, E. J. (2014). Lectin domains at the frontiers of plant defense. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 397.
- Larbi, A., El-Moneim, A. A., Nakkoul, H., Jammal, B., & Hassan, S. (2010). Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 1. Bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). *Animal Feed Science and Technology*, *165*(3–4), 278–287.
- Larbi, A., El-Moneim, A. A., Nakkoul, H., Jammal, B., & Hassan, S. (2011). Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 1. Bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). *Animal Feed Science and Technology*, *165*(3–4), 278–287.
- Larbi, A., Hassan, S., Kattash, G., El-Moneim, A. A., Jammal, B., Nabil, H., & Nakkul, H. (2010). Annual feed legume yield and quality in dryland environments in north-west Syria: 2. Grain and straw yield and straw quality. *Animal Feed Science and Technology*, *160*(3–4), 90–97.
- Laudadio, V., Introna, M., Lastella, N. M. B., & Tufarelli, V. (2014). Feeding of Low-Fibre Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Meal as Substitute of Soybean Meal in Turkey Rations: Effects on Growth Performance and Meat Quality. *The Journal of Poultry Science*, *51*(2), 185–190. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130132>
- Lautenbach, S., Seppelt, R., Liebscher, J., & Dormann, C. F. (2012). Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS One*, *7*(4), e35954.
- Lavin, M., & Delgado, A. (1990). Pollen brush of Papilionoideae (Leguminosae): morphological variation and systematic utility. *American Journal of Botany*, *129*–1312.
- Lawrence, P. K., & Koundal, K. R. (2002). Plant protease inhibitors in control of phytophagous insects. *Electronic Journal of Biotechnology*, *5*(1), 5–6.
- Le Féon, V., Burel, F., Chifflet, R., Henry, M., Ricroch, A., Vaissière, B. E., & Baudry, J. (2013). Solitary bee abundance and species richness in dynamic

- agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 166, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.020>
- Lev, E., Kislev, M. E., & Bar-Yosef, O. (2005). Mousterian vegetal food in Kebara cave, Mt. Carmel. *Journal of Archaeological Science*, 32(3), 475–484.
- Lewis, A. C. (1986). Memory constraints and flower choice in *Pieris rapae*. *Science*, 232(4752), 863–865.
- Liener, I. E. (1989). Antinutritional factors in legume seeds: state of the art. *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*, 6–13.
- Lin, I. W., Sosso, D., Chen, L.-Q., Gase, K., Kim, S.-G., Kessler, D., ... Qu, X.-Q. (2014). Nectar secretion requires sucrose phosphate synthases and the sugar transporter SWEET9. *Nature*, 508(7497), 546.
- Lindberg, J. E. (2014). Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-15>
- Liu, G., & Thornburg, R. W. (2012). Knockdown of MYB305 disrupts nectary starch metabolism and floral nectar production. *The Plant Journal*, 70(3), 377–388.
- Livanios, I., Lazaridi, E., & Bebeli, P. J. (2017). Assessment of phenotypic diversity in bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) populations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(1), 355–371.
- López, S., Davies, D. R., Giraldez, F. J., Dhanoa, M. S., Dijkstra, J., & France, J. (2005). Assessment of nutritive value of cereal and legume straws based on chemical composition and in vitro digestibility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1550–1557.
- López-Bellido, L., Fuentes, M., Lhamby, J. C. B., & Castillo, J. E. (1994). Growth and yield of white lupin (*Lupinus albus*) under Mediterranean conditions: effect of sowing date. *Field Crops Research*, 36(2), 87–94.
- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311–323.
- Lunau, K., & Maier, E. J. (1995). Innate colour preferences of flower visitors. *Journal of Comparative Physiology A*, 177(1), 1–19.
- Lundberg, H., & Ranta, E. (1980). Habitat and food utilization in a subarctic bumblebee community. *Oikos*, 303–310.
- Luo, K., Jahufer, M. Z. Z., Wu, F., Di, H., Zhang, D., Meng, X., ... Wang, Y. (2016). Genotypic Variation in a Breeding Population of Yellow Sweet Clover (*Melilotus officinalis*). *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00972>
- Lyons, M. P., Papazyan, T. T., & Surai, P. F. (2007). Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature -Review-, Selenium in Food Chain and Animal Nutrition: Lessons from Nature -Review-. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(7), 1135–1155. <https://doi.org/2007.20.7.1135>
- Macedo, M. L. R., Oliveira, C. F., & Oliveira, C. T. (2015). Insecticidal activity of plant lectins and potential application in crop protection. *Molecules*, 20(2), 2014–2033.
- MacIvor, J. S. (2016). Building height matters: nesting activity of bees and wasps on vegetated roofs. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 62(1–2), 88–96.
- Magallón, S., & Sanderson, M. J. (2001). Absolute diversification rates in angiosperm clades. *Evolution*, 55(9), 1762–1780.

- Marinova, E., & Popova, T. (2008). Cicer arietinum (chick pea) in the Neolithic and Chalcolithic of Bulgaria: implications for cultural contacts with the neighbouring regions? *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(1), 73.
- Martin, G. B., & Adams, M. W. (1987). Landraces of Phaseolus vulgaris (Fabaceae) in northern Malawi. II. Generation and maintenance of variability. *Economic Botany*, 41(2), 204–215.
- Martin, N.H. (2004). Flower size preferences of the honeybee (Apis mellifera) foraging on Mimulus guttatus (Scrophulariaceae) *Evolutionary ecology research* 6(5): 777-782
- Mathison, G., Soofi-Siawash, R., Okine, E., Helm, J., & Juskiw, P. (1999). Factors influencing composition and ruminal degradability of barley straw. *Canadian Journal of Animal Science - CAN J ANIM SCI*, 79, 343–351. <https://doi.org/10.4141/A99-012>
- Maxted, N. (1993). A phenetic investigation of Vicia L. subgenus Vicia (Leguminosae, Viciae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 111(2), 155–182.
- Maxted, N. (1995). *An ecogeographical study of Vicia subgenus Vicia*. Rome, IT: IPGRI.
- Mayland, H. F., Shewmaker, G. E., Harrison, P. A., & Chatterton, N. J. (2000). Nonstructural Carbohydrates in Tall Fescue Cultivars: Relationship to Animal Preference. *AGRONOMY JOURNAL*, 92, 4.
- McDowell, L. (2017). *Mineral Nutrition History: The Early Years*. First Edition Design Pub.
- McDowell, L. R. (1996). Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 60(3), 247–271. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00983-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00983-2)
- McGregor, S. E. (1976). *Insect pollination of cultivated crop plants* (Vol. 496). Agricultural Research Service, US Department of Agriculture Washington (DC).
- McKersie, B. D., Murnaghan, J., Jones, K. S., & Bowley, S. R. (2000). Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance. *Plant Physiology*, 122(4), 1427–1437.
- Medović, A., Mikić, A., Čupina, B., Jovanović, Ž., Radović, S., Nikolić, A., & Stanisavljević, N. (2011). Pisum & Ervilia Tetovac: Made in Early Iron Age Leskovac, Part one: Two charred pulse crop storages of the fortified hill fort settlement Hissar in Leskovac, South Serbia. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 48(1), 219–226.
- Meeuse, B. J. (1961). The story of pollination.
- Menguer, P. K., Vincent, T., Miller, A. J., Brown, J. K. M., Vincze, E., Borg, S., ... Podar, D. (2018). Improving zinc accumulation in cereal endosperm using HvMTP1, a transition metal transporter. *Plant Biotechnology Journal*, 16(1), 63–71. <https://doi.org/10.1111/pbi.12749>
- Michener, Charles D., & Grimaldi, D. A. (1988). The oldest fossil bee: Apoid history, evolutionary stasis, and antiquity of social behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 85(17), 6424–6426.
- Michener, Charles Duncan. (2000). *The bees of the world* (Vol. 1). JHU press.
- Mihailović, V., Mikić, A., Čupina, B., Katić, S., Karagić, D., Pataki, I., & Erić, P. (2006). Yield and forage yield components in winter vetch cultivars. *Grassland Productivity*.

- Mikić, A. (2012). Origin of the Words Denoting Some of the Most Ancient Old World Pulse Crops and Their Diversity in Modern European Languages. *PLOS ONE*, 7(9), e44512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044512>
- Mikić, A., Čupina, B., Rubiales, D., Mihailović, V., Šarūnaitė, L., Fustec, J., ... Srebrić, M. (2015). Chapter Six - Models, Developments, and Perspectives of Mutual Legume Intercropping. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 130, pp. 337–419). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.004>
- Mikić, A., & Mihailovic, V. (2014). Significance of genetic resources of cool season annual legumes: III: Locally cultivated and maintained crop landraces. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 51, 190–203. <https://doi.org/10.5937/ratpov51-5073>
- Milfont, M. de O., Rocha, E. E. M., Lima, A. O. N., & Freitas, B. M. (2013). Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters*, 11(4), 335–341.
- Millán T, Madrid E, Jose I C, Amri M, Castro P, Rubio J (2015) Chickpea In: Grain Legumes, Handbook of Plant Breeding, 2015 A De Ron (ed) Springer New York Heidelberg Dordrecht London, ISBN 978-1-4939-2796-8, 3: 85 – 110 doi: 10 1007/978-1-4939-2797-5
- Miller, D. A., & Reetz-Jr, H. F. (1995). Forages. Vol. 1, An Introduction to Grassland Agriculture. (Fifth Edition). Edited by Robert F. Barnes, Durrell A. Miller and C. Jerry Nelson. Ames: Iowa State University Press. (Distributed by The Eurospan Group) (1994), pp. 516, £49.50. ISBN 0-8138-0681-X. | Experimental Agriculture | Cambridge Core.
- Miller, P. R., McConkey, B. G., Clayton, G. W., Brandt, S. A., Staricka, J. A., Johnston, A. M., ... Neill, K. E. (2002). Pulse crop adaptation in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 94(2), 261–272.
- Mir, P. S., Bittman, S., Hunt, D., Entz, T., & Yip, B. (2006). Lipid content and fatty acid composition of grasses sampled on different dates through the early part of the growing season. *Canadian journal of animal science*, 86(2), 279–290.
- Mirzaei, A., Satarifar, M., & Zadeh, F. B. (2014). Antioxidant activities of Iranian bitter vetch in different methods. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3, 186–193.
- Mitchell, R. J., Irwin, R. E., Flanagan, R. J., & Karron, J. D. (2009). Ecology and evolution of plant–pollinator interactions. *Annals of Botany*, 103(9), 1355–1363. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp122>
- Mitchell, R. J., & Shaw, R. G. (1993). Heritability of floral traits for the perennial wild flower *Penstemon centranthifolius* (Scrophulariaceae): clones and crosses. *Heredity*, 71(2), 185.
- Mohammadi, L., & Sadeghi, G. (2009). Using different ratios of bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed for moult induction and post-moult performance in commercial laying hens. *British Poultry Science*, 50(2), 207–212. <https://doi.org/10.1080/00071660902773691>
- Monasterolo, M., Musicante, M. L., Valladares, G. R., & Salvo, A. (2015). Soybean crops may benefit from forest pollinators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 202, 217–222.
- Moneim, A. M. A. E. (n.d.). Agronomic Potential of Three Vetches (*Vicia* spp.) Under Rainfed Conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 170(2), 113–120.

- Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, *108*(1–4), 95–117.
- Morse, R. A., & Calderone, N. W. (2000). The value of honey bees as pollinators of US crops in 2000. *Bee Culture*, *128*(3), 1–15.
- Morton EM, Rafferty NE (2017) Plant–pollinator interactions under climate change: The use of spatial and temporal transplants Applications in plant sciences, *5*(6), 1600133
- Mosse, J. (1990). Nitrogen-to-protein conversion factor for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *38*(1), 18–24.
- Mould, F. L., Hervás, G., Owen, E., Wheeler, T. R., Smith, N. O., & Summerfield, R. J. (2001). The effect of cultivar on the rate and extent of combining pea straw degradability examined in vitro using the Reading Pressure Technique. *Grass and Forage Science*, *56*(4), 374–382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00287.x>
- Mudgal, V., Mehta, M. K., & Rane, A. S. (2018). Lentil straw: An alternative and nutritious feed resource for kids. *Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.009>
- Mulcahy, D. L. (1979). The rise of the angiosperms: a genecological factor. *Science*, *206*(4414), 20–23.
- Müller, A., Diener, S., Schnyder, S., Stutz, K., Sedivy, C., & Dorn, S. (2006). Quantitative pollen requirements of solitary bees: implications for bee conservation and the evolution of bee–flower relationships. *Biological Conservation*, *130*(4), 604–615.
- Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, *27*, 31–36.
- Musa, A. K., Liadi, M. T., & Adegbite, O. R. (2013). Impact of honeybees (*Apis mellifera adansonii*) (Hymenoptera: Apidae) pollination on pod and seed set of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in Ilorin, Southern Guinea Savanna of Nigeria. *WebPub Journal of Agricultural Research*, *1*, 83–87.
- Musallam, I., Haddad, N., Al Tawaha, A. R., & Migdadi, O. (2004). The Importance of Bee-Pollination in Four Genotypes of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*, *8530*, 6–1.
- Nagahama A, Kubota Y, Satake A (2018) Climate warming shortens flowering duration: a comprehensive assessment of plant phenological responses based on gene expression analyses and mathematical modeling *Ecological Research*, *33*(5), 1059-1068
- Naghavi, M. R., & Jahansouz, M. R. (2005). Variation in the Agronomic and Morphological Traits of Iranian Chickpea Accessions. *Journal of Integrative Plant Biology*, *47*(3), 375–379. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00058.x>
- Nagy, I., Barth, S., Mehenni-Ciz, J., Abberton, M. T., & Milbourne, D. (2013). A hybrid next generation transcript sequencing-based approach to identify allelic and homeolog-specific single nucleotide polymorphisms in allotetraploid white clover. *BMC Genomics*, *14*, 100. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-100>

- National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle: 2001. National Academies Press.
- Nayak, D., Saetnan, E., Cheng, K., Wang, W., Koslowski, F., Cheng, Y.-F., ... Moran, D. (2015). Management opportunities to mitigate greenhouse gas emissions from Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 209, 108–124.
- Negri, V., Maxted, N., & Veteläinen, M. (2009). European landrace conservation: an introduction. *European Landraces: On-Farm Conservation, Management and Use*, 1–22.
- Nicolson, S. W., & Thornburg, R. W. (2007). Nectar chemistry. In *Nectaries and nectar* (pp. 215–264). Springer.
- Nielsen, F. H. (2012). History of Zinc in Agriculture. *Advances in Nutrition*, 3(6), 783–789. <https://doi.org/10.3945/an.112.002881>
- Nuessly, G. S., Hentz, M. G., Beiriger, R., & Scully, B. T. (2004). Insects associated with faba bean, *vicia faba* (fabales: fabaceae), in southern florida. *Florida Entomologist*, 87(2), 204–211. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0204:IAWFBV\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0204:IAWFBV]2.0.CO;2)
- Ochse, J. J., & Bakhuisen, van den B. (1931). Vegetables of the Dutch East Indies.(English edition of Indische Groenten). *Vegetables of the Dutch East Indies.(English Edition of Indische Groenten)*.
- Ohashi, K., & Yahara, T. (2001). Behavioural responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits. (pp. 274–296).
- Okba, M. M., Jaleel, G. A. A., Yousif, M. F., El Deeb, K. S., & Soliman, F. M. (2017). *Vicia ervilia* L. seeds newly explored biological activities. *Cogent Biology*, 3(1), 1299612.
- Oleques SS, Overbeck GE, de Avia Jr RS (2017) Flowering phenology and plant-pollinator interactions in a grassland community of Southern Brazil *Flora*, 229, 141-146
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326.
- Ômura, H., & Honda, K. (2005). Priority of color over scent during flower visitation by adult *Vanessa indica* butterflies. *Oecologia*, 142(4), 588–596.
- Omura, H., Honda, K., Nakagawa, A., & Hayashi, N. (1999). The role of floral scent of the cherry tree, *Prunus yedoensis*, in the foraging behavior of *Luehdorfia japonica* (Lepidoptera: Papilionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 34(3), 309–313.
- Orent-Keiles, E., & McCollum, E. V. (1941). Potassium in Animal Nutrition. *Journal of Biological Chemistry*, 140(2), 337–352.
- Ørskov, E. R., Shand, W. J., Tedesco, D., & Morrice, L. a. F. (1990). Rumen degradation of straw. 10. Consistency of differences in nutritive value between varieties of cereal straws. *Animal Science*, 51(1), 155–162. <https://doi.org/10.1017/S0003356100005250>
- Ortega-Olivencia, A., Ramos, S., Tomás, R.-R., & Alcaraz, J. A. (1997). Floral biometry, floral rewards and pollen-ovule ratios in some *Vicia* from Extremadura, Spain. *Edinburgh Journal of Botany*, 54, 39–53. <https://doi.org/10.1017/S0960428600003851>
- Othman, S. A., Singh, B. B., & Mukhtar, F. B. (2006). Studies on the inheritance pattern of joints, pod and flower pigmentation in cowpea [*Vigna unguiculata* (L) walp.]. *African Journal of Biotechnology*, 5(23).

- Ouafi, L., Alane, F., Rahal-Bouziane, H., & Abdelguerfi, A. (2016). Agromorphological diversity within field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, *11*(40), 4039–4047.
- P Hanelt, & Mettin, and D. (1989). Biosystematics of the Genus *VICIA* L. (Leguminosae). *Annual Review of Ecology and Systematics*, *20*(1), 199–223. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001215>
- Padi, F. K. (2003). Genetic analyses of pigmentation in cowpea. *Pak J Biol Sci*, *19*, 1655–1659.
- Palmer, R. G., Perez, P. T., Ortiz-Perez, E., Maalouf, F., & Suso, M. J. (2009). The role of crop-pollinator relationships in breeding for pollinator-friendly legumes: from a breeding perspective. *Euphytica*, *170*(1–2), 35–52.
- Pando, J. B., Fohouo, F.-N. T., & Tamesse, J. L. (2011). Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa calens* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flowers at Yaounde (Cameroon). *Entomological Research*, *41*(5), 185–193. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2011.00334.x>
- Panos, D. A., Sotiriadis, S., & Fikas, E. (1961). Grassland's Progress in Greece. *Der Zuchter* *31*(2): 37-47
- Papa, R., & Gepts, P. (2004). Gene flow between crops and their wild progenitors. *Encyclopedia of Plant and Crop Science*, 488–491.
- Parachnowitsch, A.L., Kessler, A. (2010). Pollinators exert natural selection on flower size and floral display in *Penstemon digitalis* New Phytologist, *188*(2), 393–402
- Pastor-Cavada, E., Juan, R., Pastor, J. E., Alaiz, M., Giron-Galle, J., & Vioque, J. (2011). Antioxidative activity in the seeds of 28 *Vicia* species from Southern Spain. *Journal of Food Biochemistry*, *35*(5), 1373–1380.
- Pecetti, L., Proietti, S. (2003). Estimation of cross-pollination by leafcutter bees [*Megachile rotundata* (F.)] in two lucerne genotypes with different flower colour [*Medicago sativa* L.] *J Genet Plant Breed.* (Italy)
- Peñalver, E., Labandeira, C. C., Barrón, E., Delclòs, X., Nel, P., Nel, A., ... Soriano, C. (2012). Thrips pollination of Mesozoic gymnosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(22), 8623–8628.
- Peris, D., Labandeira, C. C., Peñalver, E., Delclòs, X., Barrón, E., & Pérez-de la Fuente, R. (2017). The case of *Darwinylus marcosi* (Insecta: Coleoptera: Oedemeridae): A Cretaceous shift from a gymnosperm to an angiosperm pollinator mutualism. *Communicative & Integrative Biology*, *10*(4). <https://doi.org/10.1080/19420889.2017.1325048>
- Petanidou T, Kallimanis AS, Lazarina M, Tscheulin T, Devalez J, Stefanaki A, Sgardelis SP (2018) Climate drives plant–pollinator interactions even along small-scale climate gradients: the case of the Aegean *Plant Biology*, *20*, 176–183
- Petanidou T, Ståhls G, Vujić A, Olesen JM, Rojo S, Thrasylvoulou A, Tscheulin T (2013) Investigating plant—pollinator relationships in the Aegean: the approaches of the project POL-AEGIS (The pollinators of the Aegean archipelago: diversity and threats) *Journal of Apicultural Research*, *52*(2), 106–117
- Pfister, S. C., Eckerter, P. W., Schirmel, J., Cresswell, J. E., & Entling, M. H. (2017). Sensitivity of commercial pumpkin yield to potential decline among different groups of pollinating bees. *Royal Society Open Science*, *4*(5). <https://doi.org/10.1098/rsos.170102>

- phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (Leguminosae, Viciaeae) | Botanical Journal of the Linnean Society | Oxford Academic. (n.d.). Retrieved May 25, 2018, from <https://academic.oup.com/botlinnean/article/111/2/155/2632464>
- Philippi, J., Schliephake, E., Jürgens, H.-U., Jansen, G., & Ordon, F. (2015). Feeding behavior of aphids on narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) genotypes varying in the content of quinolizidine alkaloids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *156*(1), 37–51.
- Piano, E., Annicchiarico, P., Romani, M., & Pecetti, L. (2007). Effect of the number of parents and their combining ability on the performance of synthetic varieties in tall fescue. *Australian Journal of Agricultural Research - AUST J AGR RES*, *58*. <https://doi.org/10.1071/AR06424>
- Pierre, J., Guen, J. L., Delègue, M. H. P., Mesquida, J., Marilleau, R., & Morin, G. (1996). Comparative study of nectar secretion and attractivity to bees of two lines of spring-type faba bean (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). *Apidologie*, *27*(2), 65–75. <https://doi.org/10.1051/apido:19960201>
- Pierre, J., Suso, M. J., Moreno, M. T., Esnault, R., & Le Guen, J. (1999). Diversité et efficacité de l'entomofaune pollinisatrice (Hymenoptera: Apidae) de la féverole (*Vicia faba* L.) sur 2 sites, en France et en Espagne. *Ann.Soc.Entomol.Fr.* Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XE20122002739>
- Pitts-Singer, T. L., & Cane, J. H. (2011a). The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, *56*, 221–237.
- Pitts-Singer, T. L., & Cane, J. H. (2011b). The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: the world's most intensively managed solitary bee. *Annual Review of Entomology*, *56*, 221–237.
- Poinar, G. O., & Danforth, B. N. (2006). A fossil bee from Early Cretaceous Burmese amber. *Science*, *314*(5799), 614–614.
- Porta, R., Di Pierro, P., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Kadivar, M., & Arabestani, A. (2015). Microstructure and properties of bitter vetch (*Vicia ervilia*) protein films reinforced by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, *50*, 102–107.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, *25*(6), 345–353.
- R. Henry, P. (1995). Cobalt bioavailability (pp. 119–126). <https://doi.org/10.1016/B978-012056250-3/50033-0>
- Radhika, V., Kost, C., Boland, W., & Heil, M. (2010). The role of jasmonates in floral nectar secretion. *PLoS One*, *5*(2), e9265.
- Raguso, R. A. (2009). Floral scent in a whole-plant context: moving beyond pollinator attraction. *Functional Ecology*, *23*(5), 837–840.
- Rahim, I., Sultan, J. I., Sharif, M., & Bilal, M. Q. (2013). Chemical composition, mineral profile, palatability and in Vitro digestibility of shrubs. *Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*, 45–49.
- Raine, N. E., & Chittka, L. (2007). The adaptive significance of sensory bias in a foraging context: floral colour preferences in the bumblebee *Bombus terrestris*. *PLoS One*, *2*(6), e556.
- Ramalho Ribeiro, J. M. C., & Portugal Melo, I. M. (1990). Composition and nutritive value of chickpea. *Options Méditerranéennes: Serie A. Seminaires Méditerranéennes; n. 9*, 107–111.

- Rasmont, P., Pauly, A., Terzo, M., Patiny, S., Michez, D., Iserbyt, S., ... Haubruge, E. (2005). The survey of wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Belgium and France. *Food and Agriculture Organisation, Rome*, 18.
- Regal, P. J. (1977). Ecology and evolution of flowering plant dominance. *Science*, 196(4290), 622–629.
- Reverté, S., Retana, J., Gómez, J. M., & Bosch, J. (2016). Pollinators show flower colour preferences but flowers with similar colours do not attract similar pollinators. *Annals of Botany*, 118(2), 249–257. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw103>
- Ribeiro, N. D., Maziero, S. M., Prigol, M., Nogueira, C. W., Rosa, D. P., & Possobom, M. T. D. F. (2012). Mineral concentrations in the embryo and seed coat of common bean cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26(1), 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.03.003>
- Richards, A. J. (2001). Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*, 88(2), 165–172.
- Riday, H., & Brummer, E. (2007). Narrow Sense Heritability and Additive Genetic Correlations in Alfalfa subsp. falcata. *Journal of the Iowa Academy of Science*, 114(1), 28–34.
- Ridge, S., Deokar, A., Lee, R., Daba, K., Macknight, R. C., Weller, J. L., & Tar'an, B. (2017). The Chickpea Early Flowering 1 (Efl1) Locus Is an Ortholog of Arabidopsis ELF3. *Plant Physiology*, 175(2), 802–815. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00082>
- Robinson, R. A., & Sutherland, W. J. (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*, 39(1), 157–176.
- Rodríguez-Pérez J, Traveset A (2016) Effects of flowering phenology and synchrony on the reproductive success of a long-flowering shrub AoB Plants, 8
- Rösch, M. (1998). The history of crops and crop weeds in south-western Germany from the Neolithic period to modern times, as shown by archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 7(2), 109–125. <https://doi.org/10.1007/BF01373928>
- Rosegrant, M. W., Fernandez, M., Sinha, A., Alder, J., Ahammad, H., Fraiture, C. de, ... Koyama, O. (2009). Looking into the future for agriculture and AKST.
- Rottoli, M., & Castiglioni, E. (2009). Prehistory of plant growing and collecting in northern Italy, based on seed remains from the early Neolithic to the Chalcolithic (c. 5600–2100 cal <Emphasis Type="SmallCaps">b.c.</Emphasis>). *Vegetation History and Archaeobotany*, 18(1), 91–103. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0139-1>
- Roubik, D. W. (1995). *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Food & Agriculture Org.
- Rubio, J., Flores, F., Moreno, M. T., Cubero, J. I., & Gil, J. (2004). Effects of the erect/bushy habit, single/double pod and late/early flowering genes on yield and seed size and their stability in chickpea. *Field Crops Research*, 90(2), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.03.005>
- Ruckle, M. E., Meier, M. A., Frey, L., Eicke, S., Kölliker, R., Zeeman, S. C., & Studer, B. (2017). Diurnal Leaf Starch Content: An Orphan Trait in Forage Legumes. *Agronomy*, 7(1), 16. <https://doi.org/10.3390/agronomy7010016>
- Russell, A. L., Golden, R. E., Leonard, A. S., & Papaj, D. R. (2016). Bees learn preferences for plant species that offer only pollen as a reward. *Behavioral Ecology*, 27(3), 731–740. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv213>

- Ryan, C. A. (1990). Protease inhibitors in plants: genes for improving defenses against insects and pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 28(1), 425–449.
- Sadeghi, G. H., Mohammadi, L., Ibrahim, S. A., & Gruber, K. J. (2009). Use of bitter vetch (*Vicia ervilia*) as a feed ingredient for poultry. *World's Poultry Science Journal*, 65(1), 51–64.
- Sadeghi, G. H., Pourreza, J., Samei, A., & Rahmani, H. (2008). Chemical composition and some anti-nutrient content of raw and processed bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed for use as feeding stuff in poultry diet. *Tropical Animal Health and Production*, 41(1), 85–93.
- Saki, A. A., Edriss, M., Janjan, A., Mahmoudi, H., & Hossieni, A. (2015). Amino Acid Digestibility and Energy Value of Bitter Vetch (a Cheap Plant Protein) and Effects of Feeding this Plant Protein on Production and Egg Quality Parameters of Leghorn and Native Layer Strain. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5, 189–196.
- Salih, M. E., Classen, H. L., & Campbell, G. L. (1991). Response of chickens fed on hull-less barley to dietary β -glucanase at different ages. *Animal Feed Science and Technology*, 33(1–2), 139–149.
- Samarah, N. H., Allataifeh, N., Turk, M., & Tawaha, A. R. (2003). Effect of maturity stage on germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46(4), 347–354.
- Sangwan, R. S., & Lodhi, G. P. (1998). Inheritance of flower and pod colour in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Euphytica*, 102(2), 191–193.
- Saoub, H. M., Akash, M. W., & Ayad, J. Y. (2012). Agronomic potential of vetch landraces from Jordan. *RESEARCH ON CROPS*, 13(1), 206–213.
- Sarker, A., Erskine, W., Sharma, B., & Tyagi, M. C. (1999). Inheritance and linkage relationship of days to flower and morphological loci in lentil (*Lens culinaris* Medikus subsp. *culinaris*). *Journal of Heredity*, 90(2), 270–275. <https://doi.org/10.1093/jhered/90.2.270>
- Schaefer, H. C. (1946). The role of proteins in animal nutrition. *Oil and Soap*, 23(12), 375–379. <https://doi.org/10.1007/BF02543638>
- Scippa, G. S., Trupiano, D., Rocco, M., Viscosi, V., Di Michele, M., D'andrea, A., & Chiatante, D. (2008). An integrated approach to the characterization of two autochthonous lentil (*Lens culinaris*) landraces of Molise (south-central Italy). *Heredity*, 101(2), 136.
- Scott-Dupree, C. D., Conroy, L., & Harris, C. R. (2009). Impact of currently used or potentially useful insecticides for canola agroecosystems on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae), *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), and *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 177–182.
- Sepehri, A., & Rouhi, H. R. (2016). Enhancement of Seed Vigor Performance in Aged Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) Seeds by Sodium Nitroprusside under Drought Stress, 99(4), 10.
- Serrano, A. R., & Guerra-Sanz, J. M. (2006). Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae*, 110(2), 160–166.
- Seydoşoğlu, S., Saruhan, V., & Kökten, K. (2015). Researches on determination yield and yield components of some bitter vetch (*Vicia ervilia* L. Willd) genotypes

- in ecological conditions of Diyarbakır. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 107–115.
- Shahwar, D., Bhat, T. M., Ansari, M. Y. K., Chaudhary, S., & Aslam, R. (2017). Health functional compounds of lentil (*Lens culinaris Medik*): A review. *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), S1–S15. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1287192>
- Sharifi, P., Astereki, H., & Pouresmael, M. (2018). Evaluation of variations in chickpea (*Cicer arietinum L.*) yield and yield components by multivariate technique. *Annals of Agrarian Science*.
- Sheffield, C., Griswold, T., & Richards, M. (2010). Discovery of the Western Palearctic bee, *Megachile (Pseudomegachile) ericetorum* (Hymenoptera: Megachilidae), in Ontario, Canada. *Journal of the Entomological Society of Ontario*, 85–92.
- Shewry, P. R. (2007). Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 239–250.
- Shewry, P. R., & Tatham, A. S. (1999). The characteristics, structures and evolutionary relationships of prolamins. In *Seed Proteins* (pp. 11–33). Springer.
- Shivwanshi, R., & Babbar, A. (2017). Principal Component Analysis of Chickpea (*Cicer arietinum L.*) Germplasm. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(10), 166–173. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.021>
- Sinjushin, A., & Liberzon, A. (2016). Contribution to genetic control of flower number in pea (*Pisum sativum L.*). *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 53, 116–119. <https://doi.org/10.5937/ratpov53-11949>
- Sinu, P. A., & Bronstein, J. L. (2018). Foraging preferences of leafcutter bees in three contrasting geographical zones. *Diversity and Distributions*.
- Smith, S. R., & Prince, K. (2017). How to Maximize Energy Content in Forage Grasses, 9.
- Smithson, J. B., & Lenne, J. M. (1996). Varietal mixtures: a viable strategy for sustainable productivity in subsistence agriculture. *Annals of Applied Biology*, 128(1), 127–158.
- Somerville, D. (1999). Honeybees (*Apis mellifera L.*) increase yields of faba beans (*Vicia faba L.*) in New South Wales while maintaining adequate protein requirements from faba bean pollen. *Animal Production Science*, 39, 1001–1005. <https://doi.org/10.1071/EA99023>
- Southwick, E. E., & Southwick Jr, L. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85(3), 621–633.
- Souza, C. (2015). Selection of cowpea progenies with enhanced drought-tolerance traits using principal component analysis. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 15981-15987.
- Srinivasan, S., Gaur, P. M., Chaturvedi, S. K., & Rao, B. V. (2006). Allelic relationships of genes controlling number of flowers per axis in chickpea. *Euphytica*, 152(3), 331–337. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9219-z>
- Stanley, D. A., Gunning, D., & Stout, J. C. (2013). Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus L.*) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. *Journal of Insect Conservation*, 17(6), 1181–1189.

- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tschardt, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology*, *83*(5), 1421–1432.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. G., & Packer, L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution*, *20*(12), 651–652.
- Stein, K., Coulibaly, D., Stenchly, K., Goetze, D., Porembski, S., Lindner, A., ... Linsenmair, E. K. (2017). Bee pollination increases yield quantity and quality of cash crops in Burkina Faso, West Africa. *Scientific Reports*, *7*(1), 17691. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17970-2>
- Stern, R., Sapir, G., Shafir, S., Dag, A., & Goldway, M. (2007). The Appropriate Management of Honey Bee Colonies for Pollination of Rosaceae Fruit Trees in Warm Climates. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, *1*, 13–19.
- Stevenson, P. C., Dhillon, M. K., Sharma, H. C., & El Bouhssini, M. (2007). Insect pests of lentil and their management. In *Lentil* (pp. 331–348). Springer.
- Stol, M. (1985). *Beans, peas, lentils and vetches in Akkadian texts*. Sumerian Agriculture Group.
- Sultan, J. I. (University of A., Agriculture, I-R. (University of, Technology), F. (Pakistan) I. of A. N. and F., Nawaz, H. (University of A., Yaqoob, M. (University of A., & Javed, I. (University of A. (2008). Mineral composition, palatability and digestibility of free rangeland grasses of northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany (Pakistan)*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2011000405>
- Suso, M. J., & Del Río, R. (2015). A crop–pollinator inter-play approach to assessing seed production patterns in faba bean under two pollination environments. *Euphytica*, *201*(2), 231–251.
- Suso, M. J., Harder, L., Moreno, M. T., & Maalouf, F. (2005). New strategies for increasing heterozygosity in crops: *Vicia faba* mating system as a study case. *Euphytica*, *143*(1–2), 51–65.
- Suso, M. J., Nadal, S., & Palmer, R. G. (2010). Potential power of the plant-pollinator relationship as a tool to enhance both environmental and production services of grain legumes in the context of low-input agriculture: what do we know? *Breeding for Resilience: A Strategy for Organic and Low-Input Farming Systems? EUCARPIA 2nd Conference of the Organic and Low-Input Agriculture Section, Paris, France, 1-3 December 2010*, 24–27.
- Suso, M. J., Pierre, J., Moreno, M. T., Esnault, R., & Le Guen, J. (2001). Variation in outcrossing levels in faba bean cultivars: role of ecological factors. *The Journal of Agricultural Science*, *136*(4), 399–405.
- Suso, María J., Bebeli, P. J., Christmann, S., Mateus, C., Negri, V., Pinheiro de Carvalho, M. A., ... Veloso, M. M. (2016). Enhancing legume ecosystem services through an understanding of plant–pollinator interplay. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 333.
- Suso, María José, Bebeli, P. J., & Palmer, R. G. (2015). Reproductive biology of grain legumes. In *Grain Legumes* (pp. 365–399). Springer.
- Suso, María José, & Maalouf, F. (2010). Direct and correlated responses to upward and downward selection for outcrossing in *Vicia faba*. *Field Crops Research*, *116*(1–2), 116–126.

- Szabo, T. I., & Smith, M. V. (1972). The influence of light intensity and temperature on the activity of the alfalfa leaf-cutter bee *Megachile rotundata* under field conditions. *Journal of Apicultural Research*, *11*(3), 157–165.
- Tabatabaei, M.A., Aliarabi, H., Nik-Khah, A. and Miraei-Ashtiani, S.R. (2000) The chemical analysis of bush and nutritive value of bitter vetch grain by in vivo method. *Iranian Journal of Agricultural Science* 31: 601-612.
- Tambal, H. A. A., Erskine, W., Baalbaki, R., & Zaiter, H. (2000). Relationship of flower and pod numbers per inflorescence with seed yield in lentil. *Experimental Agriculture*, *36*(3), 369–378.
- Tang, C., & Thomson, B. D. (1996). Effects of solution pH and bicarbonate on the growth and nodulation of a range of grain legume species. *Plant and Soil*, *186*(2), 321–330.
- Terzopoulos, P. J., & Bebeli, P. J. (2010). Phenotypic diversity in Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces. *Scientia Horticulturae*, *126*(2), 138–144.
- Tesemma, T., & Bechere, E. (1998). Developing elite durum wheat landrace selections (composites) for Ethiopian peasant farm use: raising productivity while keeping diversity alive. *Euphytica*, *102*(3), 323–328.
- Tester, M., & Langridge, P. (2010). Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science*, *327*(5967), 818–822.
- Thornton, P. K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *365*(1554), 2853–2867.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., ... Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, *292*(5515), 281–284.
- Tolera, A., & Sundstøl, F. (1999). Morphological fractions of maize stover harvested at different stages of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. *Animal Feed Science and Technology*, *81*(1–2), 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00072-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00072-3)
- Tomimatsu, H., Ohara, M. (2006). Evolution of hierarchical floral resource allocation associated with mating system in an animal-pollinated hermaphroditic herb, *Trillium camschatcense* (Trilliaceae) *American Journal of Botany*, *93*(1), 134–141.
- Torres, C., & Galetto, L. (2002). Are nectar sugar composition and corolla tube length related to the diversity of insects that visit Asteraceae flowers? *Plant Biology*, *4*(3), 360–366.
- Turk, M.A. (1999). Effect of sowing rate and irrigation on dry biomass and grain yield of bitter vetch (*Vicia ervilia*) and narbon vetch (*Vicia narbonensis*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, *69*(6).
- Turk, Munir A., & Tawaha, A.-R. M. (2002). Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. minor) in the absence of moisture stress. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, *6*(3), 171–178.
- Turner, N. C. (2003). Adaptations to drought: lessons from studies with chickpea.
- Upadhyaya, H. D., Bajaj, D., Das, S., Saxena, M. S., Badoni, S., Kumar, V., ... Parida, S. K. (2015). A genome-scale integrated approach aids in genetic dissection of complex flowering time trait in chickpea. *Plant Molecular Biology*, *89*(4–5), 403–420. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0377-z>

- Upadhyaya, H. D., Dwivedi, S. L., Ambrose, M., Ellis, N., Berger, J., Smýkal, P., ... Flavell, A. (2011). Legume genetic resources: management, diversity assessment, and utilization in crop improvement. *Euphytica*, *180*(1), 27–47.
- Uzun, S., Uzun, O., Kaplan, M., & Ilbas, A. I. (2013). Response of Bitter Vetch Lines to Salt Stress. *Bulg J Agric Sci*, *19*, 1061–1067.
- Valamoti, S. (2001). *Archaeobotanical investigation of Late Neolithic and Early Bronze Age agriculture and plant exploitation in northern Greece* (PhD Thesis). University of Sheffield.
- van de Wouw, Mark, Enneking, D., Maxted, N., & Robertson, L. (1999). Genetic resources of mediterranean Vicia species.
- van Hintum, T. J., Brown, A. H. D., Spillane, C., & Hodkin, T. (2000). *Core collections of plant genetic resources*. Bioversity International.
- van Hintum, T. J., & Visser, D. L. (1995). Duplication within and between germplasm collections. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *42*(2), 135–145.
- van Swaay, C., Maes, D., Collins, S., Munguira, M. L., Šašić, M., Settele, J., ... Wynhoff, I. (2011). Applying IUCN criteria to invertebrates: How red is the Red List of European butterflies? *Biological Conservation*, *144*(1), 470–478.
- van Zeist, W., & Bottema, S. (1971). Plant husbandry in early neolithic Nea Nikomedeia, Greece. *Acta Botanica Neerlandica*, *20*(5), 524–538.
- Van Zeist, W., & De Roller, G. J. (2003). The Çayönü archaeobotanical record. *Reports on Archaeobotanical Studies in the Old World*, 143–166.
- Vanbergen, A. J. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *11*(5), 251–259.
- Vandemark, G. J., Grusak, M. A., & McGee, R. J. (2018). Mineral concentrations of chickpea and lentil cultivars and breeding lines grown in the U.S. Pacific Northwest. *The Crop Journal*, *6*(3), 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.12.003>
- Vandenborre, G., Smagghe, G., & Van Damme, E. J. (2011). Plant lectins as defense proteins against phytophagous insects. *Phytochemistry*, *72*(13), 1538–1550.
- vanEngelsdorp, D., Hayes Jr, J., Underwood, R. M., Caron, D., & Pettis, J. (2011). A survey of managed honey bee colony losses in the USA, fall 2009 to winter 2010. *Journal of Apicultural Research*, *50*(1), 1–10.
- Vasconcelos, I. M., & Oliveira, J. T. A. (2004). Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*, *44*(4), 385–403.
- Vázquez, D. P., & Aizen, M. A. (2004). Asymmetric Specialization: A Pervasive Feature of Plant–Pollinator Interactions. *Ecology*, *85*(5), 1251–1257. <https://doi.org/10.1890/03-3112>
- Verma, P., & Gupta, U. P. (2010). Immunological detection of bean common mosaic virus in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) leaves. *Indian Journal of Microbiology*, *50*(3), 263–265.
- Vida, G. (1994). Global issues of genetic diversity. In *Conservation Genetics* (pp. 9–19). Springer.
- Villa, T. C. C., Maxted, N., Scholten, M., & Ford-Lloyd, B. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, *3*(3), 373–384.
- Warne, R. W. (2014). The micro and macro of nutrients across biological scales. *Integrative and Comparative Biology*, *54*(5), 864–872. <https://doi.org/10.1093/icb/icu071>
- Warnke, E., Barker, E., Brilman, A., Young, C., & Cook, L. (2002). Inheritance of superoxide dismutase (Sod-1) in a perennial x annual ryegrass cross and its allelic distribution among cultivars. *TAG. Theoretical and Applied Genetics*.

- Theoretische Und Angewandte Genetik*, 105(8), 1146–1150.
<https://doi.org/10.1007/s00122-002-1007-0>
- Watanabe, M. E. (1994). Pollination worries rise as honey bees decline. *Science*, 265(5176), 1170–1171.
- Wattiaux, M. A. (1999). Composition and Analysis of Feeds. *Dairy Essentials*, 5–8.
- Wedmann, S., Wappler, T., & Engel, M. S. (2009). Direct and indirect fossil records of megachilid bees from the Paleogene of Central Europe (Hymenoptera: Megachilidae). *Naturwissenschaften*, 96(6), 703–712.
- Weeden, N. F. (2007). Genetic changes accompanying the domestication of *Pisum sativum*: is there a common genetic basis to the ‘domestication syndrome’ for legumes? *Annals of Botany*, 100(5), 1017–1025.
- Weeden, N. F., Brauner, S., & Przyborowski, J. A. (2002). Genetic analysis of pod dehiscence in pea (*Pisum sativum* L.). *Cellular & Molecular Biology Letters*, 7(2B), 657–663.
- Weiss, J., Delgado-Benarroch, L., & Egea-Cortines, M. (2005). Genetic control of floral size and proportions. *The International Journal of Developmental Biology*, 49(5–6), 513–525. <https://doi.org/10.1387/ijdb.051998jw>
- Weiss, M. R., & Lamont, B. B. (1997). Floral color change and insect pollination: a dynamic relationship. *Israel Journal of Plant Sciences*, 45(2–3), 185–199.
- Weller, J. L., & Ortega, R. (2015). Genetic control of flowering time in legumes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 207.
- Weng, L., Bai, X., Zhao, F., Li, R., & Xiao, H. (2016). Manipulation of flowering time and branching by overexpression of the tomato transcription factor SIZFP2. *Plant Biotechnology Journal*, 14(12), 2310–2321. <https://doi.org/10.1111/pbi.12584>
- Wessler, J. (2005). Environmental benefits and costs of transgenic crops: introduction. *Frontis*, 1–6.
- Westerkamp, C. (1997). Keel blossoms: bee flowers with adaptations against bees. *Flora*, 192(2), 125–132.
- Westerkamp, C., & Weber, A. (1999). Keel flowers of the Polygalaceae and Fabaceae: a functional comparison. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 129(3), 207–221.
- Westrich, P. (1989). The wild bees of Baden-Württemberg. *The Wild Bees of Baden-Württemberg*.
- Whitney, H.M., Milne, G., Rands, S.A., Vignolini, S., Martin, C., Glover, B.J. (2013). The influence of pigmentation patterning on bumblebee foraging from flowers of *Antirrhinum majus*. *Naturwissenschaften*, 100(3), 249–256.
- Willcox, G., Buxo, R., & Herveux, L. (2009). Late Pleistocene and early Holocene climate and the beginnings of cultivation in northern Syria. *The Holocene*, 19(1), 151–158.
- Willcox, G., Fornite, S., & Herveux, L. (2008). Early Holocene cultivation before domestication in northern Syria. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(3), 313–325.
- Williams, I. H. (1994). The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews (United Kingdom)*.
- Williams, P. H., & Osborne, J. L. (2009). Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, 40(3), 367–387.
- Williamson, V. M., & Hussey, R. S. (1996). Nematode pathogenesis and resistance in plants. *The Plant Cell*, 8(10), 1735.

- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Wilson, V. E., & Hudson, L. W. (1978). Inheritance of lentil flower color. *Journal of Heredity*, 69(2), 129–130.
- Winfree, R. (2010). The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 169–197. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05449.x>
- Winters, A., Leemans, D., M Morris, S., Pippel, J., Lovatt, A., Charlton, A., & Gallagher, J. (2010). High-sugar perennial ryegrass as a feed-stock for bioconversion to platform chemicals. *Aspects of Applied Biology*, 101, 79.
- Woodcock, B. A., Edwards, M., Redhead, J., Meek, W. R., Nuttall, P., Falk, S., ... Pywell, R. F. (2013). Crop flower visitation by honeybees, bumblebees and solitary bees: Behavioural differences and diversity responses to landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 171, 1–8.
- Woodcock, B. A., Savage, J., Bullock, J. M., Nowakowski, M., Orr, R., Tallowin, J. R. B., & Pywell, R. F. (2014). Enhancing floral resources for pollinators in productive agricultural grasslands. *Biological Conservation*, 171, 44–51.
- Worthington, M., Soleri, D., Aragón-Cuevas, F., Gepts, P. (2012). Genetic composition and spatial distribution of farmer-managed Phaseolus bean plantings: an example from a village in Oaxaca, Mexico *Crop Science*, 52(4), 1721-1735.
- Wouw, M. (2001). van de, Enneking D., Robertson LD, Maxted N. Vetches (*Vicia L.*).
- Wray, J. C., Neame, L. A., & Elle, E. (2014). Floral resources, body size, and surrounding landscape influence bee community assemblages in oak-savannah fragments. *Ecological Entomology*, 39(1), 83–93.
- Wright, G. A., & Schiestl, F. P. (2009). The evolution of floral scent: the influence of olfactory learning by insect pollinators on the honest signalling of floral rewards. *Functional Ecology*, 23(5), 841–851.
- Yadav, K. S., Yadav, H. S., & Dixit, H. (2010). Heterosis and inbreeding depression in cowpea. *Journal of Agricultural Science*, 6(2), 537–540.
- Yalçın, S., Tuncer, I., & Onbaşlar, E. E. (2003). The use of different levels of common vetch seed (*Vicia sativa L.*) in diets for fattening rabbits. *Livestock Production Science*, 84(1), 93–97.
- Yang, U. M. (Iwate U., & Fujita, H. (1997). Changes in grass lipid fractions and fatty acid composition attributed to hay making. *Journal of Japanese Society of Grassland Science (Japan)*. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=JP1997003896>
- Yurtsever, S., Okyar, Z., & Guler, N. (2010). What colour of flowers do Lepidoptera prefer for foraging? *Biologia*, 65(6), 1049–1056.
- Zantigiaco P, Fortunato L, Quaranta M (2014) *Andrena flavipes* Panzer: dinamica di popolazione e preferenze florali in un'area dell'Italia nord-orientale Gortania - Botanica, Zoologia 35 (2013) 49-54.
- Zapata, L., Peña-Chocarro, L., Pérez-Jordá, G., & Stika, H.-P. (2004). Early Neolithic Agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory*, 18(4), 283–325. <https://doi.org/10.1007/s10963-004-5621-4>
- Zargar, S., Mahajan, R., Farhat, S., Nazir, M., Ahmad, R., Salgotra, R., & Mallick, S. A. (2015). Understanding the role of iron and zinc in animals and crop plants from genomics perspective. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9, 182–196.

- Zeven, A. C. (1998). Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica*, 104(2), 127–139.
- Zeven, A. C. (2002). Traditional maintenance breeding of landraces: 2. Practical and theoretical considerations on maintenance of variation of landraces by farmers and gardeners. *Euphytica*, 123(2), 147–158.
- Zhang, J. X., Xue, A. G., Zhang, H. J., Nagasawa, A. E., & Tambong, J. T. (2010). Response of soybean cultivars to root rot caused by *Fusarium* species. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(5), 767–776.
- Zhang, X., & Mosjidis, J. A. (1995). Breeding systems of several *Vicia* species. *Crop Science*, 35(4), 1200–1202.
- Zheng-Hong, L. I., LIANG, N., Hong, M. A., SAXENA, K. B., Tao, Y., Xiu-Xian, L. I. U., & Xu-Xiao, Z. (2012). Insect pollinators in CGMS hybrid seed production of *Cajanus cajan*. *Acta Agronomica Sinica*, 37(12), 2187–2193.
- Zohary, D., & Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the Old World: the origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. *Oxford University Press, New York*.
- Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. OUP Oxford.

6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας Π 1. Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Ca.

<i>Πληθυσμός</i>	<i>Μέση βαθμίδα κατάταξης</i>	<i>Μ.Ο.</i>
<i>ERV1</i>	88	0,185
<i>ERV18</i>	87	0,24
<i>AUA2</i>	86,5	0,23
<i>ERV36</i>	85,5	0,205
<i>ERV27</i>	85,25	0,165
<i>ERV65</i>	85,25	0,165
<i>AUA3</i>	82	0,665
<i>ERV33</i>	81	0,175
<i>AUA7</i>	80,5	0,145
<i>ERV15</i>	79,5	0,265
<i>PI 393850</i>	76,75	0,135
<i>ERV49</i>	75,75	0,135
<i>ERV51</i>	73,25	0,125
<i>ERV41</i>	66,25	0,11
<i>ERV26</i>	64	0,13
<i>AUA5</i>	58,25	0,085
<i>ERV16</i>	58,25	0,085
<i>ERV28</i>	58,25	0,085
<i>ERV40</i>	55,25	0,15
<i>PI 515978</i>	55	0,095
<i>ERV64</i>	52,5	0,085
<i>ERV42</i>	50,5	0,08
<i>ERV24</i>	49,25	0,17
<i>PI 206489</i>	46,75	0,075
<i>PI 284321</i>	46,75	0,075
<i>PI 518455</i>	46,75	0,075
<i>ERV23</i>	46,75	0,075
<i>ERV66</i>	46	0,095
<i>ERV48</i>	44,75	0,09
<i>ERV45</i>	42,25	0,08

PI 577718	39	0,07
AUA10	39	0,07
ERV38	39	0,07
ERV53	39	0,07
AUA1	36,5	0,07
ERV46	36,5	0,07
ERV11	28,75	0,065
ERV42	28,75	0,065
ERV52	28,75	0,065
PI 229733	21,75	0,06
AUA6	21,75	0,06
PI 420950	18,5	0,06
AUA9	18,5	0,06
ERV31	18,5	0,06
ERV13	18,5	0,06
ERV35	18,5	0,06
ERV9	11,5	0,055
AUA4	4,5	0,05
ERV54	4,5	0,05

Πίνακας Π 2. Κατάταξη Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Mg.

<i>Πληθυσμός</i>	<i>Μέση βαθμίδα κατάταξης</i>	<i>Μ.Ο.</i>
<i>ERV28</i>	94,5	0,07
<i>AUA3</i>	81,5	0,07
<i>ERV27</i>	79,75	0,065
<i>ERV18</i>	79,75	0,065
<i>ERV15</i>	79,75	0,065
<i>ERV65</i>	79,75	0,065
<i>PI 206489</i>	65	0,06
<i>PI 229733</i>	65	0,06
<i>PI 284321</i>	65	0,06
<i>PI 577718</i>	65	0,06
<i>AUA1</i>	65	0,06
<i>AUA7</i>	65	0,06
<i>AUA9</i>	65	0,06
<i>AUA10</i>	65	0,06
<i>ERV16</i>	65	0,06
<i>ERV23</i>	65	0,06
<i>ERV26</i>	65	0,06
<i>ERV64</i>	65	0,06
<i>ERV36</i>	65	0,06
<i>ERV38</i>	65	0,06
<i>ERV40</i>	65	0,06
<i>ERV41</i>	65	0,06
<i>ERV53</i>	65	0,06
<i>PI 393850</i>	42,5	0,055
<i>PI 420950</i>	42,5	0,055
<i>PI 515978</i>	42,5	0,055
<i>PI 518455</i>	42,5	0,055
<i>AUA2</i>	42,5	0,055
<i>AUA4</i>	42,5	0,055
<i>AUA5</i>	42,5	0,055
<i>ERV24</i>	42,5	0,055
<i>ERV31</i>	42,5	0,055

<i>ERV1</i>	42,5	0,055
<i>ERV42</i>	42,5	0,055
<i>ERV46</i>	42,5	0,055
<i>ERV51</i>	42,5	0,055
<i>ERV52</i>	42,5	0,055
<i>AUA6</i>	20	0,05
<i>ERV9</i>	20	0,05
<i>ERV11</i>	20	0,05
<i>ERV13</i>	20	0,05
<i>ERV66</i>	20	0,05
<i>ERV33</i>	20	0,05
<i>ERV35</i>	20	0,05
<i>ERV42</i>	20	0,05
<i>ERV48</i>	20	0,05
<i>ERV49</i>	20	0,05
<i>ERV54</i>	20	0,05
<i>ERV45</i>	10,5	0,025

Πίνακας Π 3. Κατάταξη Κατάταξη κατά Kruskal-Wallis των 49 πληθυσμών ρόβης σε βαθμίδες βάσει της τιμής της διαμέσου τους ως προς την περιεκτικότητα του σπόρου σε Zn.

Πληθυσμός	Μέση βαθμίδα κατάταξης	M.O.
<i>ERV1</i>	97	0,98
<i>ERV35</i>	94,5	0,585
<i>ERV40</i>	94,5	0,64
<i>ERV27</i>	90,5	0,385
<i>AUA10</i>	85	0,355
<i>ERV23</i>	82,5	0,35
<i>ERV28</i>	82,5	0,35
<i>ERV64</i>	82,5	0,35
<i>AUA3</i>	82,25	0,355
<i>PI 206489</i>	81,5	0,35
<i>PI 518455</i>	79	0,345
<i>ERV15</i>	75,5	0,34
<i>ERV53</i>	70,5	0,33
<i>PI 515978</i>	70,25	0,33
<i>ERV38</i>	67,75	0,325
<i>PI 229733</i>	65	0,32
<i>ERV41</i>	62,5	0,32
<i>AUA5</i>	59,75	0,315
<i>ERV16</i>	59,75	0,315
<i>ERV42</i>	59,75	0,315
<i>PI 577718</i>	54,5	0,31
<i>ERV42</i>	54,5	0,31
<i>PI 420950</i>	53,75	0,385
<i>PI 284321</i>	48	0,305
<i>PI 393850</i>	48	0,305
<i>AUA1</i>	48	0,305
<i>ERV26</i>	48	0,305
<i>ERV18</i>	48	0,305
<i>ERV9</i>	41,5	0,3
<i>ERV36</i>	41,5	0,3
<i>AUA9</i>	36,75	0,295

ERV11	36,75	0,295
ERV45	36,75	0,295
ERV49	34,5	0,29
AUA7	32	0,29
AUA4	28	0,285
AUA6	28	0,285
ERV24	24	0,28
ERV13	24	0,28
ERV66	24	0,28
ERV54	14,75	0,27
AUA2	14,5	0,27
ERV65	14,5	0,27
ERV46	14,5	0,27
ERV48	14,5	0,27
ERV31	5,5	0,26
ERV33	5,5	0,26
ERV51	5,5	0,26
ERV52	3,25	0,255

Πίνακας Π 4. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στην επισκεψιμότητα των επικονιαστών¹ και τους χαρακτήρες ανθικού σχεδιασμού² του κάθε πληθυσμού της ρόβης.

AUA5									
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΜΑΣ	ΜΠ	ΠΠ	ΜΤ	ΠΤ	ΜΣ	ΜΩ
Αφθονία ειδών	1	0,88	0,97*	-0,99***	-0,70	0,10	-0,96*	-0,43	-0,89
Δραστ. επικ.		1	0,82	-0,88	-0,75	-0,06	-0,80	-0,24	-0,86
ΜΑΣ			1	-0,97*	-0,55	0,33	-0,99**	-0,62	-0,77
ΜΠ				1	0,70	-0,10	0,96*	0,43	0,89
ΠΠ					1	0,61	0,49	-0,31	0,96*
ΜΤ						1	-0,39	-0,94	0,36
ΠΤ							1	0,67	0,72
ΜΣ								1	-0,03
ΜΩ									1
ERV65									
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΜΑΣ	ΜΠ	ΠΠ	ΜΤ	ΠΤ	ΜΣ	ΜΩ
Αφθονία ειδών	1	0,84	-0,95*	0,92*	0,79	0,42	0,78	0,94	0,15
Δραστ. επικ.		1	-0,81	0,95*	0,99**	-0,09	0,99**	0,90	-0,38
ΜΑΣ			1	-0,95*	-0,79	-0,50	-0,79	-0,99*	-0,23

ΜΠ				1	0,95*	0,19	0,94	0,99*	-0,10
ΠΠ					1	-0,13	0,99***	0,88	-0,42
ΜΤ						1	-0,14	0,35	0,96*
ΠΤ							1	0,88	-0,42
ΜΣ								1	0,06
ΜΩ									1
ERV45									
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΜΑΣ	ΜΠ	ΠΠ	ΜΤ	ΠΤ	ΜΣ	ΜΩ
Αφθονία ειδών	1,00	0,95*	0,52	-0,42	-0,59	0,52	-0,81	0,59	0,82
Δραστ. επικ.		1,00	0,42	-0,60	-0,51	0,42	-0,95	0,76	0,95*
ΜΑΣ			1,00	0,46	-0,99**	1,00***	-0,16	-0,24	0,18
ΜΠ				1,00	-0,37	0,46	0,81	-0,97*	-0,79
ΠΠ					1,00	-0,99**	0,26	0,15	-0,27
ΜΤ						1,00	-0,16	-0,24	0,18
ΠΤ							1,00	-0,92	-0,99***
ΜΣ								1,00	0,91
ΜΩ									1,00
ERV53									
	Αφθονία ειδών	Δραστ. επικ.	ΜΑΣ	ΜΠ	ΠΠ	ΜΤ	ΠΤ	ΜΣ	ΜΩ

Αφθονία ειδών	1,00	0,99**	0,44	-0,13	0,90	0,75	-0,99**	0,96*	-0,33
Δραστ. επικ.		1,00	0,35	-0,22	0,94	0,82	-0,99*	0,98*	-0,43
ΜΑΣ			1,00	0,83	0,01	-0,25	-0,50	0,18	0,70
ΜΠ				1,00	-0,54	-0,75	0,07	-0,39	0,98*
ΠΠ					1,00	0,96*	-0,87	0,99*	-0,71
ΜΤ						1,00	-0,71	0,90	-0,87
ΠΤ							1	-0,94	0,28
ΜΣ								1,00	-0,58
ΜΩ									1,00

¹ Αφθονία ειδών και δραστηριότητα επικονιαστών

² Μήκος ανθικού σωλήνα (ΑΣ), μήκος πέτασου (ΜΠ), πλάτος πέτασου (ΠΠ), μήκος τρόπιδας (ΜΤ), πλάτος τρόπιδας (ΠΤ), μήκος στύλου (ΜΣ), μήκος ωοθήκης (ΜΩ)

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Πίνακας Π 5. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες επισκευσιμότητας επικονιαστών και τους χαρακτήρες φαινολογίας για κάθε πληθυσμό της ρόβης.

AUA5					
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ
Αφθονία ειδών	1	0,88	0,78	-0,87	-0,42
Δραστηριότητα επικονιαστών		1	0,63	-0,53	-0,06
ΔΑ			1	-0,75	-0,02
ΕΑ				1	0,68
ΤΑ					1
ERV65					
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ
Αφθονία ειδών	1	0,84	0,77	-0,77	.
Δραστηριότητα επικονιαστών		1	0,99**	-0,99**	.
ΔΑ			1	-1,00	.
ΕΑ				1	.
ΤΑ					1
ERV45					
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ
Αφθονία ειδών	1	0,95	-0,36	0,73	0,48
Δραστηριότητα επικονιαστών		1	-0,41	0,68	0,28
ΔΑ			1	-0,88	0,53
ΕΑ				1	-0,07
ΤΑ					1
ERV53					
	Αφθονία ειδών	Δραστηριότητα επικονιαστών	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ
Αφθονία ειδών	1	0,99	0,85	-0,87	0,33
Δραστηριότητα επικονιαστών		1	0,91	-0,86	0,43
ΔΑ			1	-0,77	0,68
ΕΑ				1	-0,06
ΤΑ					1

Πίνακας Π 6. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης¹ και την επισκεψιμότητα² των επικονιαστών.

AUA5							
	Αφθονία	Δραστηριότητα	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΦ	ΣΑΛ	ΒΣ
Αφθονία	1	0,88*	0,98**	-0,18	0,13	0,90**	0,08
Δραστηριότητα		1	0,87*	0,02	0,31	0,78	0,22
ΛΑΦ			1	0,60	0,52	0,87	0,40
ΜΛ				1	0,77	0,59	0,66
ΣΑΦ					1	0,60	0,29
ΣΑΛ						1	0,32
ΒΣ							1
ERV65							
	Αφθονία	Δραστηριότητα	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΦ	ΣΑΛ	ΒΣ
Αφθονία	1	0,84*	-0,37	-0,73	-0,88*	-0,35	0,07
Δραστηριότητα		1	-0,20	-0,27	-0,58	-0,11	0,55
ΛΑΦ			1	0,60	0,52	0,87	0,40
ΜΛ				1	0,77	0,59	0,66
ΣΑΦ					1	0,60	0,29
ΣΑΛ						1	0,32
ΒΣ							1
ERV45							
	Αφθονία	Δραστηριότητα	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΦ	ΣΑΛ	ΒΣ
Αφθονία	1	0,95**	0,59	0,77	0,45	-0,12	0,93**
Δραστηριότητα		1	0,71	0,70	0,46	-0,02	0,96**
ΛΑΦ			1	0,60	0,52	0,87	0,40
ΜΛ				1	0,77	0,59	0,66
ΣΑΦ					1	0,60	0,29
ΣΑΛ						1	0,32
ΒΣ							1
ERV53							
	Αφθονία	Δραστηριότητα	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΦ	ΣΑΛ	ΒΣ
Αφθονία	1	0,99***	0,99***	0,77	-0,07	0,98**	0,79
Δραστηριότητα		1	0,99***	0,84*	0,03	0,99**	0,85*
ΛΑΦ			1	0,60	0,52	0,87	0,40
ΜΛ				1	0,77	0,59	0,66
ΣΑΦ					1	0,60	0,29
ΣΑΛ						1	0,32
ΒΣ							1

¹Μήκος ανθικού σωλήνα (ΑΣ), μήκος πέτασου (ΜΠ), πλάτος πέτασου (ΠΠ), μήκος τρόπιδας (ΜΤ), πλάτος τρόπιδας (ΠΤ), μήκος στύλου (ΜΣ), μήκος ωοθήκης (ΜΩ)

² Αφθονία ειδών και δραστηριότητα επικονιαστών

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Πίνακας Π 7. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ χαρακτήρων απόδοσης¹ και φαινολογίας άνθησης² των 6 υπό μελέτη πληθυσμών ρόβης.

	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ	ΛΑΒ	ΜΛ	ΣΑΛ	ΣΑΦ	ΒΣ
ΔΑ	1	-0,86***	-0,41*	0,22	0,47*	0,19	0,08	0,13
ΕΑ		1,00	0,81***	-0,29	-0,57**	-0,34	-0,26	-0,18
ΤΑ			1,00	-0,27	-0,48*	-0,39	-0,36	-0,16
ΛΑΒ				1,00	0,60**	0,52**	0,87***	0,40
ΜΛ					1,00	0,77***	0,59**	0,66**
ΣΑΛ						1,00	0,60**	0,29
ΣΑΦ							1,00	0,32
ΒΣ								1,00

¹ Λοβοί ανά φυτό (ΛΑΒ), μήκος λοβού (ΜΛ), σπόροι ανά λοβό (ΣΑΛ), σπόροι ανά φυτό (ΣΑΦ), βάρος 100 σπερμάτων (ΒΣ)

² Διάρκεια άνθησης (ΔΑ), έναρξη άνθησης (ΕΑ), τέλος άνθησης (ΤΑ)

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Πίνακας Π 8. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης¹ και ανθικού σχεδιασμού² στους 6 υπό μελέτη τοπικούς πληθυσμούς της ρόβης.

	ΑΣ	ΜΠ	ΠΠ	ΜΤ	ΠΤ	ΜΣ	ΜΩ	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΛ	ΣΑΦ	ΒΣ
ΑΣ	1	-0,83***	-0,53**	-0,24	-0,11	-0,98***	-0,85***	-0,36	-0,65**	-0,51**	-0,32	-0,38
ΜΠ		1	0,81***	0,15	0,22	0,74***	0,77***	0,20	0,38	0,24	0,16	0,34
ΠΠ			1	-0,23	-0,042	0,38	0,65**	0,20	0,32	0,19	0,15	0,49
ΜΤ				1	0,042	0,30	0,13	0,02	-0,20	-0,15	-0,13	-0,37
ΠΤ					1	0,09	-0,03	-0,49	-0,24	-0,18	-0,36	-0,27
ΜΣ						1	0,82***	0,42	0,67**	0,50	0,35	0,38
ΜΩ							1	0,45	0,61**	0,46	0,25	0,49
ΛΑΦ								1	0,60**	0,52**	0,87***	0,40
ΜΛ									1	0,77***	0,59**	0,66**
ΣΑΛ										1	0,60**	0,25
ΣΑΦ											1	0,32
ΒΣ												1

¹ Λοβοί ανά φυτό (ΛΑΒ), μήκος λοβού (ΜΛ), σπόροι ανά λοβό (ΣΑΛ), σπόροι ανά φυτό (ΣΑΦ), βάρος 100 σπερμάτων (ΒΣ)

² Μήκος ανθικού σωλήνα (ΑΣ), μήκος πέτασου (ΜΠ), πλάτος πέτασου (ΠΠ), μήκος τρόπιδας (ΜΤ), πλάτος τρόπιδας (ΠΤ), μήκος στύλου (ΜΣ), μήκος ωοθήκης (ΜΩ)

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Πίνακας Π 9. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες απόδοσης ¹ και τα θρεπτικά στοιχεία του αχύρου ² που εξετάστηκαν στους 6 υπό μελέτη πληθυσμούς της ρόβης (*AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45, ERV53*)

	ΛΑΦ	ΜΛ	ΣΑΛ	ΣΑΦ	ΒΣ	Πρωτεΐνη	Ινώδεις	NDF	ADF	Ξ.Ο.	Τέφρα	Λ.Ο.	Άμυλο
ΛΑΦ	1	0,60**	0,52**	0,87***	0,40	-0,28	-0,11	-0,10	-0,13	-0,01	-0,24	0,48*	-0,23
ΜΛ		1	0,77***	0,59**	0,66**	-0,73***	0,16	0,24	0,24	0,32	-0,38	0,39	0,05
ΣΑΛ			1	0,60**	0,29	-0,45*	0,03	0,15	0,13	0,15	-0,14	0,11	0,14
ΣΑΦ				1	0,32	-0,35	-0,10	-0,04	-0,06	0,03	-0,21	0,42*	-0,18
ΒΣ					1	-0,57**	0,64**	0,56**	0,59**	0,39	-0,62**	0,09	0,32
Πρωτεΐνη						1	-0,31	-0,38	-0,37	-0,32	0,46*	-0,44*	-0,15
Ινώδεις							1	0,78***	0,86***	0,42*	-0,65**	-0,40	0,68**
NDF								1	0,98***	0,61**	-0,48*	-0,29	0,90***
ADF									1	0,64**	-0,50*	-0,32	0,86***
Ξ.Ο.										1	0,09	-0,09	0,44*
Τέφρα											1	-0,02	-0,35
Λ.Ο.												1	-0,53**
Άμυλο													1

¹ Λοβοί ανά φυτό (ΛΑΒ), μήκος λοβού (ΜΛ), σπόροι ανά λοβό (ΣΑΛ), σπόροι ανά φυτό (ΣΑΦ), βάρος 100 σπερμάτων (ΒΣ)

² Πρωτεΐνη, Συνολικές ινώδεις ουσίες (Ινώδεις), κλάσματα NDF, ADF ινωδών ουσιών, ξηρά ουσία, τέφρα, λιπαρές ουσίες, άμυλο.

* p < 0,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

Πίνακας Π 10. Συντελεστές συσχέτισης ανάμεσα στους χαρακτήρες φαινολογίας της άνθησης¹ και στα θρεπτικά στοιχεία αχύρου² που εξετάστηκαν στους 6 υπό μελέτη πληθυσμούς της ρόβης (AUA2, AUA5, ERV65, ERV35, ERV45, ERV53).

	ΔΑ	ΕΑ	ΤΑ	Πρωτεΐνη	Ινώδεις	NDF	ADF	Ξηρά ουσία	Τέφρα	Λιπαρές ουσίες	Άμυλο
ΔΑ	1	-0,86	-0,41	-0,40	-0,29	-0,20	-0,23	0,03	0,00	0,61**	-0,35
ΕΑ		1	0,81	0,59**	0,31	0,28	0,29	0,03	0,00	-0,74***	0,47*
ΤΑ			1	0,60**	0,24	0,29	0,28	0,11	0,00	-0,64**	0,46*
Πρωτεΐνη				1	-0,31	-0,39	-0,38	-0,32	0,46	-0,44	-0,15
Ινώδεις					1	0,79	0,87	0,42	-0,65	-0,40	0,68
NDF						1	0,98	0,63	-0,48	-0,27	0,88
ADF							1	0,64	-0,50	-0,31	0,85
Ξηρά ουσία								1	0,09	-0,09	0,44
Τέφρα									1	-0,02	-0,35
Λιπαρές ουσίες										1	-0,53
Άμυλο											1

¹ Διάρκεια άνθησης (ΔΑ), Έναρξη άνθησης (ΕΑ), Τέλος άνθησης (ΤΑ)

² Πρωτεΐνη, Συνολικές ινώδεις ουσίες (Ινώδεις), κλάσματα NDF, ADF ινωδών ουσιών, ξηρά ουσία, τέφρα, λιπαρές ουσίες, άμυλο.

* $p < 0,05$

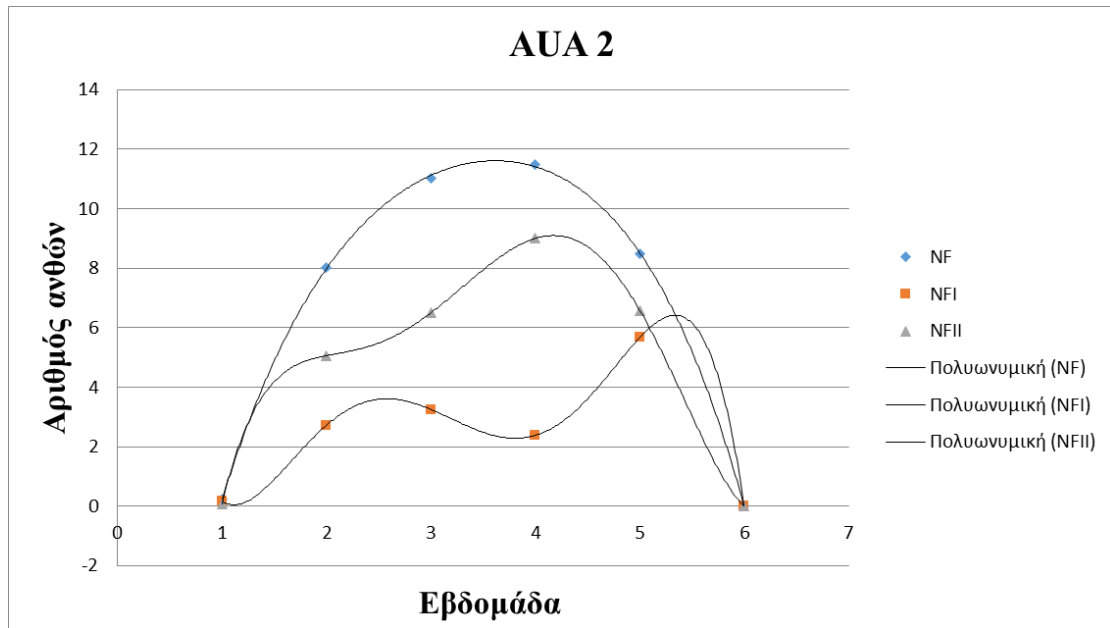
** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

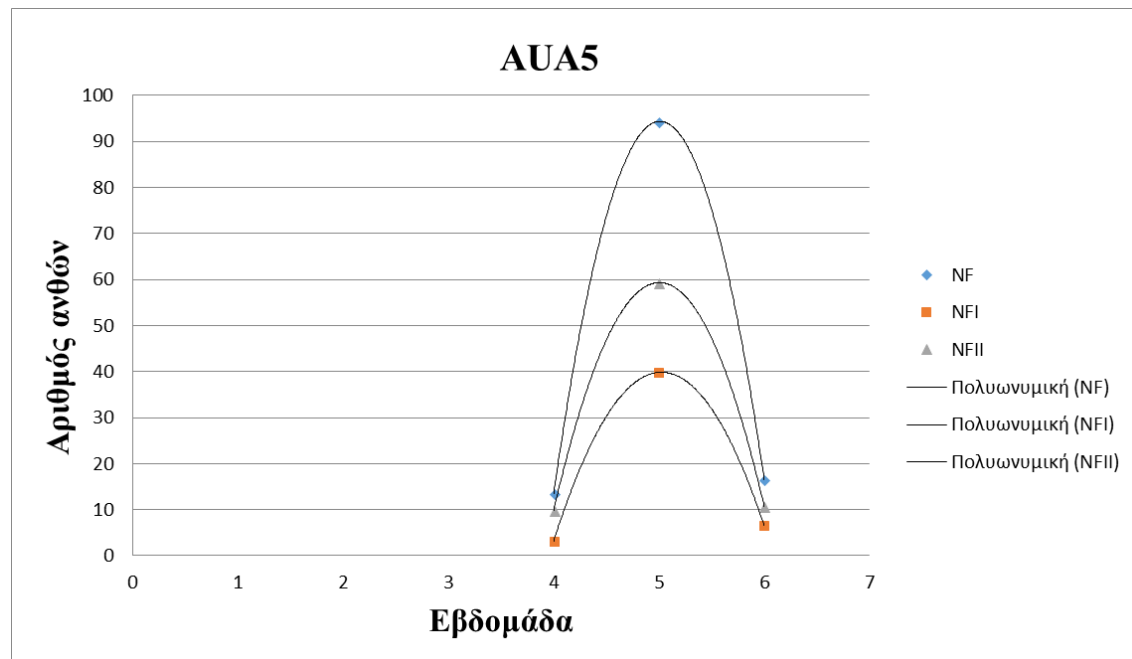
Πίνακας Π 11. Αναλογία Ασβεστίου/Φωσφόρου (Ca/P) στο σπόρο για καθέναν από τους εξεταζόμενους πληθυσμούς της ρόβης.

Πληθυσμός	Ca/P		
PI 206489	0,12		
PI 229733	0,06		
PI 284321	0,10		
PI 393850	0,17		
PI 420950	0,06		
PI 515978	0,09		
PI 518455	0,09		
PI 577718	0,07		
AUA1	0,08		
AUA2	0,24		
AUA3	0,67		
AUA4	0,05		
AUA5	0,11		
AUA6	0,05	ERV66	0,10
AUA7	0,15	ERV64	0,08
AUA9	0,06	ERV33	0,20
AUA10	0,07	ERV35	0,06
ERV16	0,10	ERV36	0,26
ERV23	0,07	ERV38	0,06
ERV24	0,19	ERV40	0,14
ERV26	0,13	ERV41	0,09
ERV27	0,17	ERV42	0,10
ERV28	0,06	ERV44	0,09
ERV31	0,06	ERV45	0,09
ERV9	0,05	ERV46	0,07
ERV11	0,08	ERV48	0,08
ERV13	0,07	ERV49	0,13
ERV18	0,28	ERV51	0,13
ERV15	0,19	ERV52	0,07
ERV1	0,16	ERV53	0,06
ERV65	0,19	ERV54	0,06

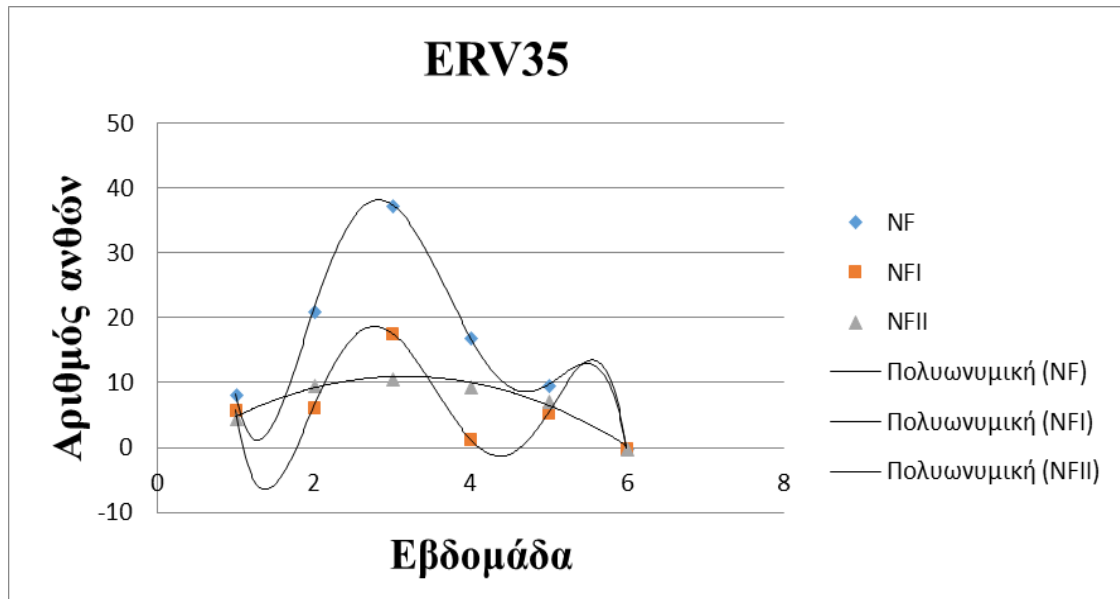
Γράφημα Π1. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *AUA2*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.



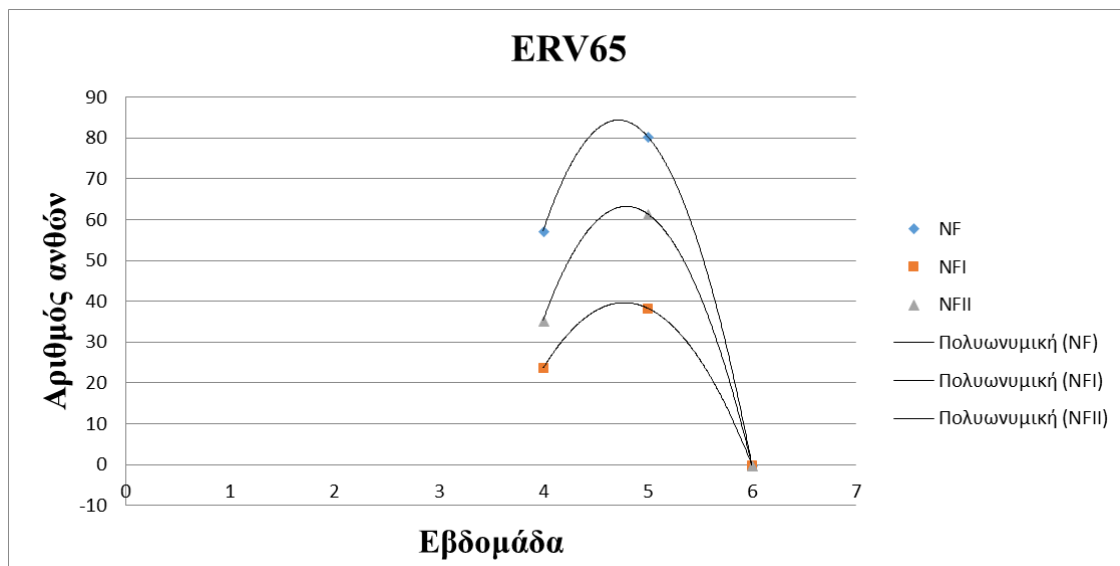
Γράφημα Π2. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *AUA5*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.



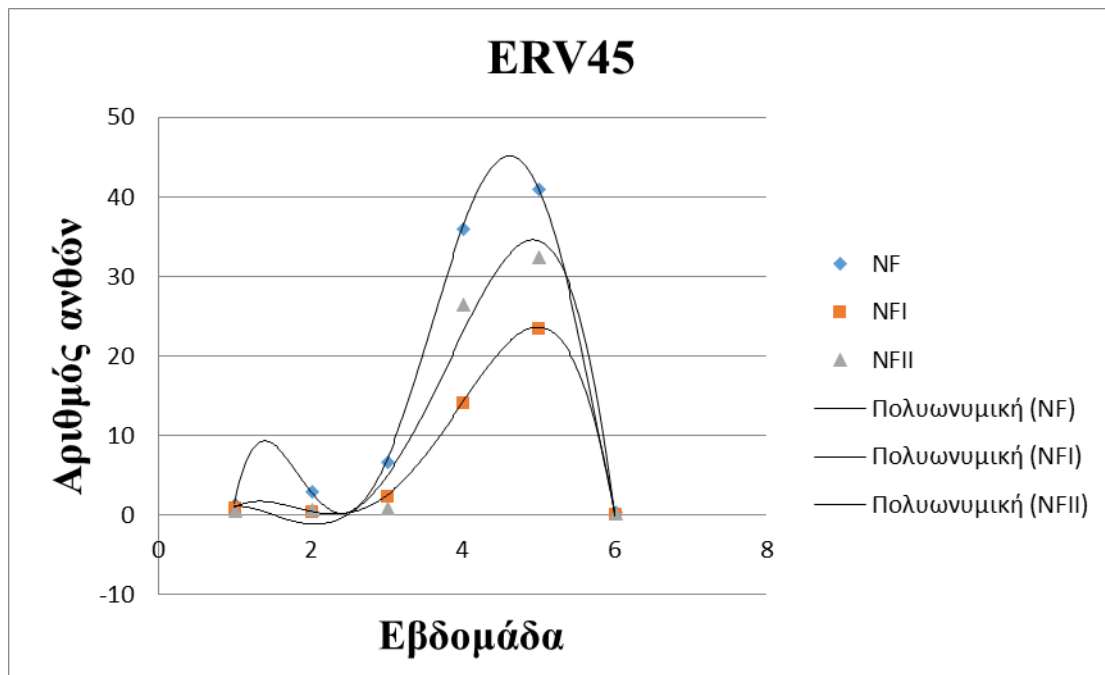
Γράφημα Π3. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *ERV35*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.



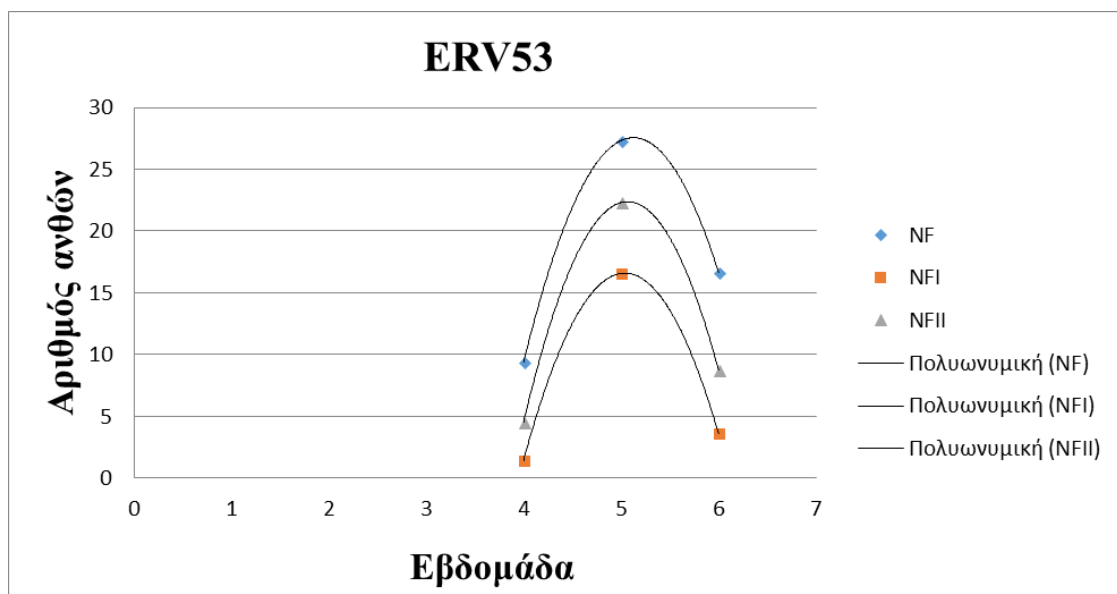
Γράφημα Π4. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *ERV65*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.



Γράφημα Π5. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *ERV45*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.



Γράφημα Π6. Εβδομαδιαία πορεία της άνθησης του πληθυσμού *ERV53*, βάσει του συνόλου ανθέων ανά φυτό (NF), ανοιχτών ανθέων ανά φυτό τις πρωινές (NFI) και τις απογευματινές (NFII) ώρες.

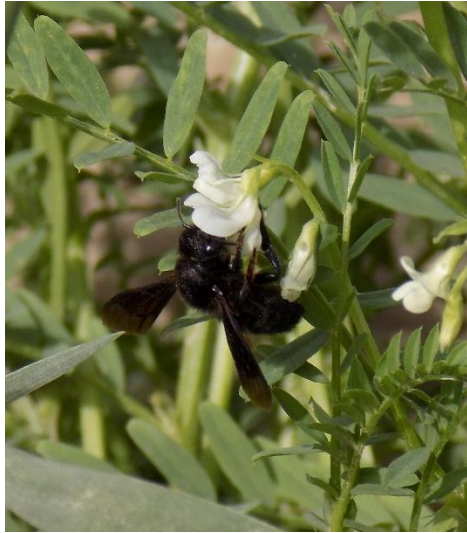




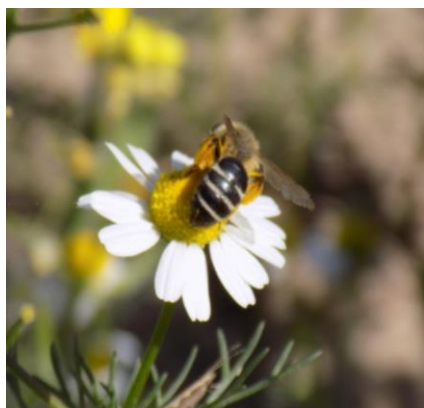
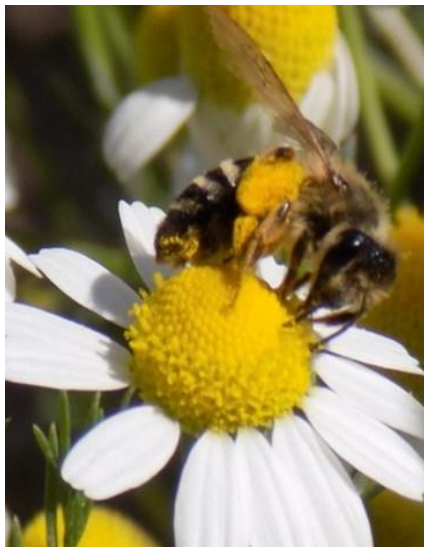
Εικόνα Π 1. Άνθη ρόβης (Πάνω αριστερά και στο κέντρο: λευκό με μωβ λωρίδες. Πάνω δεξιά: λευκό. Κάτω αριστερά: Λευκό με ροζ λωρίδες. Κάτω δεξιά: Παρουσίαση γύρης μέσω των ανθήρων).



Εικόνα Π 2. Ανθισμένα φυτά ρόβης



Εικόνα Π 3. Επισκέψεις της μοναχικής μέλισσας *Megachile parietina* (Hymenoptera: Megachilidae) στα άνθη της ρόβης.



Εικόνα Π 4. Η μοναχική μέλισσα *Andrena flavipes* (Hymenoptera: Andrenidae) σε μερικές από τις επισκέψεις του στα άνθη του *Matricaria chamomilla* που γειτνιάζε στον αγρό του πειράματος.



Εικόνα Π 5. Η μοναχική μέλισσα *Megachile parietina*, έκανε συχνά διαλείμματα μετά από επίσκεψη ορισμένου αριθμού ανθέων ρόβης. Αριστερά απεικονίζεται να χρησιμοποιεί φύλλα του ζιζανίου *Chenopodium album* πιθανότατα για την κατασκευή φωλιάς.



Εικόνα Π 6. Επισκέψεις της μοναχικής μέλισσας *Megachile ericetorum* (Hymenoptera: Megachilidae) στα άνθη της ρόβης.



Εικόνα Π 7. Επισκέψεις της πεταλούδας *Pieris spp.* (Lepidoptera: Pieridae) στα άνθη της ρόβης.



Εικόνα Π 8. Απεικόνιση λοβών ρόβης.



Εικόνα Π 9. Απεικόνιση σπερμάτων ρόβης.