

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της λιπανσης και της ποικιλίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καπνού
(*Nicotiana tabacum* L.), βιολογικής καλλιέργειας»

Ελισάβετ Ιωάννα Θ. Ταμπαξή

Επιβλ. Καθηγητής: Δημήτριος Μπιλάλης

ΑΘΗΝΑ

2020

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Επίδραση της λίπανσης και της ποικιλίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καπνού
(*Nicotiana tabacum* L.), βιολογικής καλλιέργειας»

«Effects of fertilization and variety on quality traits of organic tobacco (*Nicotiana
tabacum* L.) crop»

Ελισάβετ Ιωάννα Θ. Ταμπαξή

Τριμελής συμβουλευτική επιτροπή

Επιβλέπων: Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής Γ.Π.Α

Μέλη: Δαναλάτος Νικόλαος, Καθηγητής Π.Θ.

Τραυλός Ηλίας, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μέλη εξεταστικής επιτροπής

Καλύβας Απόστολος, Ερευνητής Β' ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ

Οικονόμου-Αντώνικα Γαρυφαλιά, Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Παπαστυλιανού-Παπασωτηρίου Παναγιώτα Θηρεσία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Γ.Π.Α.

Καριάνης Αναστάσιος, Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.

«Επίδραση της λίπανσης και της ποικιλίας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά καπνού (*Nicotiana tabacum L.*), βιολογικής καλλιέργειας»

Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Εργ. Γεωργίας

Περίληψη

Η απόδοση, η ποιότητα και η χρησιμότητα του καπνού εξαρτώνται από τρεις σημαντικούς παράγοντες: το γενετικό δυναμικό μιας ποικιλίας, τις περιβαλλοντικές συνθήκες της παραγωγής και τις ειδικές καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται σε κάθε καλλιέργεια. Όλα τα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής δείχνουν ότι κάθε παράγοντας συμβάλλει στην αποδοτικότητα της παραγωγής και είναι δύσκολο να διακρίνεις ποιος είναι πιο σημαντικός. Το γενετικό δυναμικό κάθε ποικιλίας καπνού περιέχει θεωρητικά κάποια όρια στην εμφάνιση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού γνωρίσματος.

Η απαίτηση για βιολογική καλλιέργεια καπνού “κερδίζει” ολοένα και περισσότερο έδαφος. Παγκοσμίως αυξάνεται το ενδιαφέρον καλλιέργειας βιολογικού καπνού, αφού, εκτός του ότι υπερέχει ως τελικό προϊόν από τον συμβατικό καπνό, σε επίπεδο συγκέντρωσης τοξικών και επικίνδυνων ουσιών, έχει και πλεονεκτήματα όπως: αύξηση της γονιμότητας των εδαφών, ελαχιστοποίηση της έκθεσης των παραγωγών σε τοξικά χημικά, αύξηση της βιοποικιλότητας, μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και ποταμών, μείωση του κόστους παραγωγής (λιγότερες εισροές) και τέλος αυξημένη τιμή πώλησης του προϊόντος.

Δεδομένης της σημασίας της γονιμότητας του εδάφους και της ανάπτυξης κατάλληλων στρατηγικών θρέψης για την βιολογική καλλιέργεια καπνού, ο στόχος αυτής της έρευνας ήταν η μελέτη τη επίδρασης των εδαφικών χαρακτηριστικών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καπνού και ο προσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού κατά τη διάρκεια τριών κύκλων καλλιέργειας υπό διαφορετικές πηγές λιπασμάτων με έμφαση στη διερεύνηση πιθανής αντικατάστασης των μέχρι τώρα εφαρμοζόμενων συστημάτων καλλιέργειας και στρατηγικών λίπανσης.

Για την υλοποίηση της μελέτης, εγκαταστάθηκε πειραματικός αγρός στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, όπου πραγματοποιήθηκε πείραμα τριών καλλιεργητικών περιόδων – 2016, 2017, 2018 – και αξιολογήθηκαν τρία διαφορετικά είδη λιπάνσεων (κομπόστ, ανόργανο λίπασμα, σε συνδυασμό με τέσσερις ποικιλίες καπνού (Μπασμάς Ξάνθης, Κατερίνη Σ53, Μυρωδάτα Αγρινίου, Βιρτζίνια-Νίκη).

Οι παράμετροι του εδάφους επηρεάστηκαν θετικά, τόσο στις επεμβάσεις με οργανικά λιπάσματα όσο και στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της οργανικής ουσίας, του πορώδους, του ολικού αζώτου και του φωσφόρου του εδάφους. Όσον αφορά στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του καπνού, σημειώθηκαν μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης και μεταξύ των ποικιλιών. Το ύψος και ο αριθμός φύλλων ανά φυτό παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα και για τους δύο παράγοντες. Οι επεμβάσεις με κομπόστ και ανόργανο λίπασμα έδωσαν τα υψηλότερα φυτά και τα φυτά με

μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ενώ με βάση την ποικιλία, οι ποικιλίες ανατολικού τύπου είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα φυτά και μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από την ποικιλία Βιρτζίνια και τα τρία έτη διεξαγωγής του πειράματος. Το μέγεθος φύλλου δεν επηρεάστηκε από τις διαφορετικές μορφές λίπανσης. Η ποικιλία Βιρτζίνια έδωσε φυτά με μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου από αυτή των ανατολικών ποικιλιών. Το μήκος ρίζας παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, με τις επεμβάσεις του κομπόστ και της κοπριάς να υπερέρχουν, έναντι των επεμβάσεων με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα.

Οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φύλλων καπνού παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, με τις επεμβάσεις με κομπόστ και κοπριά να υπερέρχουν κατά 20% από τις επεμβάσεις με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα. Όσον αφορά στην ποικιλία, η ποικιλία Βιρτζίνια υπερέχει των υπόλοιπων ποικιλιών, ενώ ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αγρινίου, Κατερίνη Σ53 και Μπασμάς. Αξίζει να σημειωθεί η σημαντική αύξηση των αποδόσεων που παρατηρήθηκε σε όλες τις ποικιλίες, στο πέρας της τριετίας, και ιδιαίτερα στην ποικιλία Βιρτζίνια, όπου είχε τη μεγαλύτερη μεταβολή. Μία σημαντική παράμετρος για την βιομηχανική αξία του καπνού είναι οι αποδόσεις σε νικοτίνη ανά στρέμμα. Και εδώ η ποικιλία Βιρτζίνια είχε τις μεγαλύτερες τιμές με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις ποικιλίες ανατολικού τύπου καθώς η παράμετρος αυτή σχετίζεται σημαντικά με τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος. Επίσης, στην ποικιλία Βιρτζίνια σημειώθηκε η μεγαλύτερη αύξηση αποδόσεων σε νικοτίνη (55%), στο πέρας της τριετίας.

Αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ο παράγοντας λίπανση δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για το ολικό άζωτο, τη νικοτίνη και τα σάκχαρα, παρά μόνο για τον περιεχόμενο φώσφορο στα φύλλα. Οι επεμβάσεις με κοπριά και ανόργανο λίπασμα έδωσαν φυτά με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φώσφορο. Αντιθέτως, παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση του αζώτου, της νικοτίνης και των σακχάρων, μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών. Στις ποικιλίες ανατολικού τύπου, Μπασμάς, Κατερίνη Σ53 και Μυρωδάτα Αγρινίου τα επίπεδα νικοτίνης ήταν σημαντικά υψηλότερα από ότι στην ποικιλία Βιρτζίνια, σε αντιπαράβολή με την συγκέντρωση σακχάρων και αζώτου, όπου η ποικιλία Βιρτζίνια συγκέντρωσε τα μεγαλύτερα ποσοστά.

Βιομηχανικά φυτά, Φυτά μεγάλης καλλιέργειας

Λέξεις κλειδιά: οργανική λίπανση, ποιοτικά χαρακτηριστικά καπνού, νικοτίνη, αποδόσεις

«Effects of fertilization and variety on quality traits of organic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) crop»

Department of Crop Science, Agronomy Lab

Abstract

The yield, quality and usability of tobacco depend on three important factors: the genetic potential of a variety, the environmental conditions of production and the specific cultivation practices applied to each crop. All the experiments that have been done so far show that each factor contributes to the efficiency of production and it is difficult to distinguish who is more important. The genetic potential of each tobacco variety theoretically exceeds some limits in the appearance of a particular trait.

The demand for organic tobacco is "gaining" more and more ground. There is a growing interest in the cultivation of organic tobacco worldwide, since, it shows great advantages such as increasing soil fertility, minimizing producers' exposure to toxic chemicals, increase in biodiversity, reduction of groundwater and river pollution, reduction of production costs (fewer inputs) and finally increased the selling price of the product.

Given the importance of soil fertility and the development of appropriate nutritional strategies for organic tobacco crops, the aim of this study was to evaluate the effect of soil characteristics on the quality characteristics of tobacco and to determine the quality characteristics of tobacco during three growing cycles under different fertilizer sources with an emphasis on exploring the possible replacement of cultivation systems and fertilization strategies applied so far.

For the implementation of the study, an experimental field was set up at the Agricultural University of Athens, where an experiment of three growing seasons was carried out - 2016, 2017, 2018 - and three different types of fertilizers were evaluated (manure, compost, inorganic fertilizer, in combination with four tobacco varieties, Katerini S53, Myrodata Agriniou, Virginia-Niki).

Soil parameters were positively affected, both in organic fertilizer treatments and in mineral fertilizer treatments, resulting in an increase in soil organic matter, porosity, total nitrogen and phosphorus. Regarding the morphological characteristics of the tobacco, differences were noted between the fertilization treatments and between the varieties. The height and number of leaves per plant showed similar results for both factors. Compost and inorganic fertilizer treatments yielded the tallest plants and plants with the highest number of leaves, while based on the variety, the oriental varieties had statistically significantly higher plants and a larger number of leaves than the Virginia variety during the three years of the experiment. Leaf size was not affected by the different forms of fertilization. The Virginia variety produced plants with a larger leaf area than the Eastern varieties. Root

length showed significant differences between lubrication operations, with compost and manure operations predominating, compared to inorganic fertilizer and control operations.

The dry weight yields of tobacco leaves differed significantly between fertilization treatments, with compost and manure treatments being 20% superior to inorganic fertilizer and control treatments. In terms of variety, the Virginia variety was superior to the other varieties, followed by the Myrodata Agriniou, Katerini S53 and Basmas varieties. It is worth noting the significant increase in yields observed in all varieties at the end of the three years, and especially in the Virginia variety, where it had the greatest change. An important parameter for the industrial value of tobacco is the yield of nicotine per acre. Here, too, the Virginia variety had the highest values with a statistically significant difference from the oriental varieties as this parameter is significantly related to the dry weight yields. The Virginia variety also saw the largest increase in nicotine yields (55%) at the end of three years.

Regarding the quality characteristics, the fertilization factor did not show statistically significant differences between the treatments for total nitrogen, nicotine and sugars, except for the phosphorus content in the leaves. Manure and inorganic fertilizer treatments yielded plants with the highest phosphorus content. On the contrary, there were differences in the concentration of nitrogen, nicotine and sugars between the different varieties. In the oriental type varieties, Basmas, Katerini S53 and Myrodata Agriniou, the nicotine levels were significantly higher than in the Virginia variety, in contrast to the sugar and nitrogen content, where the Virginia variety had the highest values.

Industrial field crops

Key words: organic fertilization, tobacco quality traits, nicotine, yields

Ευχαριστίες

Έχω να ευχαριστήσω πολλούς ανθρώπους, οι οποίοι συνέβαλαν ποικιλοτρόπως στην ολοκλήρωση αυτού του εγχειρήματος. Πρώτον, τον σύμβουλό μου, Καθ. Δημήτριο Μπιλάλη για την ευκαιρία που μου έδωσε, να γίνω μέλος της ομάδας του τα τελευταία 5 χρόνια, και το χρόνο που αφιέρωσε για να με συμβουλευσει και καθοδηγήσει στην εφαρμοσμένη έρευνα και συγγραφή.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής, καθηγητή του εργαστηρίου Γεωργίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Νικόλαο Δαναλάτο και τον Επίκουρο Καθηγητή Ηλία Τραυλό, για την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Γ.Π.Α. και για την επικοινωνιακή συμβουλευτική τους καθόλη τη διάρκεια της διατριβής μου.

Συνεχίζοντας θα ήθελα να αναφέρω τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς επιτροπής που με την σημαντική συμβολή τους βοήθησαν στην εξέλιξη της πορείας μου ως ερευνήτρια, τον ερευνητή Β' ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ Απόστολο Καλύβα, την καθηγήτρια του Γ.Π.Α. Γαρυφαλιά Οικονόμου - Αντώνια, την αναπληρώτρια καθηγήτρια Παναγιώτα- Θηρεσία Παπαστυλιανού- Παπασωτηρίου και τον επίκουρο καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Ανέστη Καριάνη.

Εκτός από την επιτροπή αξίζει να αναφερθούν οι προπτυχιακοί και μεταπτυχιακοί φοιτητές Πραξιτέλης Κουτσουράδης, Ηλίας Κουφιώτης, Νίκος Γυφτόπουλος, Ουάν Ιμπραήμ, Ευαγγελία Χατζοπούλου καθώς και με τη δική τους προσπάθεια, η υλοποίηση αυτού του εγχειρήματος κατέστη δυνατή.

Προς την φίλη μου και συνάδελφο Αντιγόλενα Φωλίνα, ένα μεγάλο ευχαριστώ, για την συντροφιά, την υποστήριξη και την εμπύχωση καθόλη τη διάρκεια της διδακτορικής διατριβής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Στέλιο Τσιώρο, ΕΔΙΠ, και τον αγροτεχνικό του εργαστηρίου κ. Κώστα Μαργαρίτη, για την πολύτιμη βοήθειά τους, στον πειραματικό αγρό.

Στους γονείς μου και την οικογένειά μου για την αγάπη, την υποστήριξη και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	14
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	20
1.1. ΓΕΝΙΚΑ.....	20
1.2. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	21
1.3. ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ.....	22
1.3.1. <i>Νικοτίνη</i>	23
1.3.2. <i>Σάκχαρα</i>	24
1.3.3. <i>Νιτροζαμίνες (TNSA's)</i>	24
1.4. ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ	25
1.5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	27
1.5.1. <i>Βιολογικό Σύστημα Καλλιέργειας</i>	27
1.5.2. <i>Συμβατικό Σύστημα Καλλιέργειας</i>	29
1.6. Ο ΚΑΠΝΟΣ ΣΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ	30
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	31
2.1. ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΘΡΕΨΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ.....	31
2.2. ΠΩΣ Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΚΑΤΟΠΤΡΙΖΕΙ ΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (N).	31
2.2.1. <i>Οργανική λίπανση</i>	32
2.2.2. <i>Συμβατική λίπανση</i>	32
2.2.3. <i>Χλωρή λίπανση (καλλιέργεια ψυχανθών)</i>	33
2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ	34
2.4. ΣΧΕΣΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΠΝΟΥ	34
2.4.1. <i>Ο ρόλος του αζώτου</i>	35
2.4.2. <i>Ο ρόλος του καλλίου</i>	38
2.4.3. <i>Ο ρόλος του φωσφόρου</i>	39

2.4.4.	<i>Ο ρόλος του χλωρίου</i>	39
2.5.	ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	40
3.	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	41
3.1.	ΓΕΝΙΚΑ.....	41
3.2.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ.....	41
3.3.	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	43
3.4.	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ ΚΑΠΝΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗΣ.....	43
3.5.	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΓΡΟΥ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	44
3.6.	ΆΡΔΕΥΣΗ.....	45
3.7.	ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	46
3.8.	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΚΑΠΝΟ	46
3.8.1.	<i>Μετρήσεις εδάφους</i>	46
3.8.2.	<i>Μετρήσεις μορφολογικών χαρακτηριστικών</i>	47
3.8.3.	<i>Αναλύσεις φυτικού ιστού</i>	48
4.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	50
4.1.	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	50
4.2.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	51
4.2.1.	<i>Οργανική ουσία εδάφους</i>	51
4.2.2.	<i>Άζωτο εδάφους</i>	54
4.2.3.	<i>Φωσφορικά εδάφους</i>	57
4.2.4.	<i>Εδαφικό pH</i>	60
4.2.5.	<i>Ανθρακικό ασβέστιο - CaCO₃</i>	63
4.2.6.	<i>Εδαφικό Πορώδες</i>	65
4.2.7.	<i>Συνδυασμένη Ανάλυση Διακύμανσης</i>	68
4.3.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	71
4.3.1.	<i>Ύψος φυτών</i>	71
4.3.2.	<i>Αριθμός φύλλων ανά φυτό</i>	75
4.3.3.	<i>Επιφάνεια φύλλου</i>	79
4.3.4.	<i>Μήκος ρίζας</i>	82
4.3.5.	<i>Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης μορφολογικών χαρακτηριστικών</i>	86
4.4.	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ.....	89
4.4.1.	<i>Αποδόσεις (αποξηραμένα φύλλα/ στρ.)</i>	89
4.4.2.	<i>Αποδόσεις (kg νικοτίνης/ στρ.)</i>	93

4.4.3.	Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης αποδόσεων (ξηρό βάρος/ στρ.).....	95
4.5.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	96
4.5.1.	Τέφρα.....	96
4.5.2.	Περιεκτικότητα Φωσφόρου στον φυτικό ιστό.....	99
4.5.3.	Ολικό Άζωτο φυτικού ιστού.....	102
4.5.4.	Νικοτίνη.....	105
4.5.5.	Σάκχαρα.....	108
4.5.6.	Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού.....	111
5.	ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	114
5.1.	ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	114
5.1.1.	Οργανική ουσία – Εδαφικό πορώδες.....	114
5.1.2.	Ολικό άζωτο εδάφους - Οργανική ουσία.....	116
5.1.3.	Φωσφορικά Εδάφους – Οργανική ουσία.....	118
5.2.	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	119
5.2.1.	Ύψος φυτών.....	120
5.2.2.	Αριθμός φύλλων ανά φυτό.....	121
5.2.3.	Επιφάνεια φύλλου.....	122
5.2.4.	Μήκος ρίζας.....	122
5.3.	ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ (ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΛΛΩΝ KG/ΣΤΡ.).....	124
5.4.	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	125
5.4.1.	Άζωτο φυτικού ιστού.....	125
5.4.2.	Νικοτίνη.....	127
5.4.3.	Σάκχαρα.....	129
5.4.4.	Φωσφορικά φυτικού ιστού.....	130
6.	ΣΥΝΟΨΗ.....	133
7.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	136
8.	ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ.....	147

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 3.1. Φυσιοχημικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού πριν από την εγκατάσταση του πειράματος.....	44
---	----

Πίνακας 3.2. Αποδόσεις βίκου σε ξηρή φυτομάζα (kg/στρ.) και άζωτο (kg/στρ.) ως χλωρή λίπανση στην καλλιέργεια καπνού.....	45
Πίνακας 4.1. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	51
Πίνακας 4.2. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	52
Πίνακας 4.3. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	53
Πίνακας 4.4. Ανάλυση διασποράς του αζώτου στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	54
Πίνακας 4.5. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	57
Πίνακας 4.6. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	58
Πίνακας 4.7. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	59
Πίνακας 4.8. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	60
Πίνακας 4.9. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	61
Πίνακας 4.10. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	62
Πίνακας 4.11. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	63
Πίνακας 4.12. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	63
Πίνακας 4.13. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	64
Πίνακας 4.14. . Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	65
Πίνακας 4.15. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	66
Πίνακας 4.16. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	67

Πίνακας 4.17. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο, οργανική ουσία, φωσφορικά, άζωτο και το pH του εδάφους, και η σημαντικότητά τους (*, = σημαντικότητα για $p=0,05$, **, = σημαντικότητα για $p=0,01$, ns = μη σημαντικότητα).	68
Πίνακας 4.18. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	71
Πίνακας 4.19. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	72
Πίνακας 4.20. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	73
Πίνακας 4.21. Ανάλυση διασποράς του αριθμού φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	75
Πίνακας 4.22. Ανάλυση διασποράς της επιφάνειας φύλλου για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	79
Πίνακας 4.23. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	82
Πίνακας 4.24. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	83
Πίνακας 4.25. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	84
Πίνακας 4.26. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για το ύψος, τον αριθμό φύλλων ανά φυτό, την επιφάνεια φύλλου και το μήκος ρίζας, και η σημαντικότητά τους (*, = σημαντικότητα για $p=0,05$, **, = σημαντικότητα για $p=0,01$, ns = μη σημαντικότητα).....	86
Πίνακας 4.27. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (αποξηραμένα φύλλα kg/στρ.) για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	89
Πίνακας 4.28. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	93
Πίνακας 4.29. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).	94

Πίνακας 4.30. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).94	
Πίνακας 4.31. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για τις αποδόσεις και η σημαντικότητά τους ($p=0,05$).	95
Πίνακας 4.32. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).96	
Πίνακας 4.33. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).97	
Πίνακας 4.34. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).98	
Πίνακας 4.35. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές). 99	
Πίνακας 4.36. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές). 100	
Πίνακας 4.37. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές). 101	
Πίνακας 4.38. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).102	
Πίνακας 4.39. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).103	
Πίνακας 4.40. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).104	
Πίνακας 4.41. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	105
Πίνακας 4.42. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	106
Πίνακας 4.43. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	107
Πίνακας 4.44. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	108
Πίνακας 4.45. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	109
Πίνακας 4.46. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).....	110

Πίνακας 4.47. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για την τέφρα, το ολικό άζωτο, τα φωσφορικά, τα σάκχαρα και τη νικοτίνη που περιέχονται στον φυτικό ιστό, και η σημαντικότητά τους (*, : σημαντικότητα για $p=0,05$, **, : σημαντικότητα για $p=0,01$, ns : μη σημαντικότητα). 111

Πίνακας 5.1. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών εδάφους, των αγρονομικών χαρακτηριστικών, των αποδόσεων και των ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού..... 132

Πίνακας 6.1. Ποσοστιαία μεταβολή των εδαφικών παραμέτρων (οργανική ουσία, εδαφικό πορώδες, εδαφικό άζωτο, εδαφικός φώσφορος) στο πέρας της τριετίας για τις επεμβάσεις του παράγοντα λίπανση... 134

Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.7.3.1. Μέση θερμοκρασία αέρος για τα έτη 2016, 2017, 2018. 50

Διάγραμμα 4.2.1.1. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant)..... 52

Διάγραμμα 4.2.1.2. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).53

Διάγραμμα 4.2.1.3. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).54

Διάγραμμα 4.2.2.1. Επίδραση του είδους λίπανσης στο άζωτο εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ns=non significant)..... 55

Διάγραμμα 4.2.2.2. Αλληλεπίδραση της λίπανσης και της ποικιλίας στο άζωτο εδάφους το έτος 2017 (το σκούρο χρώμα υποδεικνύει την επέμβαση με στατιστικά σημαντική διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$)..... 56

Διάγραμμα 4.2.2.3. Επίδραση του είδους λίπανσης στο άζωτο εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant)..... 57

Διάγραμμα 4.2.3.1. Επίδραση του είδους λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$)..... 58

Διάγραμμα 4.2.3.2. Επίδραση της λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant)..... 59

Διάγραμμα 4.2.3.3. Επίδραση της λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$)..... 60

Διάγραμμα 4.2.4.1. Επίδραση του είδους λίπανσης στο pH εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).....	61
Διάγραμμα 4.2.4.2. Επίδραση της λίπανσης στο pH του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	62
Διάγραμμα 4.2.4.3. Επίδραση της ποικιλίας στο pH του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	62
Διάγραμμα 4.2.5.1. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).63	
Διάγραμμα 4.2.5.2. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).64	
Διάγραμμα 4.2.5.3. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).65	
Διάγραμμα 4.2.6.1. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	66
Διάγραμμα 4.2.6.2. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	67
Διάγραμμα 4.2.6.3. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	68
Διάγραμμα 4.2.7.1. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα CaCO_3 για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).....	69
Διάγραμμα 4.2.7.2. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα οργανικής ουσίας για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).	70
Διάγραμμα 4.3.1.1. Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.	71
Διάγραμμα 4.3.1.2. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.	72
Διάγραμμα 4.3.1.3 Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.	73
Διάγραμμα 4.3.1.4. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.	73
Διάγραμμα 4.3.1.5. Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.	74

Διάγραμμα 4.3.1.6. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.	74
Διάγραμμα 4.3.2.1. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.	75
Διάγραμμα 4.3.2.2. . Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.	76
Διάγραμμα 4.3.2.3. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.	77
Διάγραμμα 4.3.2.4. Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.	77
Διάγραμμα 4.3.2.5. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.	78
Διάγραμμα 4.3.2.6. Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.	79
Διάγραμμα 4.3.3.1. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	80
Διάγραμμα 4.3.3.2. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	81
Διάγραμμα 4.3.3.3. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	82
Διάγραμμα 4.3.4.1. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	83
Διάγραμμα 4.3.4.2. Επίδραση της ποικιλίας στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	83
Διάγραμμα 4.3.4.3. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	84
Διάγραμμα 4.3.4.4. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	85

Διάγραμμα 4.3.4.5. Επίδραση της ποικιλίας στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lit) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	85_Тoc45913097
Διάγραμμα 4.3.5.2. Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στο ύψος των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).	87
Διάγραμμα 4.3.5.3. Επίδραση του χρόνου στον αριθμό φύλλων των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant).	88
Διάγραμμα 4.3.5.4. Επίδραση του χρόνου στο μήκος ρίζας/ όγκο εδάφους για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant).	88
Διάγραμμα 4.4.1.1. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	89
Διάγραμμα 4.4.1.2. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	90
Διάγραμμα 4.4.1.3. Επίδραση της λίπανσης στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	91
Διάγραμμα 4.4.1.4. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	92
Διάγραμμα 4.4.1.5. Επίδραση της λίπανσης στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	92
Διάγραμμα 4.4.2.1. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	93
Διάγραμμα 4.4.2.2. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	94

Διάγραμμα 4.4.2.3. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).....	95
Διάγραμμα 4.4.3.1. Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στις αποδόσεις των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια ποικιλία).	96
Διάγραμμα 4.5.1.1. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	97
Διάγραμμα 4.5.1.2. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	98
Διάγραμμα 4.5.1.3. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	99
Διάγραμμα 4.5.2.1. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	100
Διάγραμμα 4.5.2.2. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	101
Διάγραμμα 4.5.2.3. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).....	102
Διάγραμμα 4.5.3.1. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).....	103
Διάγραμμα 4.5.3.2. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).....	104
Διάγραμμα 4.5.3.3. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).....	105

Διάγραμμα 4.5.4.1. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	106
Διάγραμμα 4.5.4.2. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	107
Διάγραμμα 4.5.4.3. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	108
Διάγραμμα 4.5.5.1. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	109
Διάγραμμα 4.5.5.2. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	110
Διάγραμμα 4.5.5.3. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).	111

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Ο καπνός, παρά τους περιορισμούς και τους κινδύνους από τη χρήση του, που αναφέρονται σε όρους υγειονομικής περιθάλψης, παραμένει ένα από τα κύρια οικονομικά γεωργικά προϊόντα, στις χώρες που καλλιεργείται και καταναλώνεται, και αποτελεί βασικό κομμάτι της οικονομίας, συμβάλλοντας αισθητά στην αύξηση του ΑΕΠ. Είναι ένα φυτικό προϊόν που περιέχει κυρίως νικοτίνη, κυτταρίνη, αμμωνία και πρωτεΐνες. Προκειμένου να είναι κατάλληλος για κατανάλωση από τον άνθρωπο, τα φύλλα καπνού αποξηραίνονται και ωριμάζουν, αφού αποκοπούν από το φυτό και χωριστούν από τα στελέχη τους. Διάφορα είδη καπνού μπορούν να παρασκευαστούν από τα επεξεργασμένα αποξηραμένα φύλλα, συμπεριλαμβανομένων τσιγάρων, πούρων, καπνού μασήματος, καπνού πίπας και καπνού shisha. Καταναλώνεται κυρίως για το διεγερτικό αλκαλοειδές νικοτίνη και σχετίζεται με πολλές καρδιακές και πνευμονικές ασθένειες, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου (WHO, 2017).

Οι απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία διαφόρων τύπων καπνού διαφέρουν ανάλογα με τα ειδικά χαρακτηριστικά τους, κάνοντας τη διαμόρφωση διαφορετικών προγραμμάτων λίπανσης, αναγκαία, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση, η ποιότητα και η κερδοφορία.

Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων στην καπνοπαράγωγή, όπως σε όλα τα είδη γεωργικών προϊόντων που εφαρμόζεται, αποτελεί έναν επιπλέον παράγοντα που απειλεί την ανθρώπινη υγεία αλλά και την αειφορικότητα των οικοσυστημάτων. Επιπρόσθετα στην καλλιέργεια καπνών ανατολικού τύπου, η εφαρμογή διαφόρων μεθόδων αύξησης της αποδοτικότητας, όπως η λίπανση ή το πότισμα, έχει επιβεβαιωμένα, αρνητική επίδραση στην ποιότητα (Camas et al., 2009). Οι επιπτώσεις των συνθετικών λιπασμάτων στο οικοσύστημα είναι γνωστές σε όλα τα μέρη και αυτή η κατάσταση μας κάνει να αμφισβητούμε τη χρήση συνθετικών εισροών στην παραγωγή.

Η βιολογική γεωργία στοχεύει στην αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας, που έχει διαταραχθεί εξαιτίας της πολύχρονης εφαρμογής ακατάλληλων πρακτικών, χρησιμοποιώντας φιλικές τεχνικές καλλιέργειας προς το περιβάλλον και φυσικές εισροές (Gasbasli et al., 2003). Σήμερα, η οργανική κοπριά, από μεγάλα και μικρά ζώα, οι απεκρίσεις πουλερικών, το κομπόστ από φυτικά υπολείμματα παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον ως προς τη χρήση και την αποτελεσματικότητά τους (Atalay, 2007).

Ο στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση της χρήσης οργανικών λιπασμάτων και η αξιολόγηση αυτών σε σύγκριση με συνθετικά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται ευρέως με σκοπό τη λήψη συμπερασμάτων για την αντικατάστασή τους με βάση την επίδραση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά 4 ποικιλιών καπνού.

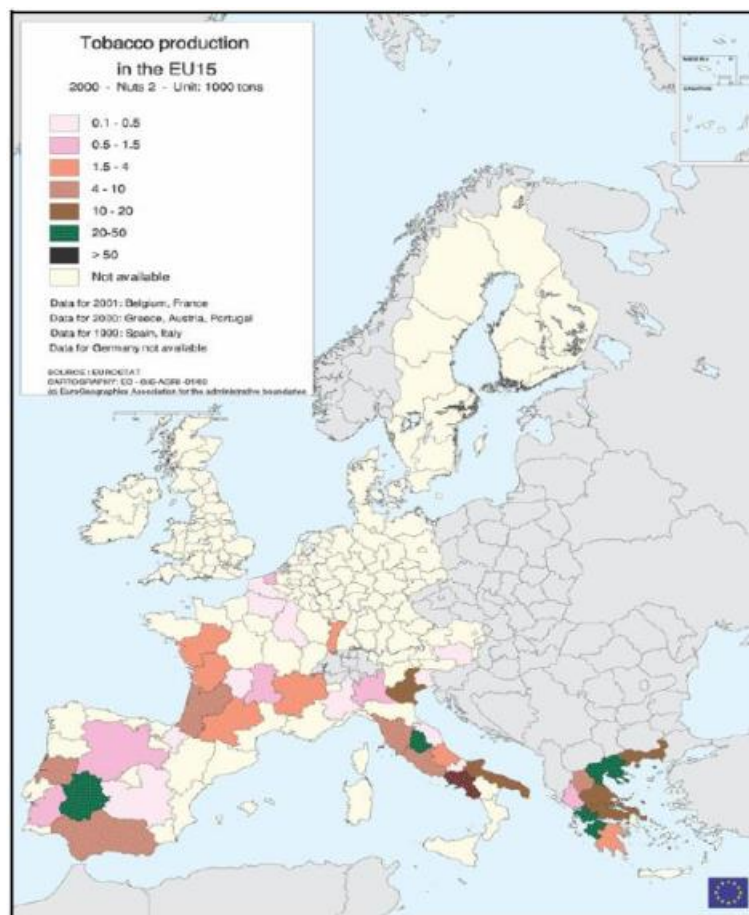
1.2. Η καλλιέργεια του καπνού σε παγκόσμιο επίπεδο

Η παραγωγή καπνού συγκεντρώνεται κυρίως σε περιοχές με ήπιο κλίμα, το οποίο είναι κατάλληλο για την καλλιέργεια φυτών καπνού. Η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία κατατάχθηκαν μεταξύ των κορυφαίων παραγωγών παγκοσμίως, ακολουθούμενες από τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Λόγω της υψηλής ζήτησης, ο καπνός καλλιεργείται σε όλες τις ηπείρους, εκτός από την Ανταρκτική, σε περισσότερες από 125 χώρες, σε περισσότερα από 4 εκατομμύρια εκτάρια γης, εκ των οποίων το 60% είναι αεροξηραίνόμενα, το 13% είναι θερμοξηραίνόμενα, και το 12% είναι ανατολικού τύπου - ηλιοξηραίνόμενα (Rojo, 2008) και το ένα τρίτο των οποίων είναι μόνο στην Κίνα. Η παγκόσμια καλλιέργεια καπνού αξίζει περίπου 20 δισεκατομμύρια δολάρια, ένα μικρό κλάσμα του συνολικού ποσού που παράγεται από την πώληση βιομηχανοποιημένων προϊόντων καπνού. Ο καπνός καλλιεργείται σε λιγότερο από το ένα τοις εκατό της παγκόσμιας γεωργικής γης και σε μια μεγάλη ποικιλία εδαφών και κλιμάτων. Από τη δεκαετία του 1960, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής έχει μετακινηθεί από την Αμερική στην Αφρική και την Ασία: η γη που αφιερώνεται στην καλλιέργεια καπνού έχει μειωθεί στο ήμισυ στις ΗΠΑ, τον Καναδά και το Μεξικό, αλλά σχεδόν διπλασιάστηκε στην Κίνα, το Μαλάουι και την Ενωμένη Δημοκρατία της Τανζανίας. Η παραγωγή φύλλων καπνού έχει υπερδιπλασιαστεί από τη δεκαετία του 1960, που ανέρχεται συνολικά σε περίπου 7 εκατομμύρια μετρικούς τόνους το 2000 (www.statista.com, 2018).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η καλλιέργεια καπνού μειώθηκε σταθερά από το 1991 – όπου περίπου 400.000 τόνοι καλλιεργήθηκαν σε οκτώ χώρες της ΕΕ - σε 140.000 τόνους το 2018 – παρόλο που τέσσερις νέες χώρες της ΕΕ είχαν ενταχθεί στις χώρες παραγωγής. Το 2018, η καλλιέργεια καπνού στην Ευρωπαϊκή Ένωση καταλάμβανε περίπου 66.000 εκτάρια (τη μισή έκταση σε σχέση με το 2001) και μετρούσε 26.000 ειδικούς παραγωγούς.

Ο καπνός καλλιεργείται επί του παρόντος σε 12 χώρες της ΕΕ. Οι κύριοι παραγωγοί είναι η Ιταλία, η Ισπανία, η Πολωνία, η Ελλάδα, η Κροατία, η Γαλλία, η Ουγγαρία και η Βουλγαρία, αντιπροσωπεύοντας το 99% της παραγωγής καπνού στην ΕΕ. Υπάρχει τάση προς μικρότερες καλλιεργούμενες εκτάσεις, κυρίως λόγω της μειωμένης κατανάλωσης προϊόντων καπνού (www.statista.com, 2018).



Εικόνα 1.2.1. Παραγωγή καπνού στην Ευρώπη (Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2003)

Οι αποδόσεις κυμαίνονται μεταξύ ενός και τριών τόνων ανά εκτάριο, ανάλογα με την ποικιλία. Οι ποικιλίες καπνού Βιρτζίνια (θερμοαποξηραίνόμενες) αντιπροσωπεύουν το 71% της παραγωγής, οι ποικιλίες Burley (αεροαπο-ξηραίνόμενες), το 16%, οι ποικιλίες ανατολικού τύπου (ηλιοαποξηραίνόμενες), 7%, και άλλοι τύποι καπνού (πυροαποξηραίνόμενοι και αεροαποξηραίνόμενοι) 6%.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει λιγότερο από το 2% της παγκόσμιας ετήσιας παραγωγής ακατέργαστου καπνού. Το 2018, εισήγαγε περίπου 420.000 τόνους (δείχνοντας μια αυξανόμενη τάση) και εξήγαγε 120.000 τόνους (υποδεικνύοντας μια φθίνουσα τάση) ακατέργαστου καπνού (<https://ec.europa.eu/eurostat>, 2019).

1.3. Εμπορικό ενδιαφέρον

Ο καπνός συνθέτει χιλιάδες ενώσεις, αλλά η πιο σημαντική από οικονομική άποψη είναι τα αλκαλοειδή, και συγκεκριμένα, η νικοτίνη (Bush, 1999). Η νικοτίνη είναι συνήθως το κύριο αλκαλοειδές στον καπνό (Wernsman and Matzinger, 1968), και οι συγκεντρώσεις μπορεί να κυμαίνονται από 5 έως 80 g

kg⁻¹, επηρεαζόμενες από ένα πλήθος αγρονομικών, περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων (Collins and Hawks, 1993; Collins et al., 1965; Lefngwell, 1999). Η νικοτίνη συντίθεται στη ρίζα του φυτού και αργότερα «μεταναστεύει» στα φύλλα (Collins and Hawks, 1993; Wernsman and Matzinger, 1968; Weybrew et al., 1953). Η σύνθεση της νικοτίνης πραγματοποιείται κατά το μεγαλύτερο μέρος της μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης του φυτού, αλλά διάφοροι παράγοντες κατά την καλλιεργητική περίοδο μπορούν να επηρεάσουν την περιεκτικότητα νικοτίνης στα φύλλα (Weybrew and Woltz, 1975). Καλλιέργεια, λίπανση, πυκνότητα φύτευσης, κορυφολόγημα και χρόνος συγκομιδής επηρεάζουν τη συνολική ανάπτυξη των φυτών και έμμεσα τη σύνθεση και συσσώρευση νικοτίνης (Bush, 1999).

Η καπνοβιομηχανία γνώρισε εκτεταμένες αλλαγές τα τελευταία χρόνια, κάτι που οφείλεται εν μέρει στην είσοδο των ηλεκτρονικών τσιγάρων και ηλεκτρονικών συστημάτων πρόσληψης νικοτίνης, γενικότερα, στην αγορά. Αν και το μεγαλύτερο μέρος της καπνοπαραγωγής ακόμα τροφοδοτεί την παραδοσιακή καπνοβιομηχανία συμβατικών τσιγάρων και καπνού, οι πωλήσεις ηλεκτρονικών τσιγάρων παρουσιάζουν σταθερή αυξητική τάση (Marynak et al., 2017). Μεταξύ 2011 και 2015, η κατανάλωση συμβατικών τσιγάρων στις ΗΠΑ μειώθηκε ενώ η κατανάλωση ηλεκτρονικού τσιγάρου αυξήθηκε.

1.3.1. Νικοτίνη

Συμβατικά και ηλεκτρονικά προϊόντα χρησιμοποιούν αμφότερα νικοτίνη, αλλά απαιτούν καπνό με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, τα χαρακτηριστικά των φύλλων (μορφολογικά - χρώμα, ελαστικότητα, ποιοτικά - άρωμα, γεύση) παίζουν σημαντικό ρόλο στον καπνό που προορίζεται για την παραγωγή συμβατικών τσιγάρων, ενώ, για την παραγωγή νικοτίνης για ηλεκτρονικό τσιγάρο, η απόδοση σε νικοτίνη έχει το σημαντικότερο ρόλο, θέτοντας τη συνεισφορά των υπόλοιπων στοιχείων, αμελητέα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο για τους καπνοκαλλιεργητές να βελτιστοποιήσουν την παραγωγή ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του αντίστοιχου συστήματος διανομής νικοτίνης.

Η καπνοβιομηχανία αντιμετωπίζει επίσης την πρόκληση της αύξησης των περιοριστικών ρυθμίσεων. Τα τελευταία χρόνια, το ενδιαφέρον έχει μετατοπιστεί στη μείωση της εξάρτησης από τη νικοτίνη κυρίως μέσω της μείωσης της περιεχόμενης νικοτίνης στα προϊόντα καπνού (Lewis, 2018). Μία μέθοδος για την επίτευξη χαμηλότερων συγκεντρώσεων νικοτίνης στα προϊόντα καπνού είναι η προσαρμογή του μείγματος, χρησιμοποιώντας καπνά με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Μια άλλη μέθοδος ήταν ο σχεδιασμός τσιγάρων με χαμηλότερη διανομή νικοτίνης μέσω αυξημένου αερισμού και ταχύτερου ρυθμού καύσης. Μια τρίτη εναλλακτική λύση είναι η παραγωγή καπνού πλήρωσης που έχει φυσικά χαμηλή περιεκτικότητα σε νικοτίνη. Στην πραγματικότητα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας πρότεινε την παραγωγή τσιγάρων με εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα νικοτίνης 0,4 g kg⁻¹ ή 0,04% (World Health Organization, 2015). Αυτό πιθανότατα θα απαιτήσει σημαντικές αλλαγές στις αγρονομικές πρακτικές και τις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται σήμερα.

1.3.2. Σάκχαρα

Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι επίσης ένα χαρακτηριστικό ποιότητας του καπνού και δεν πρέπει να υπερβαίνει το 22%, καθώς εξαιρετικά υψηλότερες ή χαμηλότερες περιεκτικότητες μειώνουν την ποιότητα. Παρόλα αυτά η διατήρηση της επιθυμητής αναλογίας σακχάρου/νικοτίνης κατέχει εξίσου σημαντικό ρόλο (Tso, 1999). Επομένως, θα είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη αυτή η αναλογία κατά την προσαρμογή των συγκεντρώσεων νικοτίνης για τη διατήρηση της ποιότητας.

1.3.3. Νιτροζαμίνες (TNSA's)

Η χρήση υψηλών ή υπερβολικών ποσοτήτων λιπασμάτων αζώτου στην παραγωγή καπνού όχι μόνο καθιστά την καλλιέργεια λιγότερο κερδοφόρα και επιβαρύνει το περιβάλλον, αλλά επηρεάζει τη χημική σύνθεση του φύλλου και οδηγεί σε μείωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Η αυξημένη λίπανση με άζωτο μπορεί να αυξήσει τα αλκαλοειδή και το ολικό άζωτο στα φύλλα (Elliot and Court, 1978) που είναι η κύρια αιτία σχηματισμού των νιτροζαμινών (Tobacco Specific NitroZAmines), μια από τις κυριότερες ομάδες καρκινογόνων ουσιών στα προϊόντα καπνού. Οι Wiernik et al. (1995) και Chamberlain et al. (1984) παρατήρησαν ότι υπερβολική λίπανση αζώτου αύξησε τις περιεχόμενες νιτροζαμίνες (TSNA) στο ωριμασμένο φύλλο. Οι Wahlberg et al. (1999) διαπίστωσαν ότι οι TSNA παράγονται από το στάδιο της συγκομιδής και μετά, ενώ αυξάνονται κατά τη διάρκεια της αποξήρανσης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το κύριο αλκαλοειδές που βρίσκεται στον καπνό είναι η νικοτίνη, και τα πιο άφθονα από τα δευτερεύοντα αλκαλοειδή καπνού είναι η νορνικοτίνη, η αναταβίνη και η αναβασίνη. Αρκετά από τα δευτερεύοντα αλκαλοειδή πιστεύεται ότι προκύπτουν από βακτηριακή δράση ή οξείδωση κατά την επεξεργασία του καπνού. Η νικοτίνη είναι μια τοξική και ισχυρή ουσία που απορροφάται γρήγορα μέσω του δέρματος και των βλεννογόνων στη βασική της μορφή. Η νικοτίνη είναι μια δευτεροταγής αμίνη, ενώ η νορνικοτίνη, η αναβασίνη και η αναταβίνη είναι τριτοταγείς αμίνες (Hecht & Hoffmann, 1988). Αυτές οι αμίνες είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό των νιτροζαμινών για τον καπνό (TSNAs) μέσω της αντίδρασής τους με παράγοντες νιτροποίησης. Οι διάφοροι τύποι καπνού διαφέρουν ως προς τη δυνατότητα συσσώρευσης TSNA λόγω γενετικών και αγρονομικών παραγόντων αλλά κυρίως λόγω διαφορετικής μεταχείρισης κατά την αποξήρανση (Ramsey et al., 2012).

1.4. Το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης των φυτών

Η αύξηση των μελετών γεωργικών συστημάτων σχετικά με την ποιότητα του εδάφους και τις μικροβιακές ιδιότητες αντικατοπτρίζει τη σημασία του εδάφους στην κατανόηση της γεωργικής αειφορίας – το πώς οι πρακτικές διαχείρισης επηρεάζουν το έδαφος είναι θεμελιώδεις για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας ενός γεωργικού συστήματος.

Περισσότερο από ένα υπόστρωμα για την υποστήριξη της ριζικής δομής, το έδαφος έχει το δικό του σύνθετο οικοσύστημα στο οποίο οι μικροοργανισμοί είναι η κυρίαρχη μορφή ζωής και είναι υπεύθυνοι για την εκτέλεση λειτουργιών ζωτικής σημασίας για την παραγωγικότητα του εδάφους, όπως η αποσύνθεση της οργανικής ύλης και ο κύκλος των σημαντικών θρεπτικών ουσιών στην ανάπτυξη των φυτών (Sylvia, 1998). Οι Brady και Weil (2002) περιγράφουν την ποιότητα του εδάφους ως την ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί εντός των ορίων του οικοσυστήματος για τη διατήρηση της βιολογικής παραγωγικότητας και της ποικιλομορφίας, τη διατήρηση της ποιότητας του περιβάλλοντος και την προώθηση της υγείας των φυτών και των ζώων. Ιδιότητες που μπορούν να μετρηθούν ποσοτικά και επαρκώς.

Οι ιδιότητες του εδάφους επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του εδάφους, ο οποίος καθορίζεται από τα μητρικά υλικά από τα οποία σχηματίστηκε το έδαφος και από διάφορες κλιματολογικές συνθήκες που επηρεάζουν τις καιρικές συνθήκες και τις βιολογικές επιδράσεις. Ωστόσο, επηρεάζονται επίσης από τη χρήση και τη διαχείριση (Larson and Pierce, 1994; Brady et al., 2002; Bossio et al., 2005; Ulrich, 2006).

Οι χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους χρησιμοποιούνται συχνά για να δώσουν μια ένδειξη της πιθανής παραγωγικότητας του εδάφους στο πλαίσιο των ειδικών απαιτήσεων θρεπτικών συστατικών. Τα δείγματα του εδάφους αναλύονται για μια ποικιλία μακρο- και μικρο-θρεπτικών συστατικών και το pH μετράται έτσι ώστε το έδαφος να μπορεί να προσαρμοστεί στο βέλτιστο εύρος της καλλιέργειας. Πέρα από τις εποχιακές ανάγκες μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας, διάφορες ιδιότητες μπορούν να παρακολουθούνται με την πάροδο του χρόνου για να προσδιοριστεί εάν η γονιμότητα μειώνεται, αυξάνεται ή διατηρείται, ή εάν δημιουργούνται διαλυτά άλατα ή μόλυνση βαρέων μετάλλων στο έδαφος (Bindraban et al., 2000).

Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους κερδίζουν το ενδιαφέρον ως πιθανοί δείκτες ποιότητας του εδάφους επειδή σχετίζονται με ζωτικές λειτουργίες του εδάφους όπως αποσύνθεση, κύκλος θρεπτικών ουσιών και το σχηματισμό της δομής του εδάφους. Πιστεύεται ότι η μικροβιακή δραστηριότητα και η δυναμική του πληθυσμού μπορεί να είναι πιο ευαίσθητοι δείκτες αλλαγής στην ποιότητα του εδάφους από τις χημικές και φυσικές ιδιότητές του (Turco et al., 1994). Ενώ συμφωνείται ότι η μικροβιακή δραστηριότητα είναι επιτακτική για τη διαρκή παραγωγικότητα του εδάφους, λίγα είναι γνωστά για τον πραγματικό μικροβιακό πληθυσμό του εδάφους, διότι προς το παρόν είναι αδύνατο να καλλιεργηθεί και να μελετηθεί άμεσα η πλειονότητα των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο έδαφος (Ward et al., 1990). Οι βιολογικές ιδιότητες

είναι επίσης ευαίσθητες στις καιρικές συνθήκες και τις εποχιακές αλλαγές, οι οποίες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την προσπάθεια αξιολόγησης των επιπτώσεων στη διαχείριση (Bastida et al., 2008; Meier et al., 2008).

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους επηρεάζουν βαθιά τον τρόπο με τον οποίο η διαχείριση των εδαφών μπορεί να γίνει βέλτιστα (Brady and Weil, 2002). Η διαχείριση του εδάφους έχει επίδραση στις φυσικές ιδιότητες όπως η συμπίεση και η ικανότητα συγκράτησης νερού, που συχνά μελετώνται. Το ποσοστό συμπίεσης του εδάφους μπορεί να καθορίσει τη δυναμικότητα ανάπτυξης των ριζών του φυτού, καθώς και την ικανότητα των ριζών να εξερευνήσουν το εδαφικό περιβάλλον, και κατά συνέπεια να απορροφούν περισσότερα θρεπτικά συστατικά, απαραίτητα για την ανάπτυξη και την υγεία των φυτών (Herrero et al., 2001). Αλλαγές, τόσο στις φυσικές όσο και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους μπορούν να επηρεάσουν τη μικροβιακή δραστηριότητα (Spedding et al., 2004).

Χημικές ιδιότητες εδάφους όπως pH, ρυθμιστικό pH, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, και ο προσδιορισμός οργανικής ουσίας επηρεάζουν άμεσα τη μικροβιακή κοινότητα. Οι αναλύσεις εδάφους διεξάγονται συνήθως σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις για την αξιολόγηση διαφόρων επιπέδων θρεπτικών συστατικών, με στόχο τη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης και τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την αύξηση της παραγωγικότητας της κάθε καλλιέργειας. Η βαθιά άρωση με αναστροφή και η προκύπτουσα διάβρωση μπορούν να ενισχύσουν την ανοργανοποίηση του άνθρακα και την απώλεια οργανικής ουσίας, καθώς και να μειώσουν το μικροβιακή φορτίο που πρωτίτερα βρισκόταν προστατευμένο στα συσσωματώματα του εδάφους (Zhang et al., 2006). Σύμφωνα με το Bending et al. (2004), η ποιότητα ενός γεωργικού εδάφους είναι το μέτρο για τον προσδιορισμό της ικανότητάς του να διατηρεί την παραγωγικότητα των καλλιεργειών διατηρώντας ταυτόχρονα περιβαλλοντική ισορροπία. Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους μετρώνται για την αξιολόγηση μικροβιακής μάζας, δραστηριότητας και ποικιλομορφίας. Σύμφωνα με Wardle et al. (1999), απαραίτητοι για τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των γεωργικών συστημάτων, είναι οι μικροοργανισμοί εδάφους και η συνολική συνεισφορά τους στην υγεία του εδάφους. Εντατικά συστήματα καλλιέργειας μπορεί να επηρεάσουν τη μικροβιακή βιομάζα, επομένως και τη μικροβιακή δραστηριότητα, η οποία μπορεί να γίνει εμφανής αμέσως. Η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των συστημάτων βιολογικής παραγωγής καθορίζεται και εξαρτάται από μια ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει πρακτικές διατήρησης και ενίσχυσης της υγείας του εδάφους και της γονιμότητας.

1.5. Συστήματα καλλιέργειας

Ο όρος «αιφόρος γεωργία» περιλαμβάνεται όλο και περισσότερο στον διάλογο σχετικά με τα συστήματα παραγωγής σε όλο τον κόσμο. Παρόλο που επί του παρόντος δεν υπάρχει συναίνεση σχετικά με το ποιες ενέργειες είναι απαραίτητες για την επίτευξή του, ένας ορισμός εργασίας έχει προταθεί από διάφορες αρχές και αναφέρει πως «ο όρος αιφόρος γεωργία σημαίνει ένα ολοκληρωμένο σύστημα πρακτικών παραγωγής φυτών και ζώων που έχουν συγκεκριμένη τοποθεσία, η οποία μακροπρόθεσμα θα ικανοποιεί τις ανθρώπινες ανάγκες, θα ενισχύει την ποιότητα του περιβάλλοντος και τη βάση των φυσικών πόρων πάνω στην οποία η γεωργική οικονομία εξαρτάται, κάνει την πιο αποτελεσματική χρήση μη ανανεώσιμων πόρων εντός της εκμετάλλευσης και ενσωματώνει, όπου ενδείκνυται, φυσικούς βιολογικούς κύκλους και ελέγχους, διατηρεί την οικονομική βιωσιμότητα των γεωργικών δραστηριοτήτων και, ενισχύει την ποιότητα ζωής των αγροτών και της κοινωνίας, συνολικά (FACTA, 1990). Η Εθνική Υπηρεσία Πληροφόρησης για την Αειφόρο Γεωργία (ATTRA) ορίζει τη βιώσιμη γεωργία με παρόμοιους όρους, αλλά περιλαμβάνει επιπλέον στοιχεία σχετικά με τη χρήση στρατηγικών, που βασίζονται στην οικολογία που ενισχύουν και διατηρούν τη βιοποικιλότητα, έχουν ως αποτέλεσμα την ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, προστατεύουν το έδαφος και ενσωματώνουν φυτική παραγωγή και κτηνοτροφία (Earles and Williams, 2005). Στο πλαίσιο αυτό έχουν διαμορφωθεί διαφορετικά συστήματα καλλιέργειας, κυρίως, με βάση το βαθμό συμμόρφωσης και εφαρμογής πρακτικών που ενισχύουν την αειφορικότητα.

1.5.1. Βιολογικό Σύστημα Καλλιέργειας

Λόγω αυξημένων ανησυχιών σχετικά με τη βιωσιμότητα, η βιολογική γεωργία έχει γίνει το ταχύτερα αναπτυσσόμενο τμήμα της γεωργίας, που εξελίσσεται σε μια σταθερή και πιθανώς μόνιμη δύναμη στην αγορά (Greene, 2007). Η βιολογική γεωργία, ως ετικέτα βιομηχανίας, ορίζεται και ρυθμίζεται πλέον από το USDA. Ο νόμος για την παραγωγή βιολογικών τροφίμων (OFPA) που εγκρίθηκε από το συνέδριο το 1990 απαιτούσε από το USDA να αναπτύξει εθνικά πρότυπα για τα βιολογικά γεωργικά προϊόντα, οδηγώντας στο σχηματισμό του Εθνικού Οργανικού Προγράμματος (NOP) και του Εθνικού Συμβουλίου Οργανικών Προτύπων (NOSB) που θέσπισε πρότυπα για την παραγωγή, τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και την επισήμανση βιολογικών προϊόντων.

Το NOSB περιγράφει τη βιολογική γεωργία ως «ένα οικολογικό σύστημα διαχείρισης παραγωγής που προωθεί και ενισχύει τη βιοποικιλότητα, τους βιολογικούς κύκλους και τη βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Βασίζεται στην ελάχιστη χρήση εισροών εκτός αγροκτήματος και σε πρακτικές διαχείρισης που αποκαθιστούν, διατηρούν και ενισχύουν την οικολογική αρμονία" (Kuerper and Gegner, 2004; Οργανικός Οργανισμός Εμπορίου, 2008).

Η αειφόρος διαχείριση της γεωργικής γης στοχεύει ταυτόχρονα στη διατήρηση ή την ενίσχυση της παραγωγής τροφίμων, στη μείωση του επιπέδου κινδύνου παραγωγής, στην προστασία του δυναμικού των φυσικών πόρων και στην πρόληψη της υποβάθμισης των εδαφών και της ποιότητας των υδάτων, ενώ είναι οικονομικά βιώσιμη και κοινωνικά αποδεκτή (Schjonning et al., 2004).

Η βιολογική γεωργία συμβάλλει στα περισσότερα από τα σημεία που αναφέρονται και σε κάποιο βαθμό αυτό ισχύει και για τα ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής. Τα εδάφη διαδραματίζουν βασικό ρόλο στον ορισμό της βιώσιμης διαχείρισης της γης, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύουν τη βάση της φυτικής παραγωγής. Εάν τα εδάφη διαβρώνονται ή υποβαθμίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό, μια κοινωνία μπορεί να χάσει το θεμέλιο της ασφάλειας και της αυτάρκειας (Pimentel et al., 1995; Pretty et al., 2000).

Η ποιότητα του εδάφους έχει οριστεί ως η ικανότητα ενός το έδαφος να λειτουργεί εντός των ορίων του οικοσυστήματος και της χρήσης γης, να διατηρεί τη βιολογική παραγωγικότητα, να διατηρεί την περιβαλλοντική ποιότητα και να προάγει την υγεία των φυτών και των ζώων» (Doran and Paring, 1994). Εκτός από την εγγενή ποιότητα του εδάφους, η οποία βασίζεται στο μητρικό γεωλογικό υλικό και είναι ορθοστατική, η δυναμική ποιότητα του εδάφους αλλάζει σε απόκριση στην ανθρώπινη χρήση και διαχείριση (Carter et al., 1997). Τα χαρακτηριστικά της δυναμικής ποιότητας του εδάφους μπορεί να αλλάξουν σε σχετικά βραχείες περιόδους. Τα επίπεδα οργανικής ουσίας εδάφους μπορεί να ποικίλλουν εντός ενός έτους. Για ένα βιώσιμο περιβάλλον, είναι σημαντικό να αναπτυχθούν νέα ή να βελτιωθούν τα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης γης προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η διάβρωση, η υποβάθμιση και η μόλυνση του εδάφους και οι απώλειες δυνητικά επικίνδυνων στοιχείων στα υδάτινα σώματα, στην καλλιέργεια ή στην ατμόσφαιρα (Smith et al., 2000).

Τα Βιολογικά συστήματα χαρακτηρίζονται γενικά από την άφθονη χρήση οργανικών λιπασμάτων, όπως κομπόστ, κοπριά και και φυτικά υπολείμματα καλλιεργειών. Αυτές οι πρακτικές αυξάνουν το ποσοστό οργανικής ουσίας στο έδαφος, αποκαθιστούν τα θρεπτικά συστατικά που αφαιρούνται από τις καλλιέργειες και μεγιστοποιούν πληθυσμούς ωφέλιμων οργανισμών, όπως γαιοσκώληκες και μικρόβια που συμβάλλουν στη σταθεροποίηση της δομής του εδάφους. Συνήθως, εκτεταμένες εναλλαγές καλλιεργειών χρησιμοποιούνται για να σπάσουν τους κύκλους παρασίτων και ασθενειών στο έδαφος και να προωθήσουν τη βιοποικιλότητα, η οποία εκτιμάται σε βιολογικά συστήματα επειδή θεωρείται ότι ενθαρρύνει μια ισορροπία ευεργετικών και επιβλαβών οργανισμών, αποτρέποντας την άνθηση παρασίτων και ασθενειών (Zimmer, 2000, Kuepper et al., 2004). Αυτή η αρχή επεκτείνεται στην μικροβιακή κοινότητα του εδάφους, όπου πιστεύεται ότι πολύ δραστηριοί και ποικίλοι μικροβιακοί πληθυσμοί καταστέλλουν τα ζιζάνια και τις ασθένειες και βελτιώνουν την αμυντική απόκριση του φυτού και την αποδοτικότητα πρόσληψης θρεπτικών συστατικών (Kuepper et al., 2004).

Πολλοί υποστηρικτές της βιολογικής γεωργίας πιστεύουν ότι ένα σύστημα που ενθαρρύνει τη βιοποικιλότητα και τη μεγιστοποίηση των οικολογικών μεθόδων φυτοπροστασίας είναι μια πιο βιώσιμη

εναλλακτική λύση στη χρήση χημικών εισροών στη συμβατική γεωργία. Κοινή ανησυχία είναι ότι η χρήση χημικών εισροών, ιδίως στην κλίμακα της βιομηχανικής γεωργίας, συμβάλλει στην απώλεια της βιοποικιλότητας και στην υποβάθμιση των φυσικών πόρων.

Αντίθετα, ορισμένοι θέτουν ερωτήματα σχετικά με την ικανότητα της βιολογικής γεωργίας να παράγει επαρκή απόδοση και ποιότητα απαραίτητη για τη διατήρηση της οικονομικής βιωσιμότητας, υποστηρίζοντας ότι τα συμβατικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να αποδίδουν περισσότερα σε λιγότερη γη (Trewavas, 2001). Αυτές οι αντιλήψεις, μαζί με την αναπτυσσόμενη αγορά βιολογικών προϊόντων, έχουν οδηγήσει σε αύξηση της έρευνας από ομοτίμους με στόχο την αντιμετώπιση των ισχυρισμών τόσο των υποστηρικτών όσο και των επικριτών της βιολογικής γεωργίας.

Υπάρχει μεταβλητότητα στην απόδοση και τις οικονομικές εκτιμήσεις που συγκρίνουν τα βιολογικά και τα συμβατικά συστήματα. Αρκετές μελέτες δεν βρήκαν στατιστική διαφορά στις αποδόσεις μεταξύ βιολογικών και συμβατικών συστημάτων σε αρκετές καλλιέργειες, και μερικές ακόμη διαπίστωσαν ότι οι αποδόσεις σε συστήματα μακροχρόνιας βιολογικής διαχείρισης, ήταν υψηλότερες, ειδικά σε περιόδους ξηρασίας (Clark et al., 1999; Delate et al., 2003).

1.5.2. Συμβατικό Σύστημα Καλλιέργειας

Το γεωργικό σύστημα, το οποίο ονομάζεται «συμβατική γεωργία», «σύγχρονη γεωργία» ή «βιομηχανική γεωργία», έχει αποφέρει τεράστια κέρδη στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα. Η παραγωγή τροφίμων παγκοσμίως αυξήθηκε τα τελευταία 50 χρόνια.

Τα συμβατικά συστήματα καλλιέργειας διαφέρουν από εκμετάλλευση σε εκμετάλλευση και από χώρα σε χώρα. Ωστόσο, μοιράζονται πολλά χαρακτηριστικά όπως η ταχεία τεχνολογική καινοτομία, οι μεγάλες επενδύσεις κεφαλαίου σε εξοπλισμό και τεχνολογία, αγροκτήματα μεγάλης κλίμακας, μεμονωμένες καλλιέργειες (μονοκαλλιέργειες), ομοιόμορφες υβριδικές καλλιέργειες υψηλής απόδοσης, εξάρτηση από την αγροτική επιχείρηση, μηχανοποίηση γεωργικών εργασιών και εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων.

Η συμβατική γεωργία είναι μια ευρύτερη έννοια που διέπεται από κάποιους ορισμούς, αλλά μια καλλιέργεια μπορεί να χαρακτηριστεί ως συμβατική εάν χρησιμοποιούνται συνθετικές χημικές ουσίες για την ανάπτυξη των φυτών και την προστασία τους από επιβλαβείς οργανισμούς. Απαιτείται σημαντική ποσότητα χημικής και ενεργειακής εισροής στη συμβατική γεωργία για την παραγωγή της υψηλότερης δυνατής απόδοσης των καλλιεργειών. «Αυτή η μέθοδος μεταβάλλει συνήθως το φυσικό περιβάλλον, επιδεινώνει την ποιότητα του εδάφους και εξαλείφει τη βιοποικιλότητα.» (USDA , 2013). Η συμβατική γεωργία αναπτύχθηκε για να καταστήσει τη γεωργία πιο αποτελεσματική, αλλά επιτυγχάνει αυτή την αποτελεσματικότητα με σημαντικό κόστος για το περιβάλλον.

Ο στόχος της συμβατικής γεωργίας είναι να μεγιστοποιήσει την πιθανή απόδοση των καλλιεργειών και αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής συνθετικών χημικών, γενετικά τροποποιημένων οργανισμών και άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Κατά την εφαρμογή ενός συμβατικού συστήματος, διακυβεύεται η βιοποικιλότητα, η γονιμότητα του εδάφους και η υγεία των οικοσυστημάτων (Huntley et al., 2013). Μόλις δημιουργηθεί, ένα συμβατικό αγρόκτημα απαιτεί συνεχή συντήρηση αλλά παράγει μέγιστες αποδόσεις.

Η συντήρηση γίνεται εύκολη για τους αγρότες καθώς η συμβατική γεωργία συνήθως περιλαμβάνει μονοκαλλιέργεια, αλλά είναι επίσης πολύ ακριβό. Σε ένα συμβατικό σύστημα, οι αγρότες θα ορίσουν ολόκληρους αγρούς σε μία μόνο καλλιέργεια, η οποία δημιουργεί ομοιομορφία. Η ομοιομορφία μπορεί να καθορίσει τόσο την επιτυχία όσο και την αποτυχία των συμβατικών συστημάτων. Μια ομοιομορφη καλλιέργεια είναι ιδανική επειδή μειώνει το κόστος εργασίας και καθιστά τη συγκομιδή εύκολη, αλλά μπορεί επίσης να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα και να κάνει τις καλλιέργειες ευπαθείς σε παθογόνα (Gabriel et al., 2013). Οι χημικές ουσίες και οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί καθιστούν τη συντήρηση συμβατικών συστημάτων σχετικά απλή για τους αγρότες, αλλά απαιτούν μια συνεχή εισροή ενέργειας και χρημάτων. Σε ένα συμβατικό σύστημα, οι αγρότες μπορούν να εφαρμόσουν φυτοπροστατευτικά προϊόντα σε καλλιέργειες με πολύ πιο αποτελεσματικό ρυθμό, εάν αποτελούνται από έναν μόνο τύπο φυτού, αλλά αυτό έχει πολλές ανεπιθύμητες συνέπειες. Δεδομένου ότι ο στόχος της συμβατικής γεωργίας είναι να μεγιστοποιήσει τις αποδόσεις, η περιβαλλοντική υγεία και η βιοποικιλότητα συνήθως δεν διατηρούνται.

1.6. Ο καπνός στη Βιολογική Γεωργία

Το παγκόσμιο μέγεθος της αγοράς βιολογικού καπνού εκτιμήθηκε σε 141,8 εκατομμύρια το 2018 και αναμένεται να επεκταθεί με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης, της τάξης του 7,4%, κατά τη διάρκεια των επόμενων έξι ετών. Η αυξανόμενη συνειδητοποίηση τόσο των περιστασιακών όσο και των μακροχρόνιων καπνιστών σχετικά με τα πλεονεκτήματα της χρήσης καπνού βιολογικής καλλιέργειας αποδεικνύεται ότι ευνοεί την περαιτέρω ανάπτυξη βιολογικών συστημάτων. Επιπλέον, αυτά τα προϊόντα βρίσκουν χρήση καθώς δεν περιέχουν επιβλαβείς ουσίες όπως αμμωνία, χλώριο και υπολείμματα φυτοπροστατευτικών προϊόντων.

Η πλειονότητα των καπνιστών στρέφεται τώρα προς τα τσιγάρα βιολογικού καπνού, γεγονός που επηρεάζει θετικά την αγορά. Η αύξηση της ευαισθητοποίησης για την υγεία οδηγεί τους καπνιστές να αλλάξουν τις προτιμήσεις τους. Καθώς το προϊόν είναι λιγότερο επιβλαβές σε σύγκριση με τον συμβατικό καπνό, η πλειονότητα των καπνιστών μετατοπίζει την εστίασή τους στην κατανάλωση πούρων και τσιγάρων που προέρχονται από οργανικό καπνό, αντί να σταματήσει εντελώς τη συνήθεια του καπνίσματος. Αυτός ο παράγοντας προέβλεπε την αύξηση της ζήτησης προϊόντος κατά την προβλεπόμενη περίοδο.

Ο τομέας του καπνίσματος είναι μία από τις προσοδοφόρες αγορές που αναμένεται να διατηρήσει την κυριαρχία της κατά την περίοδο προβλέψεων. Τα τελευταία χρόνια, οι καπνοκαλλιεργητές αυξάνουν τις

δαπάνες τους για την υιοθέτηση μεθόδων βιολογικής καλλιέργειας που αυξάνουν την απόδοση της καλλιέργειας και την ποιότητα του καπνού σε σύγκριση με τις συμβατικές πρακτικές καλλιέργειας.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Το έδαφος ως μέσο θρέψης των φυτών

Οι συνθήκες του εδάφους και τα θρεπτικά συστατικά είναι πολύ σημαντικά για ανάπτυξη και απόδοση των φυτών. Εκτός από τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο που προμηθεύονται από την ατμόσφαιρα και το εδαφικό νερό, τόσο τα μακροστοιχεία συμπεριλαμβανομένων των αζώτου, μαγνησίου, φωσφόρου, καλίου, ασβεστίου και θείου, όσο και τα μικροθρεπτικά συστατικά (ιχνοστοιχεία), είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και παραγωγή φυτών (Kafi, 2002).

Σε συστήματα εντατικής καλλιέργειας, η οργανική ουσία και τα θρεπτικά συστατικά εξαντλούνται πολύ γρήγορα. επομένως, απαιτείται να αντικατασταθούν αυτά τα θρεπτικά συστατικά για να επιτευχθεί η βέλτιστη παραγωγή. Μακροχρόνιες μελέτες δείχνουν ότι η εντατική χρήση συνθετικών λιπασμάτων μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών. Οι μειωμένες αποδόσεις οφείλονται στην οξείδωση των συστατικών του εδάφους, την απουσία βιολογικής δραστηριότητας, την υποβάθμιση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους που αυξάνονται από τη χρήση συνθετικών λιπασμάτων μακροθρεπτικών συστατικών όπως το άζωτο, φώσφορο και το κάλιο (Sabahi, 2006; Adediran et al. 2004).

2.2. Πως η ανάπτυξη των αγρονομικών πρακτικών αντικατοπτρίζει τη δυναμική ισορροπία του εδαφικού αζώτου (N).

Το άζωτο (N) αποτελεί το σημαντικότερο θρεπτικό συστατικό των φυτών (Epstein, 1972), ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά στα τέλη του 18ου αιώνα και ο ρόλος του στη βελτίωση της παραγωγής των καλλιεργειών αναγνωρίστηκε ευρέως από τα μέσα του 19ου αιώνα (Galloway and Cowling, 2002). Πολύ πριν από αυτές τις ανακαλύψεις, καλλιεργητές στην αρχαιότητα, χρησιμοποιούσαν συχνά αγρονομικές πρακτικές που είχαν ως αποτέλεσμα τη διαχείριση της διαθεσιμότητας του εδαφικού αζώτου, συμβάλλοντας στη διασφάλιση της ανθρώπινης τροφής. Πριν από τα συνθετικά αζωτούχα λιπάσματα, υπήρχαν δύο σημαντικές πηγές αζώτου στα αγρο-οικοσυστήματα – η βιολογική στερέωση αζώτου στο έδαφος και το άζωτο που αποθηκεύεται στο έδαφος μέσα από την αζωτοδέσμευση των ψυχανθών. Από την αρχαιότητα, αγρότες ανέπτυξαν συστήματα κατεργασίας και αμειψισποράς για να διαχειριστούν και τις δύο

πηγές αζώτου. Ωστόσο, η εμφάνιση των εμπορικών συνθετικών λιπασμάτων στις αρχές του 20ού αιώνα έφερε σημαντικές αλλαγές σε αυτές τις παραδοσιακές αγρονομικές πρακτικές. Μεγάλο μέρος του εδαφικού αζώτου βρίσκεται σε σύμπλοκα οργανικών ενώσεων, όπως υπολείμματα φυτών σε αποσύνθεση και αποχωρήματα ζώων (Marschner and Marschner, 2012). Τα περισσότερα φυτά μπορούν να προσλάβουν μόνο ανόργανες μορφές αζώτου (NH_4^+ και NO_3^-) (Keeney, 1982), αν και τα βασικά αμινοξέα απορροφώνται σπάνια από ορισμένα είδη φυτών (π.χ. *Picea Abies*.) (Boukcim and Plassard, 2003). Οι ανόργανες μορφές αζώτου και τα βασικά αμινοξέα στο έδαφος προέρχονται κυρίως από διεργασίες ανοργανοποίησης. Η ανοργανοποίηση μπορεί να προωθηθεί από πρακτικές κατεργασίας του εδάφους καθώς η διαταραχή μπορεί να εκθέσει οργανικά υλικά εδάφους που προστατεύονται με φυσικό τρόπο, σε μικρόβια, ενισχύοντας τη μικροβιακή δραστηριότητα (Tisdall and Oades, 1982).

2.2.1. Οργανική λίπανση

Η χρήση οργανικών λιπασμάτων μπορεί να αυξήσει τη βιολογική δραστηριότητα και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Επίσης, βιολογικά λιπάσματα μπορούν να αδρανοποιήσουν ή να μειώσουν την οξείδωση των στοιχείων που πραγματοποιείται στο έδαφος και να αυξήσουν τη διαθεσιμότητα μερικών μικροθρεπτικών συστατικών όπως ψευδάργυρος και χαλκός. Τα οργανικά λιπάσματα μειώνουν τις επιπτώσεις της ξηρασίας με τη βελτίωση της ικανότητας συγκράτησης του νερού του εδάφους. Αντίθετως, στα μειονεκτήματα των οργανικών λιπασμάτων συμπεριλαμβάνεται μόνο το υψηλό κόστος και η διάθεση αζώτου αργής απελευθέρωσης (Sabahi, 2006).

2.2.2. Συμβατική λίπανση

Η εφαρμογή συνθετικού λιπάσματος στη γεωργική παραγωγή έχει σχετικά μικρή ιστορία σε σύγκριση με τις πρακτικές καλλιέργειας. Το 1836, ο Jean-Baptiste Boussingault (1801-1887) έκανε πειράματα με κοπριά, εναλλαγή καλλιεργειών και διάφορες πηγές αζώτου και για πρώτη φορά κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το άζωτο ήταν ένα σημαντικό συστατικό των φυτών και ότι η θρεπτική αξία του λιπάσματος ήταν ανάλογη με την περιεκτικότητά του σε άζωτο (Smil, 2004). Ωστόσο, η αμμωνία δεν μπορούσε να συντεθεί εύκολα από συστατικά στοιχεία έως το 1908, όπου ο Haber-Bosch ανέπτυξε τη διαδικασία αμμωνιοποίησης. Μετά από αυτό, το συνθετικό λίπασμα αζώτου άρχισε να παίζει μεγαλύτερο ρόλο στη γεωργική παραγωγή, συμβάλλοντας στη βελτίωση του παγκόσμιου επισιτισμού (Erisman et al., 2008).

Η εμφάνιση συνθετικού λιπάσματος έφερε τεράστια αύξηση στην παγκόσμια προσφορά τροφίμων και σύμφωνα με τον Erisman et al. (2008) εκτιμάται ότι περίπου το 50% της παραγωγής των τροφίμων του παγκόσμιου πληθυσμού, καλύπτεται επί του παρόντος με τη χρήση συνθετικού λιπάσματος. Ωστόσο, τα

συνθετικά λιπάσματα αζώτου διαταράσσουν θεμελιωδώς το ισοζύγιο του εδαφικού αζώτου στα αγροοικοσυστήματα, και επέφεραν σημαντικές αλλαγές στις παραδοσιακές αγρονομικές πρακτικές. Το συνθετικό λιπάσμα αζώτου έπαιξε ρόλο στην ανάπτυξη της σύγχρονης καλλιέργειας χωρίς άροση.

2.2.3. Χλωρή λίπανση (καλλιέργεια ψυχανθών)

Αν και οι αρχαίοι αγρότες δεν γνώριζαν τίποτα για τη βιολογική αζωτοδέσμευση, η καλλιέργεια ψυχανθών αποτελούσε ένα σημαντικό σύστημα καλλιέργειας, για την αύξηση της γονιμότητας του εδάφους, παγκοσμίως, πριν γίνει το συνθετικό N διαθέσιμο (White, 1970). Ωστόσο, η εναλλαγή των καλλιεργειών – αμειψισπορά, αποθαρρύνθηκε κατά τη διάρκεια της Πράσινης Επανάστασης, εν μέρει επειδή ο έλεγχος των παρασίτων, που μέχρι τότε γινόταν αποκλειστικά μέσω της αμειψισποράς, αντικαταστάθηκε από συνθετικά φυτοπροστατευτικά προϊόντα (Bruns, 2012). Ωστόσο, λίγο μετά το απόγειο της Πράσινης Επανάστασης, πολλές μελέτες ανέφεραν ότι η χρήση συνθετικών λιπασμάτων ή φυτοπροστατευτικών προϊόντων δεν θα μπορούσε να αντισταθμίσει πλήρως τα οφέλη εναλλαγής καλλιεργειών (Karlen et al., 1994; Roth, 1996).

Η ένταξη καλλιεργειών κάλυψης (ψυχανθών) σε ένα σύστημα παραγωγής παρέχει οργανική ουσία που βοηθά στην ενίσχυση της ποιότητας του εδάφους. Κατά τη διάσπαση της οργανικής ουσίας από μικροοργανισμούς, σχηματίζονται ενώσεις που βοηθούν στη σύνδεση των σωματιδίων του εδάφους σε συσσωματώματα διαφόρων μεγεθών. Τα συσσωματώματα εδάφους συγκρατούνται από πηλό, ρίζες φυτών, βακτήρια και μύκητες, και τα υποπροϊόντα της αποσύνθεσης. Η συσσωμάτωση του εδάφους δημιουργεί χώρους ή πόρους εντός του εδάφους που είναι απαραίτητοι για την αποθήκευση αέρα και νερού. Οι προσθήκες οργανικής ύλης αυξάνουν τον αριθμό των συσσωματωμάτων μεγαλύτερου μεγέθους στο έδαφος, ενισχύοντας το συνολικό πορώδες.

Η δομή του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του εδάφους. Ένας καλά συσσωματωμένος όγκος εδάφους, αερίζεται καλά, έχει υψηλό ρυθμό διήθησης νερού και υποστηρίζει βιολογική δραστηριότητα. Όλα αυτά βοηθούν στην ανάπτυξη των ριζών και στην αποδοση απορρόφησης θρεπτικών από τα ριζίδια.

Η προσθήκη καλλιεργειών ψυχανθών, οι οποίες είναι σε θέση να δεσμεύσουν το δικό τους άζωτο (N) από την ατμόσφαιρα, παρέχει άζωτο για τις επόμενες καλλιέργειες όταν ενσωματώνονται τα υπολείμματα των φυτών στο έδαφος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αντικατάσταση ή συμπλήρωμα ανόργανων λιπασμάτων αζώτου. Το άζωτο που παρέχεται από τις καλλιέργειες ψυχανθών μπορεί να διατηρηθεί στο έδαφος για παρατεταμένες περιόδους και να είναι διαθέσιμο για πρόσληψη από τα φυτά, σε αντίθεση με τα συνθετικά λιπάσματα αζώτου, τα οποία έχουν σημαντική δυνατότητα έκπλυσης από τη ζώνη ρίζας του φυτού.

2.3. Συστηματική κατανόηση των αγρονομικών πρακτικών και της δυναμικής του αζώτου

Αυτή η σύντομη ανασκόπηση της γεωργικής ιστορίας αποδεικνύει ότι η διαχείριση του ισοζυγίου του αζώτου είναι ένας από τους κεντρικούς λόγους που οι αγρότες ανέπτυξαν και εφάρμοσαν συγκεκριμένες αγρονομικές πρακτικές. Επιπλέον, τις τελευταίες δεκαετίες, η νέα γνώση δείχνει ότι η προσθήκη ανόργανων ενώσεων στο έδαφος, μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία σε παγκόσμιο επίπεδο (Townsend et al., 2003). Σκοπός της βέλτιστης διαχείρισης του εδαφικού αζώτου, είναι η ενίσχυση του δικτύου ανοργανοποίησης τις περιόδους που οι καλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο, ο συγχρονισμός του ρυθμού ανοργανοποίησης του αζώτου με το ρυθμό πρόσληψης αυτού από τα φυτά και η ελαχιστοποίηση της απώλειάς του, μέσω της έκπλυσης στα κατώτερα στρώματα.

Η σωστή και ακριβής εκτίμηση της ανοργανοποίησης του εδαφικού αζώτου αποτελούσε μια πρόκληση από τις αρχές του 1900 (Bundy and Meisinger, 1994). Η χρονική και χωρική μεταβλητότητα είναι μεγάλη επειδή αυτή η διαδικασία καθορίζεται, τόσο από εσωτερικούς παράγοντες του εδάφους (π.χ. επίπεδο οργανικής ουσίας, δεξαμενές άνθρακα και αζώτου, μικροβιακή δραστηριότητα εδάφους), όσο και από εξωτερικούς παράγοντες περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασία, κατακρυμνίσματα και αερισμός) (Goncalves and Carlyle, 1994; Sierra, 1997; Zech et al., 1997). Αγρονομικές πρακτικές, όπως εναλλαγή καλλιεργειών με διαφορά είδη φυτών και εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανοργανοποίηση του αζώτου (Gill et al., 1995, Van Der Krift and Berendse, 2001).

Ένας πειραματικός δείκτης διαθεσιμότητας αζώτου ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζει απαραίτητα τη συνολική πρόσληψη αζώτου από την καλλιέργεια. Εκτός από την ποσότητα του διαθέσιμου εδαφικού αζώτου, η συσσώρευσή του στην καλλιέργεια εξαρτάται επίσης από την ικανότητα πρόσληψης. Η ικανότητα πρόσληψης αζώτου των καλλιεργειών μπορεί να προσδιοριστεί είτε από γενετικούς ή από περιβαλλοντικούς παράγοντες (Gastal και Lemaire, 2002).

2.4. Σχέσεις χαρακτηριστικών εδάφους – ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού

Σχέδον όλα τα φυτικά είδη που καλλιεργούνται συστηματικά απαιτούν βασικά στοιχεία για να επιβιώσουν και να αποδώσουν στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους. Ωστόσο, το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο είναι τα κύρια βασικά στοιχεία που απαιτούνται από τα φυτά και αυτά που προκαλούν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην καλλιέργεια του καπνού. Περίσσεια αζώτου μπορεί να χαθεί με την έκπλυση εδάφους και έ δεν ωφελεί το φυτό. Το κάλιο και ο φώσφορος δεν χάνονται με έκπλυση και μπορεί να συσσωρευτούν με την πάροδο του χρόνου, προκαλώντας υπερβολική αφθονία αυτών των στοιχείων. Κάλιο και ο φωσφόρος μπορεί

δυσνητικά να προκαλέσουν προβλήματα στα φυτά σε ορισμένα στάδια της καλλιεργητικής περιόδου, εάν παρόντα σε πλεονάζοντα ποσά (North Carolina Cooperative Extension Service, 2008).

Άλλα μακροθρεπτικά συστατικά όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το θείο παίζουν καθοριστικό ρόλο στο ανάπτυξη του καπνού. Τα βασικά μικροθρεπτικά συστατικά όπως το βόριο, ο ψευδάργυρος, ο σίδηρος, ο χαλκός και το μαγγάνιο είναι επίσης απαραίτητα για το φυτό, αλλά χρειάζονται σε μικρότερες ποσότητες. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά σε συνδυασμό και επάρκεια οδηγούν στην παραγωγή εύρωστων και υγιών φυτών καπνού με ζωντανό χρώμα φύλλων και ελκυστικό άρωμα, βελτώνοντας την ποιότητα.

2.4.1. Ο ρόλος του αζώτου

Το άζωτο είναι ένα πολύ σημαντικό θρεπτικό συστατικό που χρησιμοποιείται από όλα τα φυτά. Έρχεται σε πολλές μορφές και προσλαμβάνεται από τα φυτά με διάφορους τρόπους. Το άζωτο υπάρχει σε πολλαπλές καταστάσεις οξείδωσης και χημικές μορφές. Η πιο άφθονη μορφή αζώτου είναι το αέριο άζωτο (N_2), το οποίο αποτελεί το 78% της ατμόσφαιρας και πρέπει να δεσμευτεί από μικροοργανισμούς για να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά (Francis, 2007).

Σε πληθώρα μελετών σχετικών με την επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στον καπνό, εμφανίζεται θετική συσχέτιση του διαθέσιμου αζώτου στο έδαφος με τις αποδόσεις (Jones and Tramel, 1979; Aycocock and Mckee, 1979; Link and Terrill, 1982; Sifola and Postiglione, 2003; Μπερως, 1986; Marchetti et al., 2006 και MacKown et al., 1999). Παράλληλα, όμως, οι Jones και Tramel (1979), διαπίστωσαν ότι η ποιότητα και η τιμή επηρεάστηκαν αρνητικά από την αυξημένη λίπανση με άζωτο σε καπνά Βιρτζίνια και Μέριλαντ. Η περίσσεια αζώτου συνήθως δεν σχετίζεται με μείωση ποιότητας στα καπνά burley και οι Link και Terrill (1982) διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχε επίδραση στην ποιότητα του καπνού burley με αυξημένη αζωτολίπανση παρόλο που ο υψηλός ρυθμός απορρόφησης αζώτου προκάλεσε προβλήματα κατά τη ωρίμανση.

Το άζωτο μπορεί να χυθεί μέσω έκπλυσης, εξάτμισης, απονιτροποίησης ή ακινητοποίησης (Magdoff, 1991; Brady και Weil, 2002). Η έκπλυση συνήθως δεν είναι πρόβλημα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου εκτός εάν συμβαίνουν μεγάλες, ασυνήθιστες βροχοπτώσεις (Magdoff, 1991). Το αμμώνιο (NH_4^+) χάνεται με εξάτμιση ως αέριο αμμωνίας (NH_3) στην ατμόσφαιρα (Brady and Weil, 2002).

Η απονιτροποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία το άζωτο στη νιτρική μορφή, NO_3 (διαθέσιμο άζωτο) χάνεται στην ατμόσφαιρα ως N_2 , N_2O και NO (Brady and Weil, 2002). Η ακινητοποίηση είναι μια διαδικασία στην οποία το νιτρικό άζωτο μετατρέπεται σε οργανικές μορφές μέσω της αντίστροφης διαδικασίας της ανοργανοποίησης. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου του εδάφους διατηρείται σε οργανική μορφή και προστατεύεται από την απώλεια, αλλά σε μεγάλο βαθμό δεν είναι διαθέσιμο σε φυτά (Brady and Weil, 2002).

Ανοργανοποίηση, είναι η διαδικασία κατά την οποία το άζωτο μετατρέπεται από την οργανική μορφή σε ανόργανη, μέσω υδρόλυσης, ακολουθώντας μια πορεία όπου ο φυτικός ιστός μετατρέπεται σε οργανική ύλη, και στη συνέχεια σε αμμώνιο (NH_4^+), νιτρώδες άλας (NO_2^-) και τέλος νιτρικό άλας (NO_3^-), όπου αποτελεί και την κύρια διαθέσιμη μορφή για τα φυτά (Magdoff, 1991; Brady and Weil, 2002). Δεν πραγματοποιείται ανοργανοποίηση του αζώτου κατά τους χειμερινούς μήνες όταν το έδαφος είναι πολύ δροσερό εξαιτίας της περιορισμένης μικροβιακής δραστηριότητας (Magdoff, 1991). Ένα μικρό μέρος του αζώτου στο έδαφος ανοργανοποιείται ετησίως, αλλά εξακολουθεί να είναι αραιό για τη διατήρηση της φυσικής βλάστησης (Brady and Weil, 2002). Δεδομένου ότι η ανοργανοποίηση του αζώτου δεν συμβαίνει το χειμώνα όταν το έδαφος είναι δροσερό, ως επί το πλείστον, η ανοργανοποίηση πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του εδάφους αυξάνεται, την άνοιξη (Magdoff, 1991). Αυτή η έκρηξη διαθέσιμου αζώτου είναι συχνά αραιή για την πρώτη ανάπτυξη της καλλιέργειας και κορυφώνεται λίγο πριν από την έναρξη της ταχείας ανάπτυξης (Magdoff, 1991).

Η υπερβολική λίπανση αζώτου αυξάνει το κόστος παραγωγής και μπορεί δυνητικά να αυξήσει τη ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων λόγω της έκπλυσης. Συσσώρευση νιτρικών στα φύλλα λόγω υπερβολικού αζώτου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα των φύλλων του καπνού. Η αποδοτικότητα της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων εξαρτάται από τις βιολογικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στο έδαφος, τις πρακτικές λίπανσης και τη φυσιολογία των φυτών (Sifola και Postiglione, 2003). Στον καπνό burley, οι MacKown και Sutton (1997) διαπίστωσαν ότι η αποδοτικότητα της χρήσης αζώτου ήταν 36,6% όταν έγινε ενιαία εφαρμογή στο έδαφος, ενώ όταν εφαρμόστηκε κατά θέσεις, αυξήθηκε σε 43 - 54%. Έρευνα από το Πανεπιστήμιο του Κεντάκυ έδειξε ότι υψηλά επίπεδα αζώτου προκαλούν πολλά προβλήματα, όπως η κακή ποιότητα των φύλλων – κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, περίσσεια ποσότητα αζώτου έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή φύλλων με αποχρωματισμούς στο έλασμα και παχιές νευρώσεις. Επίσης, νεαρά φυτά, ταχέως αναπτυσσόμενα, που έχουν συσσωρεύσει μεγάλες ποσότητες αζώτου είναι εξαιρετικά επιρρεπή σε ασθένειες (Sims and Wells, 1985).

Επίδραση του εδαφικού αζώτου στην περιεκτικότητα νικοτίνης

Η λίπανση καθορίζεται από τη θρεπτική μορφή, τις δόσεις, τη χρονική εφαρμογή και τον τρόπο διανομής (Tso, 1999). Πιο συγκεκριμένα ο τρόπος διανομής των λιπασμάτων έχει σημαντική επίδραση στις συγκεντρώσεις νικοτίνης, καθώς, συνήθως, οι ομοιόμορφες εφαρμογές λιπάσματος, οδηγούν σε χαμηλότερη πρόσληψη N και κατά συνέπεια περιορίζεται η περιεκτικότητα σε νικοτίνη (Wilkinson et al., 2008; Weybrew and Woltz, 1975). Σε αντίθεση, τοπικές εφαρμογές λιπάσματος, επί της γραμμής ή θέσης των φυτών αυξάνουν την πρόσληψη αζώτου, οδηγώντας σε υψηλότερα επίπεδα νικοτίνης (Flower, 1999).

Ο χρόνος εφαρμογής του λιπάσματος επηρεάζει άμεσα τα επίπεδα συγκέντρωσης νικοτίνης στο φυτό ειδικά αν παρατηρείται έλλειψη αζώτου στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του καπνού. Εάν η διαθεσιμότητα σε άζωτο είναι περιορισμένη κατά την πρώτη ανάπτυξη, ακόμα και αν γίνει εφαρμογή με αζωτούχο λίπασμα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, τα επίπεδα αζώτου και σακχάρου στο φυτικό ιστό θα ανακάμψουν, αλλά η συγκέντρωση νικοτίνης θα περιοριστεί (Raper and McCants, 1970). Κατά τη διάρκεια τροφopenίας αζώτου στα νεαρά στάδια του φυτού, η σύνθεση νικοτίνης διακόπτεται, και δεν πραγματοποιείται συσσώρευση νικοτίνης στα φύλλα (Raper and McCants, 1970). Αντίθετα, η συγκέντρωση νικοτίνης στα ώριμα φύλλα δεν επηρεάζεται από πιθανή έλλειψη σε άζωτο (Raper and McCants, 1970).

Το άζωτο είναι το στοιχείο που έχει την υψηλότερη επίδραση στην ανάπτυξη και ποιότητα καπνού, ειδικά όσον αφορά στα αεροξηραίνόμενα καπνά (Parker, 2009; Smith, 2009). Το άζωτο καθορίζει την απόδοση σε φύλλα, τις ιδιότητες, γεύση και άρωμα του καπνού (Marambe and Sangakkara, 1988; Lu et al., 2005; Marchetti et al., 2006; Smith, 2009). Υπερβολικές ή ακατάλληλες εφαρμογές αζώτου μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση και την ποιότητα του καπνού (Marchetti et al., 2006; Reed et al., 2011). Υπέρβαση στο άζωτο παράγει ισχυρές και πικάντιες γεύσεις, οι οποίες δεν σχετίζονται με υψηλή περιεκτικότητα νικοτίνης.

Η θρέψη είναι σημαντική για την ανάπτυξη και την απόδοση του καπνού, καθώς και για τη σύνθεση και συσσώρευση νικοτίνης. Κάθε βασικό θρεπτικό συστατικό παίζει αναπόσπαστο ρόλο στο ανάπτυξη του καπνού, αλλά κανένα δεν είναι τόσο σημαντικό για την παραγωγή νικοτίνης όσο το άζωτο (Collins and Hawks, 1993). Τα επίπεδα νικοτίνης και αζώτου συνδέονται στενά μεταξύ τους και ακολουθούν παρόμοια πρότυπα συσσώρευσης στο φυτό (Weybrew et al., 1953). Όσο αυξάνεται η πρόσληψη και η συσσώρευση του αζώτου, τόσο αυξάνεται και η συγκέντρωση νικοτίνης (Elliot and Court, 1978, Miner, 1980). Έτσι, λίπανση αυξημένη σε άζωτο οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις νικοτίνης.

Μέσα στο φυτό, τα άνω φύλλα συσσωρεύουν υψηλότερα επίπεδα τόσο του αζώτου όσο και της νικοτίνης, από τα κάτω φύλλα. Στην πραγματικότητα, οι συγκεντρώσεις αζώτου και νικοτίνης συνήθως αυξάνονται στις υψηλότερες θέσεις κόμβων σε συμβατικά συστήματα καλλιέργειας καπνού (Collins and Hawks, 1993, Rogers and Mitchem, 1976; Tso, 1999), ωστόσο, αυτή η τάση μπορεί να είναι αντίστροφη για φυτά καπνού που δεν έχουν κορυφολογηθεί (Shmuk, 1953). Νικοτίνη και βλάστηση αυξάνονται με την αύξηση της αζωτούχου λίπανσης, αλλά η ανάπτυξη τελικά θα φτάσει κάποια στιγμή στο μέγιστο ενώ η νικοτίνη συνεχίζει να παράγεται με αποτέλεσμα να εμφανίζεται συνεχής αύξηση της περιεκτικότητας στα φύλλα (Weybrew et al., 1953).

Η πρόσληψη αζώτου συσχετίζεται θετικά με την παραγωγή νικοτίνης και αρνητικά με τη συσσώρευση σακχάρων και αμύλου (Flower, 1999). Για τον καθορισμό μεθόδου λίπανσης πρέπει απαραίτητα να λαμβάνουμε υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες, και πιο συγκεκριμένα το ποσό των κατακρημνισμάτων (Fisher, 2019). Κατά τη διάρκεια υγρών περιόδων, αμμωνιακές μορφές αζώτου τείνουν να είναι πιο

αποτελεσματικές καθότι πιο δυσκίνητες και επηρεάζονται λιγότερο από πιθανή έκπλυση. Αντιθέτως, οι νιτρικές μορφές αζώτου είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην έκπλυση, και επομένως, είναι πιο αποτελεσματικές κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων (Flower, 1999). Έλλειψη αζώτου στο έδαφος και έκπλυση που προκαλείται από υπερβολικές βροχές οδηγούν σε χαμηλότερα επίπεδα νικοτίνης. Σε αντίθεση, η αυξημένη λίπανση και οι συνθήκες ξηρασίας οδηγούν σε υψηλότερα επίπεδα νικοτίνης (Flower, 1999). Η υπερβολική λίπανση μπορεί επίσης να επηρεάσει κυρίως τη νικοτίνη λόγω των επιπτώσεών της στην ανάπτυξη των φυτών. Αν και υψηλή διάθεση αζώτου αυξάνει την απόδοση, μπορεί επίσης να είναι επιζήμια, προκαλώντας καθυστερημένη ωρίμανση και μείωση της ποιότητας (Tso, 1999).

Για την καλλιέργεια καπνού, οι συστάσεις για αυτό το στοιχείο ποικίλλουν ανάλογα με διαφορετικούς συγγραφείς, μεταξύ 90 και 100 kg ha⁻¹ (Rojo, 2008), 67 και 78 kg ha⁻¹ (Reed et al., 2011), 56 και 90 kg ha⁻¹ (Smith, 2009) ή 181 kg ha⁻¹ (Ballari, 2005).

2.4.2. Ο ρόλος του καλλίου

Το κάλιο είναι ένα σημαντικό στοιχείο, απαραίτητο για την ανάπτυξη και την ποιότητα των φύλλων καπνού (χρώμα, υφή, περιεκτικότητα σε σάκχαρα, νικοτίνη και καυσιμότητα) (Ballari, 2005; Gurumurthy και Vageesh, 2007; Yang et al., 2007). Υψηλές συγκεντρώσεις K (> 25 g kg⁻¹) στα αποξηραμένα φύλλα αυξάνουν το ρυθμό καύσης και ικανότητα συγκράτησης θερμότητας (Miner and Tucker, 1990), ενώ χαμηλές συγκεντρώσεις K (<2%) στα φύλλα μειώνουν την ποιότητα (Zhao et al., 2010).

Η πρόσληψη καλλίου λαμβάνει χώρα με σταθερό ρυθμό κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, σε αντίθεση με την πρόσληψη αζώτου. Η ποσότητα του καλλίου που απορροφάται είναι σημαντικά χαμηλότερη από οποιαδήποτε άλλη των βασικών στοιχείων (McCants and Woltz, 1967).

Η υπερβολική καλιούχος λίπανση μπορεί επίσης να καθυστερήσει ωρίμανση, ενώ τα υψηλά επίπεδα P μπορεί να προκαλέσουν πάχυνση των φύλλων και τελικά μείωση της απόδοσης (Tso, 1999). Αν και η νικοτίνη δεν επηρεάζεται άμεσα από εφαρμογές λιπασμάτων που περιέχουν Ca, έχει φανεί ότι η αυξημένη περιεκτικότητα σε Ca στο έδαφος μπορεί να αυξήσει σημαντικά τα αλκαλοειδή (Peedin and McCants, 1977).

Προτάσεις για το κάλιο (K₂O) για καλλιέργεια ποικίλλει ανάλογα με το συγγραφείς: 160-180 kg ha⁻¹ Rojo (2008), 110-195 kg ha⁻¹ (Reed et al., 2011), 100 kg ha⁻¹ (Smith, 2009) ή 250 kg ha⁻¹ (Ballari, 2005) για απόδοση 3.200 kg ha⁻¹.

2.4.3. Ο ρόλος του φωσφόρου

Ο φωσφόρος είναι απαραίτητος στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης των φυτών και οι απαιτήσεις του καπνού σε φώσφορο είναι γενικά χαμηλότερες από εκείνες για το άζωτο και το κάλιο. Αυτό το μεταλλικό στοιχείο επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών, την πρώτη ανάπτυξη του φυτού, και την ποιότητα των πρώτων φύλλων - βελτιώνει το χρώμα και την ποιότητα των φύλλων· συντηρητική εφαρμογή επιταχύνει την ανάπτυξη και την ωρίμανση.

Ο φωσφόρος έχει χρησιμοποιηθεί υπερβολικά για πολλά χρόνια, παρόλο που στα περισσότερα εδάφη παρουσιάζει επάρκεια για την παραγωγή καπνού. Η επιπλέον λίπανση, προκαλεί αύξηση του ρυθμού πρώιμης ανάπτυξης του καπνού και επιταχύνει την ωρίμανση (McCants and Woltz, 1967). Σε ορισμένες περιπτώσεις έλλειψης φωσφόρου, το φυτό δεν ωριμάζει ικανοποιητικά, τα φύλλα είναι χαμηλής ποιότητας, τείνουν να είναι πιο στενά και ενδέχεται να εμφανίσουν λευκές κηλίδες στα κάτω φύλλα (McCants and Woltz, 1967).

Η περίσσεια φωσφόρου μειώνει την ποιότητα, προκαλεί ξήρανση και οδηγεί σε τραχειά, ακανόνιστα φύλλα, παράγοντας μαύρη τέφρα αντί για λευκή. Το περιεχόμενο P στα φύλλα σχετίζεται θετικά με την περιεκτικότητα σε σάκχαρα, που αποτελεί μια παράμετρο ποιότητας (Ballari; 2005; Smith, 2009).

Οι συστάσεις για το φώσφορο (P₂O₅) στον καπνό ποικίλλουν ανάλογα με τους συγγραφείς: μεταξύ 60-70 κιλών ha⁻¹ (Rojo, 2008), 44 kg ha⁻¹ (Reed et al., 2011), 17 kg ha⁻¹ (Smith, 2009), ή 23 kg ha⁻¹ (Ballari, 2005) για απόδοση 3.200 κιλά ha⁻¹.

2.4.4. Ο ρόλος του χλωρίου

Ένας καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα του καπνού είναι η επιβλαβής επίδραση του χλωρίου, το οποίο μειώνει την ευφλεκτότητα και αυξάνει την υγροσκοπικότητα, προκαλώντας προβλήματα κατά την ξήρανση των φύλλων και την ωρίμανση (Elliot and Back, 1963). Υψηλό χλώριο, συγκεντρώσεις (> 10 g kg⁻¹ ή περισσότερο από 1%) σε ωριμασμένα φύλλα μειώνουν την ποιότητα, επιβραδύνουν την καύση, την ικανότητα συγκράτησης θερμότητας και αυξάνουν την περιεκτικότητα σε υγρασία (Miner and Tucker, 1990; Rojo, 2008). Συστάσεις για το χλώριο στην καλλιέργεια καπνού είναι 5-7 kg ha⁻¹ (Ishizaki και Akiya, 1978).

2.5. Σκοπιμότητα της μελέτης

Η απαίτηση για βιολογική καλλιέργεια καπνού “κερδίζει” ολοένα και περισσότερο έδαφος. Παγκοσμίως αυξάνεται το ενδιαφέρον καλλιέργειας βιολογικού καπνού, καθώς σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την επιστημονική ομάδα του Central Tobacco Research Institute (CTRI) διαπιστώθηκε ότι τα φύλλα καπνού που καλλιεργήθηκαν με βιολογικό τρόπο περιείχαν λιγότερες επικίνδυνες και τοξικές ουσίες, ενώ ταυτόχρονα το τελικό άρωμα του καπνού παρέμεινε στα ίδια επίπεδα (Padmanabhan, 2003). Το αποτέλεσμα της έρευνας βασίστηκε στο γεγονός ότι περισσότερο επικίνδυνες ουσίες στον καπνό είναι η πίσσα και οι νιτροζαμίνες παρά η νικοτίνη. Αποδείχτηκε λοιπόν ότι η χρήση βιολογικών λιπασμάτων μείωσε κατά πολύ τα επίπεδα νιτροζαμινών στον καπνό. Εκτός αυτού, ο βιολογικός καπνός δεν περιέχει ίχνη χημικών φυτοπροστατευτικών ούτε χημικά πρόσθετα που προστίθενται κατά την διαδικασία παρασκευής των τσιγάρων (πχ κόλλα), τα οποία επιβαρύνουν περαιτέρω την υγεία των καπνιστών (O'Brien Cl., 2005).

Η καλλιέργεια καπνού με τις αρχές της βιολογικής γεωργίας εκτός της μικρότερης επικινδυνότητας έχει και πλεονεκτήματα όπως: αύξηση της γονιμότητας των εδαφών, ελαχιστοποίηση της έκθεσης των παραγωγών σε τοξικά χημικά, αύξηση της βιοποικιλότητας, ελάττωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και ποταμών, μείωση του κόστους παραγωγής (λιγότερες εισροές) και τέλος αυξημένη τιμή πώλησης του προϊόντος.

Δεδομένης της σημασίας της γονιμότητας του εδάφους και της ανάπτυξης κατάλληλων στρατηγικών θρέψης για την βιολογική καλλιέργεια καπνού, ο στόχος αυτής της έρευνας ήταν η μελέτη τη επίδρασης των εδαφικών χαρακτηριστικών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καπνού και ο προσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού κατά τη διάρκεια τριών κύκλων καλλιέργειας υπό διαφορετικές πηγές λιπασμάτων με έμφαση στη διερεύνηση πιθανής αντικατάστασης των μέχρι τώρα εφαρμοζόμενων συστημάτων καλλιέργειας και στρατηγικών λίπανσης.

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1. Γενικά

Τα πειράματα καλλιέργειας καπνού για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας, διεξήχθησαν στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ($37^{\circ}59'02.1''\text{N}$ $23^{\circ}42'08.4''\text{E}$) για τρεις διαδοχικές καλλιεργητικές περιόδους. Η πρώτη χρονιά εγκατάστασης του πειράματος ήταν το 2016 και ακολούθησαν το 2017, 2018. Καλλιεργήθηκαν τρεις ποικιλίες καπνού ανατολικού τύπου (Μπασμάς Ξάνθης 81, Κατερίνη Σ53, Μυρωδάτα Αγρινίου 30Α) και μία ποικιλία αμερικάνικου τύπου (Virginia ΝΙΚΗ) ως κύρια καλλιέργεια και το ψυχανθές βίκος (*Vicia sativa*) ως χλωρή λίπανση σε όλη την έκταση του πειράματος.

Η παραγωγή σπορόφυτων καπνού πραγματοποιήθηκε σε υδροπονικό σπορείο στο θερμοκήπιο του εργαστηρίου Γεωργίας με τη μέθοδο επίπλευσης (float system) και ακολούθησε η μεταφύτευση των σποροφύτων στις τελικές τους θέσεις στον αγρό.



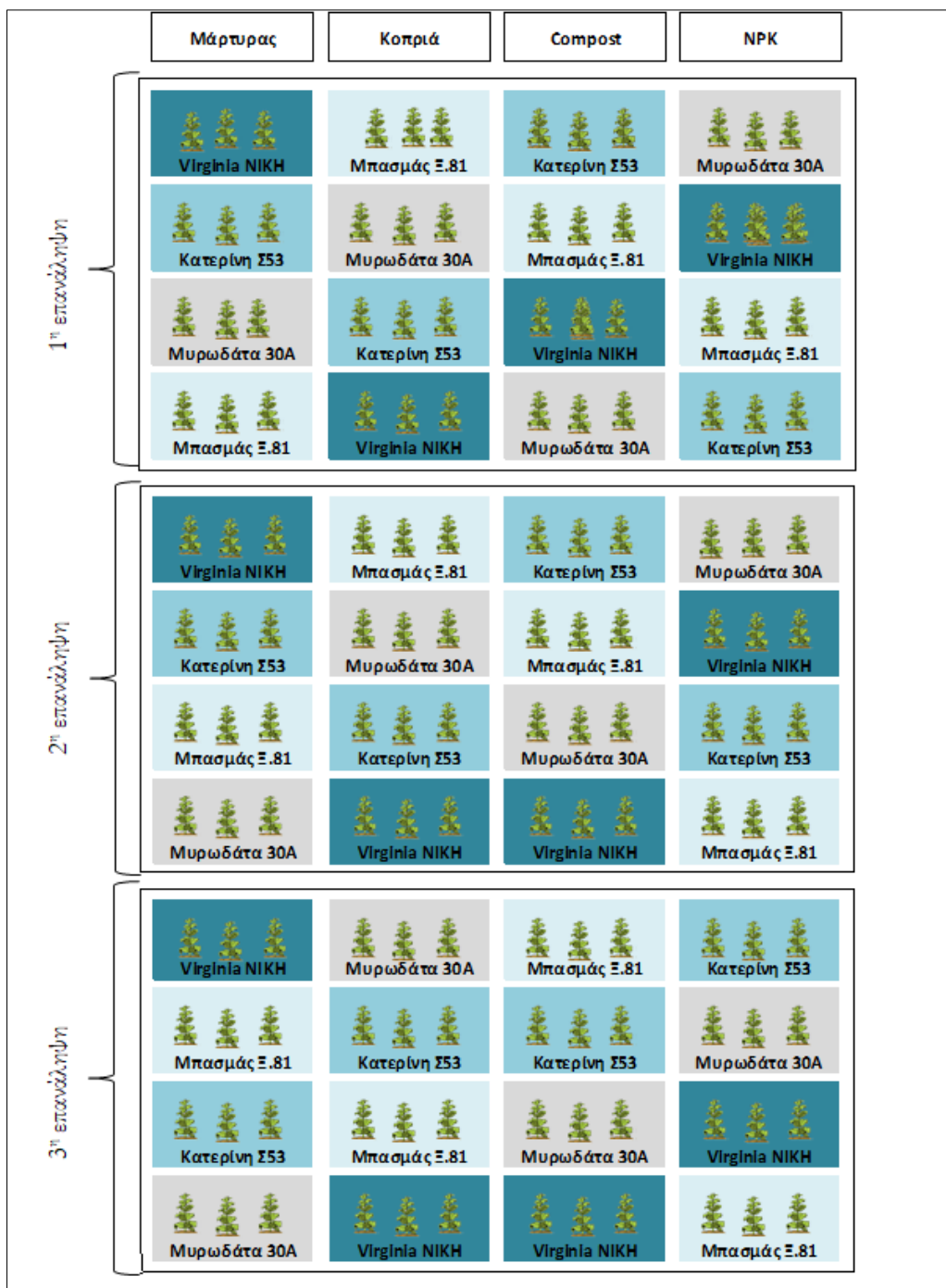
Εικόνα 3.1.1. Πειραματικός αγρός.

3.2. Πειραματικό Σχέδιο

Τα πειράματα καλλιέργειας καπνού για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας, διεξήχθησαν στον πειραματικό αγρό του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών ($37^{\circ}59'02.1''\text{N}$ $23^{\circ}42'08.4''\text{E}$) για τρεις διαδοχικές καλλιεργητικές περιόδους. Η πρώτη χρονιά εγκατάστασης του πειράματος ήταν το 2016 και ακολούθησαν το 2017, 2018. Καλλιεργήθηκαν τρεις ποικιλίες καπνού ανατολικού τύπου (Μπασμάς Ξάνθης 81, Κατερίνη Σ53, Μυρωδάτα Αγρινίου 30Α) και μία ποικιλία αμερικάνικου τύπου (Virginia ΝΙΚΗ) ως

κύρια καλλιέργεια και το ψυχανθές βίκος (*Vicia sativa*) ως χλωρή λίπανση σε όλη την έκταση του πειράματος.

Ο πειραματικός αγρός αποτελούνταν συνολικά από 48 υποτεμάχια (16 ανά επανάληψη και 3 ανά επέμβαση). Οι αποστάσεις φύτευσης μεταξύ των γραμμών ήταν 50 cm και μεταξύ των φυτών, επί της γραμμής ήταν 40 cm. Κάθε υποτεμάχιο αποτελούνταν από 8 γραμμές. Οι όποιες παρατηρήσεις πραγματοποιήθηκαν από συγκεκριμένα δείγματα των μεσαίων γραμμών κάθε υποτεμαχίου.



Σχήμα 2.4.4.1. Πειραματικό σχέδιο.

3.3. Πολλαπλασιαστικό υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ποικιλίες καπνού, τρεις ποικιλίες ανατολικού τύπου και μια ποικιλία αμερικάνικου τύπου, χορηγία του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων.

Virginia ΝΙΚΗ: Ίσως η σπουδαιότερη ποικιλία καπνού σε όλο τον κόσμο καθώς καλλιεργείται στην πλειοψηφία των καπνοπαγωγών χωρών. Ανήκει στα καπνά δυτικού τύπου. Στην Ελλάδα την εισήγαγε το Καπνολογικό Ινστιτούτο και καλλιεργείται στις περιοχές του Αγρινίου. Σε ύψος ξεπερνάει το 1m, το φυτό έχει κωνικό σχήμα, με φύλλα άμισχα. Είναι προσοδοφόρα καλλιέργεια για τον παραγωγό, με στρεμματική απόδοση 250 - 300kg.

Μπασμάς Ξάνθης 81: Από τις πιο αρωματικές ποικιλίες στην κατηγορία των ανατολικών καπνών και εξαιρετικής ποιότητας. Ανθεκτική στην ξηρασία αλλά δίνει καπνό που υπερτερεί σε ποσότητα και ποιότητα των άλλων ποικιλιών σε ποτιστικά χωράφια. Υψηλόσωμη, μικρόφυλλη ποικιλία, της οποίας τα φύλλα έχουν μέτριο πάχος και ερυθροκίτρινο χρώμα όταν αποξηρανθούν. Στην Ελλάδα καλλιεργείται από το 1980.

Μυρωδάτα Αγρινίου 30Α: Ανήκει στα ουδέτερα καπνά ανατολικού τύπου χωρίς ιδιαίτερο άρωμα παρά την ονομασία της. Ποτιστική ποικιλία, μικρόσωμη, μέχρι 1 m, με αραιά, πλατειά, έμμισχα φύλλα σε σχήμα καρδιάς που αποκτούν χρυσοκίτρινο χρώμα μετά την αποξήρανση. Στην Ελλάδα καλλιεργείται στις περιοχές του Αγρινίου.

Κατερίνη Σ53: Υψηλής ποιότητας ποικιλία που ανήκει στην κατηγορία των καπνών γεύσεως, ανατολικού τύπου. Υψηλόσωμη, έμμισχη, με καρδιόσχημα φύλλα, μέσου πάχους και σχετικά αραιά. Καλλιεργείται σε λίγες περιοχές ανά τον κόσμο και μία από αυτές είναι ο νομός Πιερίας στην Ελλάδα.

3.4. Παραγωγή σποροφύτων καπνού με τη μέθοδο επίπλευσης

Για την παραγωγή των σποροφύτων με τη μέθοδο επίπλευσης (float system) δημιουργήθηκαν μεγάλες δεξαμενές νερού στις οποίες τοποθετήθηκαν οι ειδικοί δίσκοι διογκωμένης πολυστερίνης, πληρωμένοι με κατάλληλο φυτικό υπόστρωμα για την βλάστηση του σπόρου και την ανάπτυξη του καπνόφυτου. Στο υδροπονικό σπορείο εφαρμόστηκε οργανική λίπανση (Οργανικό λίπασμα Fishfert, υγρού τύπου) και για φυτοπροστασία, το βιολογικό ενισχυτικό σκεύασμα Triatum P., βασισμένο στο πατενταρισμένο στέλεχος T-22 του μύκητα *Trichoderma harzianum*.



Εικόνα 3.4.1. Ανάπτυξη σποροφύτων καπνού με τη μέθοδο επίπλευσης (float-system).

3.5. Προετοιμασία αγρού υποδοχής πειράματος

Πριν από την εγκατάσταση του πειράματος, μελετήθηκαν τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά του πειραματικού αγρού, όπου παρατηρήθηκαν τα στοιχεία όπως αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε δέκα δείγματα από τον αγρό, βαθούς 0 – 30 cm.

Το έδαφος χαρακτηρίστηκε αργιλοπηλώδες (CL), ελαφρώς αλκαλικό και με ικανοποιητική περιεκτικότητα σε οργανική ουσία (2,8 %).

Πίνακας 3.1. Φυσιχοημικά χαρακτηριστικά πειραματικού αγρού πριν από την εγκατάσταση του πειράματος.

Παράμετρος	Περιεκτικότητα	
Κοκκομετρική σύσταση	Άμμος (S)	35,5 %
	Ιλύς (Si)	35,5 %
	Άργιλος (C)	29,0 %
pH	7,54	
Οργανική ουσία	3%	
CaCO ₃	29%	
Άζωτο N	1,71 mg/g	
Φώσφορος P	20,3 ppm	
Κάλιο K	235 ppm	

Για την προετοιμασία του αγρού εφαρμόστηκαν και τα τρία έτη οι ίδιες καλλιεργητικές εργασίες. Η σπορά του βίκου για τη χλωρή λίπανση σε όλη την έκταση του πειραματικού αγρού, έγινε τέλος Νοεμβρίου (24/11/2015, 20/11/2016, 18/11/2017) σε πυκνότητα 15 kg/στρ. Τεμαχισμός, με στελεχοκόπτη και ενσωμάτωση των υπολειμμάτων, ύστερα από δύο εβδομάδες, με ελαφρύ όργωμα, πραγματοποιήθηκε κατά το τέλος Μαρτίου (20/3/2016, 25/3/2017, 22/3/2018).

Πριν την ενσωμάτωση των υπολειμμάτων, υπολογίσθηκε η ποσότητα της ξηρής φυτομάζας και πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις στο φυτικό ιστό του βίκου, για τον προσδιορισμό του περιεχόμενου αζώτου και την εκτίμηση του προστιθέμενου αζώτου στο έδαφος από τη χλωρή λίπανση. Τα αποτελέσματα αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.2. Αποδόσεις βίκου σε ξηρή φυτομάζα (kg/στρ.) και άζωτο (kg/στρ.) ως χλωρή λίπανση στην καλλιέργεια καπνού.

Έτος κοπής και ενσωμάτωσης στο έδαφος	Απόδοσεις ξηρής φυτομάζας (kg/στρ.)	Άζωτο (N) %	Εκτιμώμενη ποσότητα N στο έδαφος (kg/στρ.)
2016	365	2,05	7,48
2017	383	2,18	8,35
2018	389	2,21	8,59

Ακολούθησε, μία εβδομάδα μετά, η διασπορά και ενσωμάτωση των λιπασμάτων στα αντίστοιχα αγροτεμάχια. Πιο συγκεκριμένα έγινε εφαρμογή του ανόργανου λιπάσματος Fertiblu 12-12-17-2MgO+Ιχνοστοιχεία (80 kg/στρ.), της κοπριάς βοοειδών (N 0,9%, P 0,45%, K 0,8%) που προμηθευτήμαμε από τις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Ζωικής Παραγωγής του Γ.Π.Α., (200 kg/στρ.) και του βιολογικού κομπόστ SUPER ECO-VAS 6-8-10+3,3+0,3B+1%ZnSO₄ από προϊόντα κτηνοτροφίας (140 kg/στρ.). Για την προετοιμασία του εδάφους πριν τη μεταφύτευση, έγινε ελαφριά εδαφοκατεργασία με φρέζα.

Η μεταφύτευση των σποροφύτων καπνού πραγματοποιήθηκε κατά τα τέλη Απριλίου (29/4/2016, 24/4/2017, 19/4/2018).

3.6. Άρδευση

Για την άρδευση χρησιμοποιήθηκε σύστημα σταλακτοφόρων σωλήνων που εγκαταστάθηκε στον αγρό πριν από τη μεταφύτευση. Η συχνότητα των ποτισμάτων ήταν μεγαλύτερη τις πρώτες δύο εβδομάδες αμέσως μετά τη μεταφύτευση (πότισμα ανά τρεις ημέρες) και ελαττώθηκε σταδιακά μέχρι το τέλος της καλλιέργειας. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 19 ποτίσματα την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (2016) και 10

ποτίσματα τις δυο επόμενες καλλιεργητικές περιόδους (2017,2018) και η ποσότητα νερού που χρησιμοποιούνταν ήταν περίπου 3 m³/πότισμα.

3.7. Συγκομιδή

Η συγκομιδή του καπνού πραγματοποιήθηκε στις 80 ημέρες από την μεταφύτευση και στις τρεις καλλιεργητικές περιόδους. Τα φύλλα των ανατολικών ποικιλιών αρμαθιάστηκαν και αποξηράνθηκαν σε εξωτερικό χώρο ενώ τα φύλλα των καπνών Βιρτζίνια αποξηράνθηκαν σε ειδικό φούρνο στους 40 °C. Για τις αναλύσεις φυτικού ιστού χρησιμοποιήσαμε τα φύλλα του «τρίτου χεριού», που βρίσκονται περίπου στη μέση του φυτού.

3.8. Παρατηρήσεις στον καπνό

3.8.1. Μετρήσεις εδάφους

Οι μετρήσεις εδάφους πραγματοποιήθηκαν στο τέλος κάθε καλλιεργητικής περιόδου σε δείγματα εδάφους του ανώτερου στρώματος (0-30 cm).

Πορώδες: Πορώδες του εδάφους είναι το τμήμα του που καταλαμβάνεται από τους πόρους που περιέχουν νερό και αέρα και για τον προσδιορισμό του χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\Pi = \frac{V\pi}{V\sigma} * 100\%$$

Οργανική Ουσία: Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας (οργανικός άνθρακας) πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της υγρής οξείδωσης, *Walkley-Black*, που στηρίζεται στην οξείδωση του οργανικού άνθρακα από το K₂Cr₂O₇ παρουσία H₂SO₄, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το K₂Cr₂O₇ προστίθεται σε γνωστή περίσσεια, έτσι ώστε να επαρκέσει για την οξείδωση του οργανικού άνθρακα και να περισσέψει. Μετά την ολοκλήρωση της οξείδωσης υπολογίζεται η περίσσεια του Cr₂O₇²⁻ μέσω αντίδρασης οξειδοαναγωγής με Fe²⁺ παρουσία δείκτη διφαινυλαμίνης. Για να διαπιστωθεί σαφέστερα το τελικό σημείο της ογκομέτρησης μαζί με το διάλυμα της διφαινυλαμίνης, που χρησιμοποιείται ως δείκτης, προστίθενται επίσης, H₃PO₄ και NaF.

Ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3): Ο προσδιορισμός του CaCO_3 έγινε με τη μέθοδο του ασβεστόμετρου, που στηρίζεται στη μέτρηση του όγκου του CO_2 που εκλύεται μετά την αντίδραση διαλύματος HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους, όπως φαίνεται στην παρακάτω αντίδραση:



Για τον προσδιορισμό του ανθρακικού ασβεστίου χρησιμοποιήθηκε συσκευή Bernard.

Ολικό άζωτο-N: Ο προσδιορισμός στο έδαφος και στο υπέργειο τμήμα έγινε με την μέθοδο Kjeldahl που στηρίζεται στη μετατροπή όλων των μορφών του αζώτου, εκτός από $\text{NO}_3\text{-N}$, σε $\text{NH}_4^+\text{-N}$ και στη συνέχεια στον προσδιορισμό της. Σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός του οργανικού και ανόργανου αζώτου, που βρίσκεται στους φυτικούς ιστούς, σε μορφή νιτρικών (NO_3^-) ή ακόμα και νιτρωδών (NO_2^-) αλάτων. Η μέθοδος περιλαμβάνει κατεργασία ενός δείγματος, που το διαλύουμε με πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 95% και σαλικυλικό σε μια φιάλη KJELDAHL. Νιτρικά και νιτρώδη αντιδρούν και σχηματίζουν ενώσεις αζώτου. Με την καύση διασπάται η ένωση αζώτου και παράγεται η αμμωνία, η οποία δεν πρέπει να μείνει σ' αυτή τη μορφή γιατί είναι πτητική. Έτσι, η αμμωνία παραμένει στη φιάλη με το Na_2SO_4 και μετατρέπεται σε $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Αφομοιώσιμος φώσφορος - P: Για τον προσδιορισμό του αφομοιώσιμου φωσφόρου στο έδαφος επιλέχθηκε η μέθοδος Olsen (1956), η οποία προτάθηκε αρχικά για ασβεστούχα εδάφη, αργότερα όμως διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος δίδει αξιόπιστα αποτελέσματα και για ελαφρώς όξινα εδάφη. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως εκχυλιστικό διάλυμα NaHCO_3 0,5M με $\text{pH} = 8,5$.

3.8.2. Μετρήσεις μορφολογικών χαρακτηριστικών

Μήκος ρίζας/όγκο εδάφους (mm/lt): Για τον προσδιορισμό μήκους του ριζικού συστήματος των φυτών συλλέχθηκαν δείγματα ριζών (ένα από κάθε υποτεμάχιο), σε βάθος μέτρησης τα 30 cm. Με ειδικό κύλινδρο γινόταν λήψη 1l εδάφους το οποίο στην συνέχεια τοποθετούνταν σε διάλυμα πολυμεταφωσφορικού Na (10% κ.β.), προκειμένου να επιτευχθεί διασπορά και εύκολη απομάκρυνση των ριζών. Στη συνέχεια γινόταν χρώση των ριζών με σιλική μελάνη ή χρωστική και ακολουθούσε ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των ριζών. Οι μετρήσεις γίνονταν με την βοήθεια Scanner (Hewlett Packard 4c, Palo Alto, CA) και τη χρήση Software της DT-Scan (Delta-T Devices Ltd., Burwell Cambridge, UK).

Υψος φυτών: Πραγματοποιήθηκαν τρεις επιτόπιες μετρήσεις του ύψους σε έξι φυτά των δύο κεντρικών σειρών από κάθε υποτεμάχιο, στις 35, 60 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση (HAM).

Αριθμός φύλλων/φυτό: Όπως και στη μέτρηση για το ύψος των φυτών, έξι φυτά από τις δύο κεντρικές σειρές επιλέχθηκαν και στις τρεις επιτόπιες μετρήσεις, στις 35, 60 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση (HAM).

Επιφάνεια φύλλου: Για τον προσδιορισμό της επιφάνειας του φύλλου έγινε μία επιτόπια, μη καταστρεπτική μέτρηση του μήκους και πλάτους δύο φύλλων (2^ο χέρι) από έξι φυτά των δύο κεντρικών σειρών σε κάθε υποτεμάχιο, στις 75 ημέρες από τη μεταφύτευση (HAM).

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας φύλλου χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$E=k*(M*\Pi) \text{ cm}^2 \quad (\text{Moustakas and Ntzanis, 1998; Maw and Mullinix, 1992}),$$

Όπου,

k = 0,653 (εμπειρική σταθερά προερχόμενη από γραμμική παλινδρόμηση μήκους και πλάτους)

M = μήκος φύλλου

Π = πλάτος φύλλου

3.8.3. Αναλύσεις φυτικού ιστού

Ο προσδιορισμός της νικοτίνης, των αναγόντων σακχάρων και του αζώτου στα φύλλα του καπνού έγινε χρησιμοποιώντας τις ενδεδειγμένες μεθόδους της CORESTA στο Καπνολογικό Ινστιτούτο Δράμας σε φύλλα καπνού από το 2^ο χέρι, η συλλογή των οποίων πραγματοποιήθηκε στις 84, 80 και 82 HAM, για τις καλλιεργητικές περιόδους 2016, 2017 και 2018, αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα:

Προσδιορισμός νικοτίνης: Νο 62, CRM 35.

Η ανάλυση έγινε σε δείγμα ξηρών φύλλων καπνού, που υποβλήθηκε σε απόσταξη με υδρατμούς σε ισχυρά αλκαλικό περιβάλλον. Τα αλκαλοειδή του αποστάγματος μετρήθηκαν φασματομετρικά και υπολογίστηκαν ως νικοτίνη.

https://www.coresta.org/sites/default/files/technical_documents/main/CRM_62.pdf

Προσδιορισμός σακχάρων: CRM 37

Η μέθοδος βασίζεται στην ιδιότητα των σακχάρων να διαλύονται σε νερό (υδατοδιαλυτά) και στο γεγονός ότι μετά από καθίζηση των ουσιών με διαφορετικές ιδιότητες από τους υδατάνθρακες και την υδρόλυση των δυσσακχαριτών σε μονοσακχαρίτες, έχουν την ικανότητα να ανάγουν τα διαλύματα FEHLING (F) I και II. Οι ανηγμένες ουσίες εμφανίζονται ποσοτικά ως γλυκόζη, μετά από ιωδιομετρική τιτλοδότηση.

https://www.coresta.org/sites/default/files/technical_documents/main/RAC-054-1-CTR_CollStudy2015-Total-Sugars-by-CFA_March2019.pdf

Προσδιορισμός ολικού αζώτου: Μέθοδος Kjeldahl, όπως περιγράφεται παραπάνω.

Προσδιορισμός περιεχόμενου φωσφόρου στον φυτικό ιστό: Ο προσδιορισμός του ολικού φωσφόρου στο φυτικό ιστό γίνεται σε δύο στάδια: α) στο πρώτο στάδιο καταστρέφεται η φυτική ύλη με ξηρή καύση (dry corapustion), και β) στο δεύτερο στάδιο προσδιορίζεται ο ολικός φώσφορος (P total) στο διάλυμα που παραλαμβάνεται, με την αναλυτική μέθοδο του ασκορβικού οξέος.

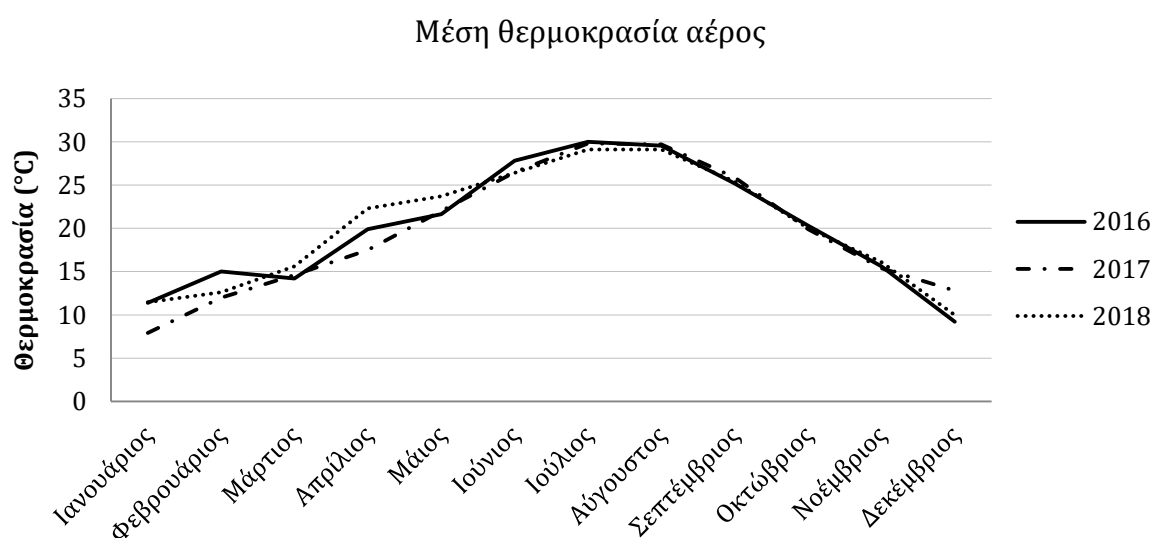
Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην αρχή ότι το μολυβδαινικό άλας σ' ένα όξινο διάλυμα αντιδρά με τα ορθοφωσφορικά ανιόντα σχηματίζοντας ένα φωσφορμολυβδαινικό συμπλοκο, το οποίο στη συνέχεια ανάγεται από το ασκορβικό οξύ σε κυανούν του μολυβδαινίου.

Προσδιορισμός τέφρας: Η τέφρα των φύλλων, τα ανόργανα στοιχεία που μένουν μετά την καύση, των καπνών, προσδιορίστηκε μετά από καύση 1g καπνού, στους 450 °C, για πέντε ώρες και εκφράστηκε σε ποσοστό (%) επί του ξηρού βάρους.

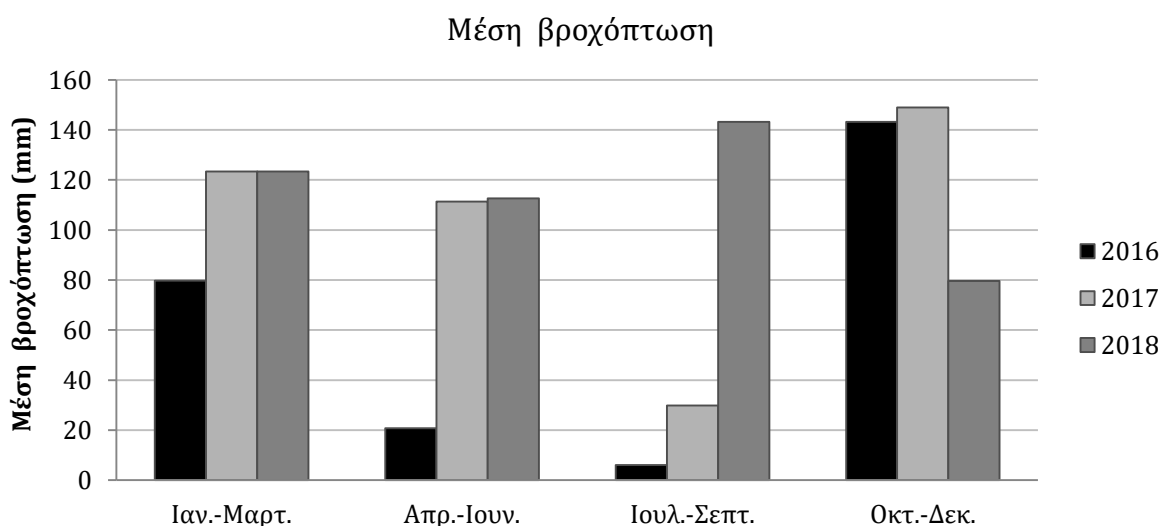
4. Αποτελέσματα

4.1. Μετεωρολογικές Παρατηρήσεις

Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφηκαν οι τιμές Μέσης Θερμοκρασίας Αέρος και Βροχόπτωσης για τα έτη 2016, 2017, 2018, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα (Διάγραμμα 4.1.1, Διάγραμμα 4.1.2) (Πηγή: Μετεωρολογικός σταθμός ΓΠΑ από τη synfield.synelixis.com/).



Διάγραμμα 4.1. Μέση θερμοκρασία αέρος για τα έτη 2016, 2017, 2018.



Διάγραμμα 4.1.2. Μέση βροχόπτωσηση για τα έτη 2016, 2017, 2018.

Οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όπως παρατηρούμε στο Διάγραμμα 4.1.1., δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών καλλιεργητικών περιόδων κατά τη διάρκεια των οποίων

διεξήχθει η πειραματική διαδικασία. Αντίθετα, η μέση βροχόπτωση, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.1.2., παρουσιάζει σημαντική διακύμανση τιμών μεταξύ των τριών ετών, ειδικότερα τους κρίσιμους, για την καλλιέργεια, μήνες. Το ποσοστό της μέσης βροχόπτωσης, κατά την εγκατάσταση της φυτείας και το νεαρό στάδιο ανάπτυξης των φυτών (Απρίλιος-Μάιος), είναι σημαντικά χαμηλότερο το πρώτο έτος διεξαγωγής του πειράματος (2016) σε σύγκριση με τα δύο επόμενα έτη. Κατά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου και πλησιάζοντας στη συγκομιδή, το μεγαλύτερο ποσοστό βροχοπτώσεων παρατηρήθηκε το τρίτο πειραματικό έτος (2018) με σημαντική διαφορά από τα δύο προηγούμενα έτη, όπου το ύψος των βροχοπτώσεων ήταν ιδιαίτερα χαμηλό.

4.2. Αποτελέσματα Αναλύσεων Εδάφους

4.2.1. Οργανική ουσία εδάφους

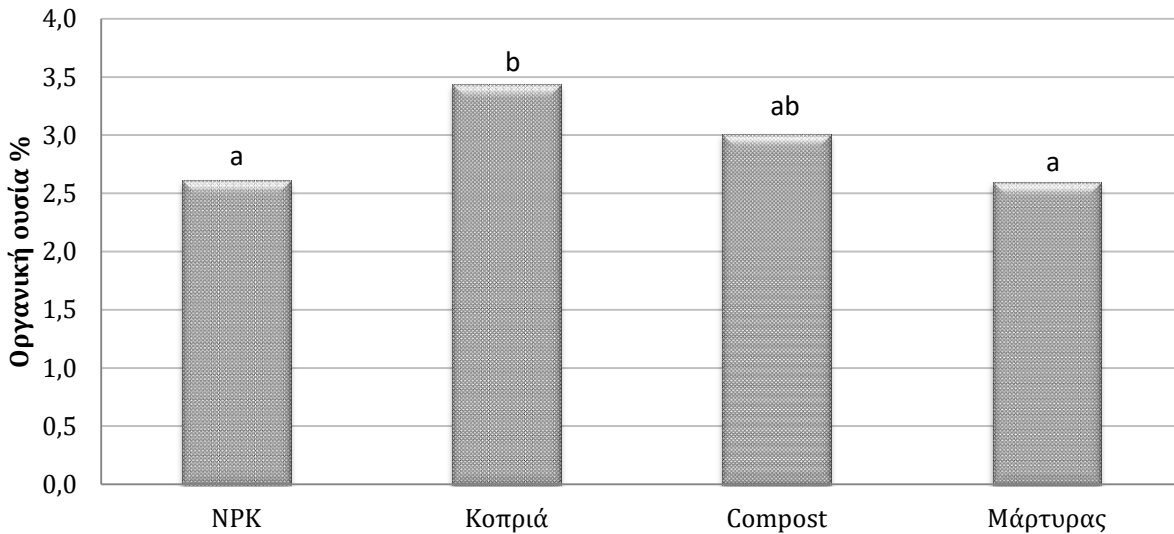
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.1. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	5,755	1,918	5,874	0,003
Ποικιλία	3	2,459	0,82	2,51	0,076
Λίπανση x Ποικιλία	9	3,77	0,419	1,283	0,284
Υπόλοιπο	32	10,45	0,327		
Σύνολο	47	22,434	0,477		

Όσον αφορά την οργανική ουσία του εδάφους κατά το πρώτο έτος πειραμάτων, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ειδών λίπανσης, ενώ ο παράγοντας ποικιλία δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μεγαλύτερο ποσοστό οργανικής ουσίας παρατηρήθηκε στην επέμβαση με κοπριά (3,4%) και ακολούθησαν, η επέμβαση με κομπόστ (3%), η επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (2,6%) και τέλος ο μάρτυρας (2,6%), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.2.1.1. .

Οργανική Ουσία 2016



Διάγραμμα 4.2. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant).

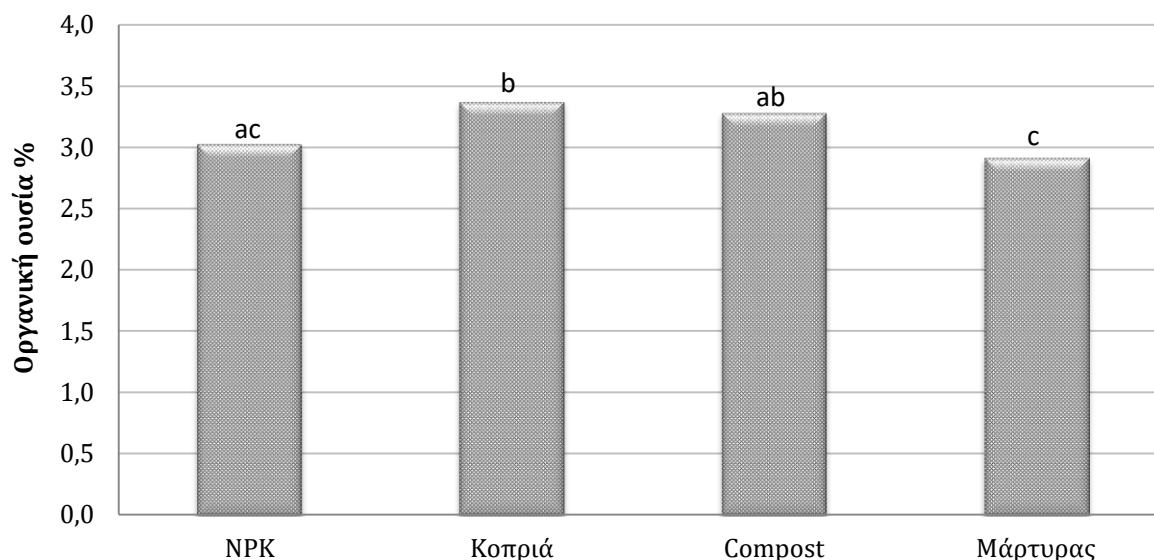
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.2. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	1,637	0,546	5,557	0,003
Ποικιλία	3	0,709	0,236	2,409	0,085
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,069	0,119	1,21	0,323
Υπόλοιπο	32	3,141	0,0982		
Σύνολο	47	6,556	0,139		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, ο παράγοντας λίπανση εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ποσοστό της οργανικής ουσίας, με μεγαλύτερες τιμές στις επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ, 3,4% και 3,3%, αντίστοιχα, και ακολούθησε η επέμβαση με ανόργανο λίπασμα και ο μάρτυρας με 3,2% και 2,9%, αντίστοιχα (Διάγραμμα 4.2.1.2.) . Ο παράγοντας ποικιλία, και εδώ, δεν επέδρασε στατιστικά σημαντικά.

Οργανική Ουσία 2017



Διάγραμμα 4.3. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

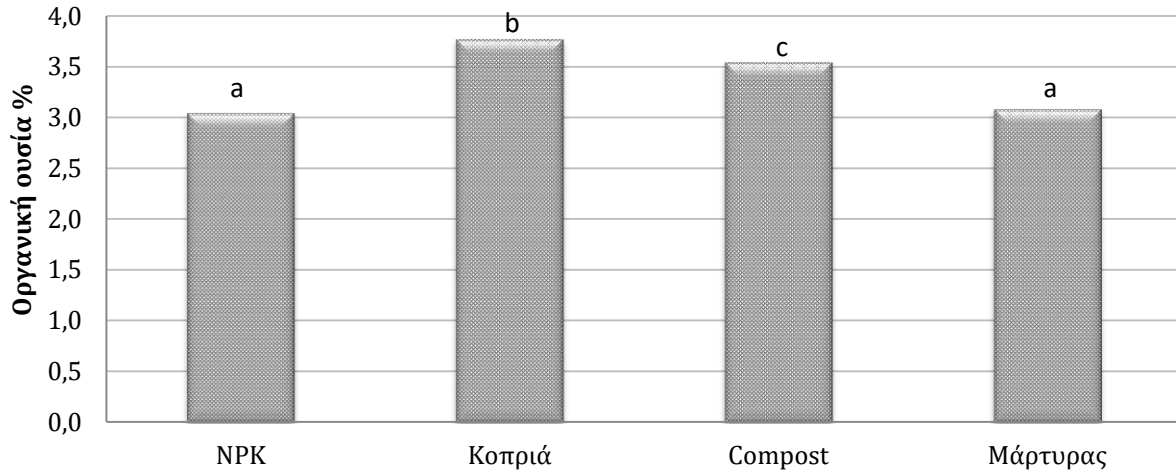
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.3. Ανάλυση διασποράς της οργανικής ουσίας του εδάφους για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	4,564	1,521	24,141	<0,001
Ποικιλία	3	0,0253	0,00842	0,134	0,939
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,106	0,123	1,95	0,08
Υπόλοιπο	32	2,017	0,063		
Σύνολο	47	7,712	0,164		

Κατά το τρίτο έτος πειραμάτων, ο παράγοντας λίπανση παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η υψηλότερη τιμή οργανικής ουσίας στο έδαφος, παρατηρήθηκε στην επέμβαση με κοπριά (3,8%), ενώ η χαμηλότερη, παρατηρήθηκε στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (3%), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2.1.3., παρακάτω. Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τον παράγοντα ποικιλία.

Οργανική Ουσία 2018



Διάγραμμα 4.4. Επίδραση του είδους λίπανσης στην οργανική ουσία του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.2.2. Άζωτο εδάφους

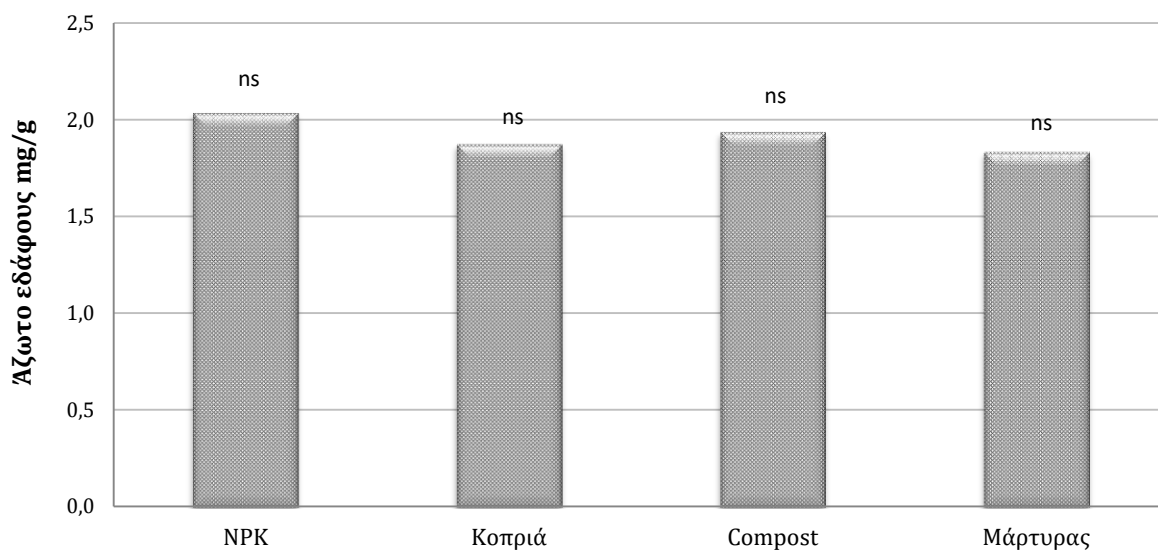
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.4. Ανάλυση διασποράς του αζώτου στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,275	0,0916	0,604	0,617
Ποικιλία	3	0,623	0,208	1,371	0,269
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,066	0,118	0,782	0,635
Υπόλοιπο	32	4,849	0,152		
Σύνολο	47	6,813	0,145		

Όσον αφορά τις τιμές αζώτου στο έδαφος, κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, τόσο μεταξύ των διαφορετικών ειδών λίπανσης, όσο και μεταξύ των ποικιλιών. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 1,8 mg/g, για τον μάρτυρα, έως 2mg/g, για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

Άζωτο εδάφους 2016



Διάγραμμα 4.5. Επίδραση του είδους λίπανσης στο άζωτο εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ ns=non significant).

Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

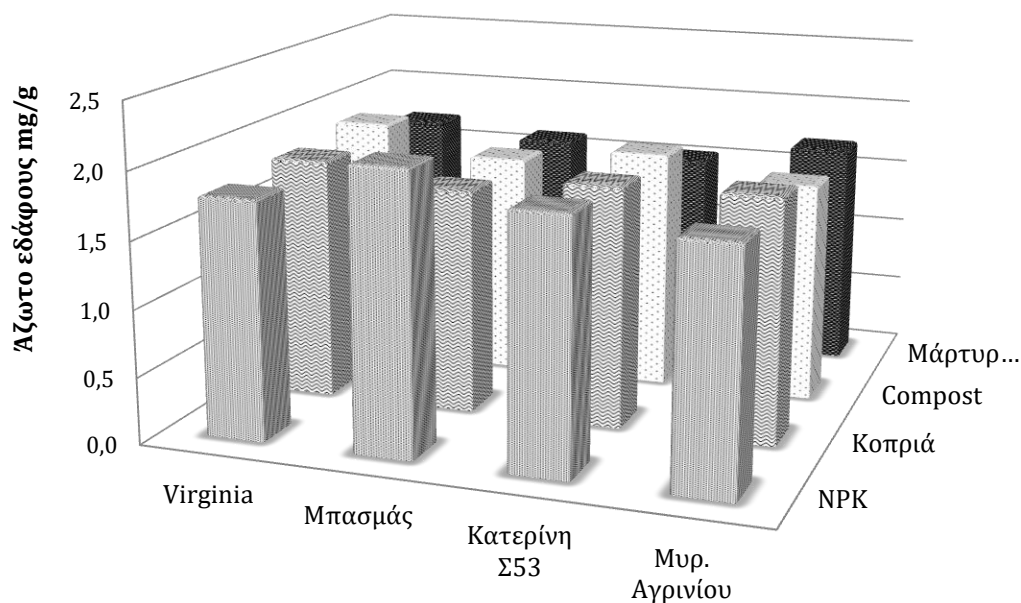
Πίνακας 4.2.2.2. Ανάλυση διασποράς του αζώτου στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,347	0,116	5,973	0,002
Ποικιλία	3	0,025	0,008	0,446	0,722
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,388	0,043	2,225	0,047
Υπόλοιπο	32	0,619	0,019		
Σύνολο	47	1,380	0,029		

Κατά το δεύτερο έτος πειραμάτων, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ειδών λίπανσης καθώς και αλληλεπίδραση του παράγοντα λίπανση με τον παράγοντα ποικιλία. Ειδικότερα, οι τιμές του αζώτου κυμάνθηκαν από 1,65 mg/g, για το μάρτυρα, ως 1,89 mg/g, για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (Διάγραμμα 3.2.2.2.).

Όσον αφορά την αλληλεπίδραση, η υψηλότερη τιμή (2,01 mg/g) παρατηρήθηκε στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα για την ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2.2.2.

Άζωτο εδάφους 2017



	Virginia	Μπασμάς	Κατερίνη Σ53	Μυρ. Αγρινίου
■ NPK	1,787	2,101	1,88	1,782
▨ Κοπριά	1,832	1,692	1,813	1,83
▩ Compost	1,903	1,696	1,816	1,66
■ Μάρτυρας	1,714	1,625	1,544	1,713

Διάγραμμα 4.6. Αλληλεπίδραση της λίπανσης και της ποικιλίας στο άζωτο εδάφους το έτος 2017 (το σκούρο χρώμα υποδεικνύει την επέμβαση με στατιστικά σημαντική διαφορά για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

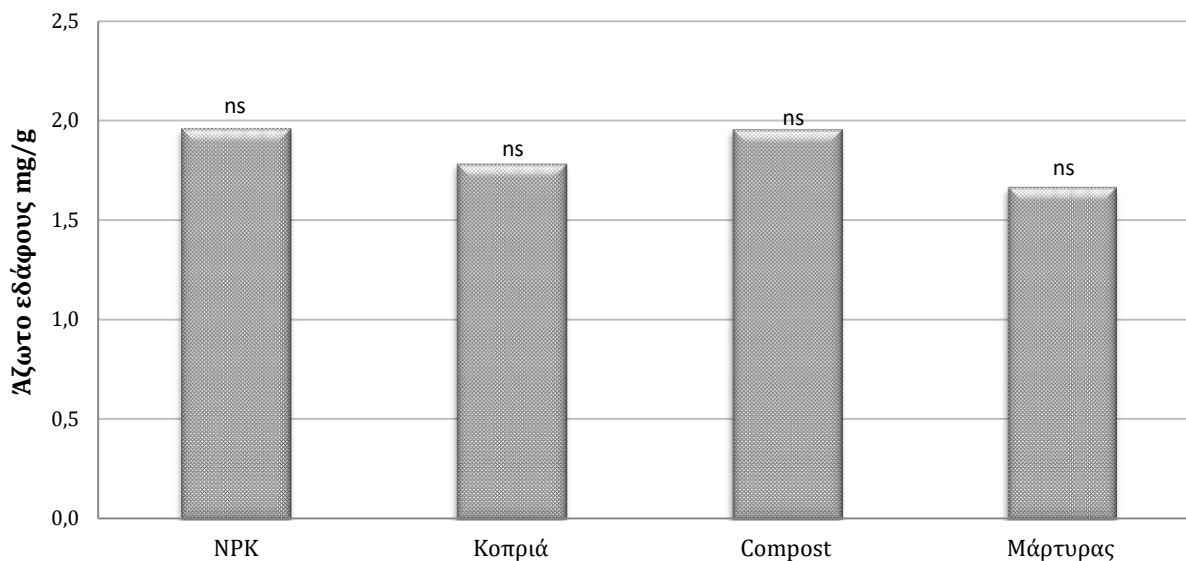
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.2.2.3. Ανάλυση διασποράς του αζώτου στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Λίπανση	3	0,737	0,246	1,622	0,204
Ποικιλία	3	0,209	0,0695	0,459	0,713
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,414	0,157	1,036	0,434
Υπόλοιπο	32	4,85	0,152		
Σύνολο	47	7,209	0,153		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τους παράγοντες λίπανση και ποικιλία. Οι μέσες τιμές αζώτου στο έδαφος ως προς τα είδη λίπανσης που εφαρμόστηκαν, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2.2.3., κυμάνθηκαν από 1,76 mg/g, στο μάρτυρα, έως 1,96 mg/g, στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα.

Άζωτο εδάφους 2018



Διάγραμμα 4.7. Επίδραση του είδους λίπανσης στο άζωτο εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant).

4.2.3. Φωσφορικά εδάφους

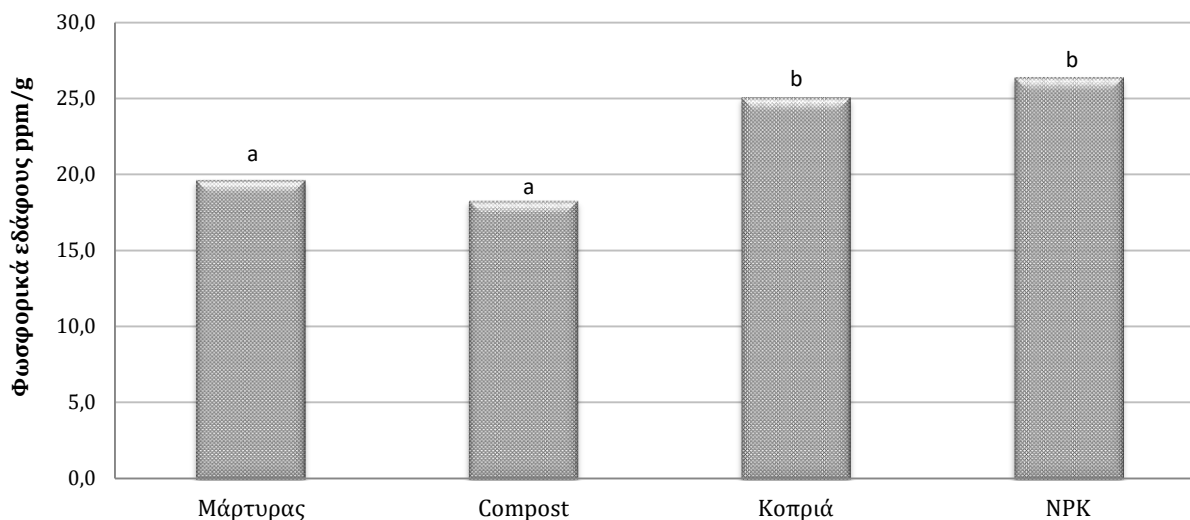
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.5. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	567,583	189,194	8,016	<0,001
Ποικιλία	3	340,945	113,648	4,815	0,007
Λίπανση x Ποικιλία	9	421,282	46,809	1,983	0,075
Υπόλοιπο	32	755,287	23,603		
Σύνολο	47	2085,100	44,364		

Κατά το πρώτο έτος, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση και των δύο παράγοντων, λίπανση και ποικιλία, στα φωσφορικά εδάφους, όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα. Σχετικά με τη λίπανση, οι υψηλότερες τιμές φωσφορικών εδάφους σημειώθηκαν στις επεμβάσεις με κοπριά και ανόργανο λιπάσμα, 25,05 ppm/g και 26,36 ppm/g, αντίστοιχα, ενώ οι χαμηλότερες στο μάρτυρα (19,65 ppm/g) και την επέμβαση με κομπόστ (18,27 ppm/g) (Διάγραμμα 4.2.3.1.).

Φωσφορικά εδάφους 2016



Διάγραμμα 4.8. Επίδραση του είδους λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

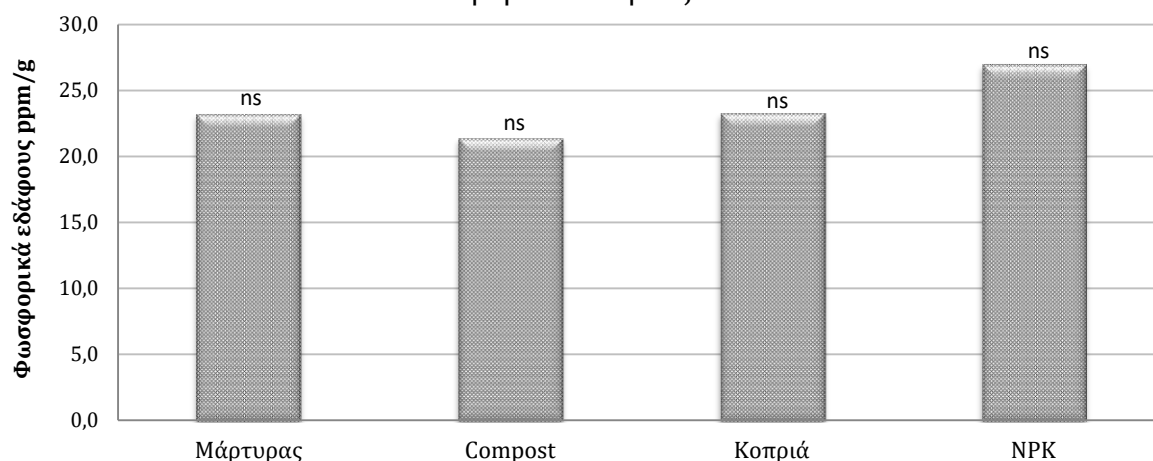
Αποτελέσματα 2⁷⁵ καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.6. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	197,056	65,685	2,057	0,126
Ποικιλία	3	100,7	33,567	1,051	0,383
Λίπανση x Ποικιλία	9	158,215	17,579	0,551	0,826
Υπόλοιπο	32	1021,64	31,926		
Σύνολο	47	1477,61	31,439		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά τα φωσφορικά εδάφους, στα είδη λίπανσης και τις ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 23,39 ppm/g, για την επέμβαση με κομπόστ έως 26,96 ppm/g, για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα.

Φωσφορικά εδάφους 2017



Διάγραμμα 4.9. Επίδραση της λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns=non significant).

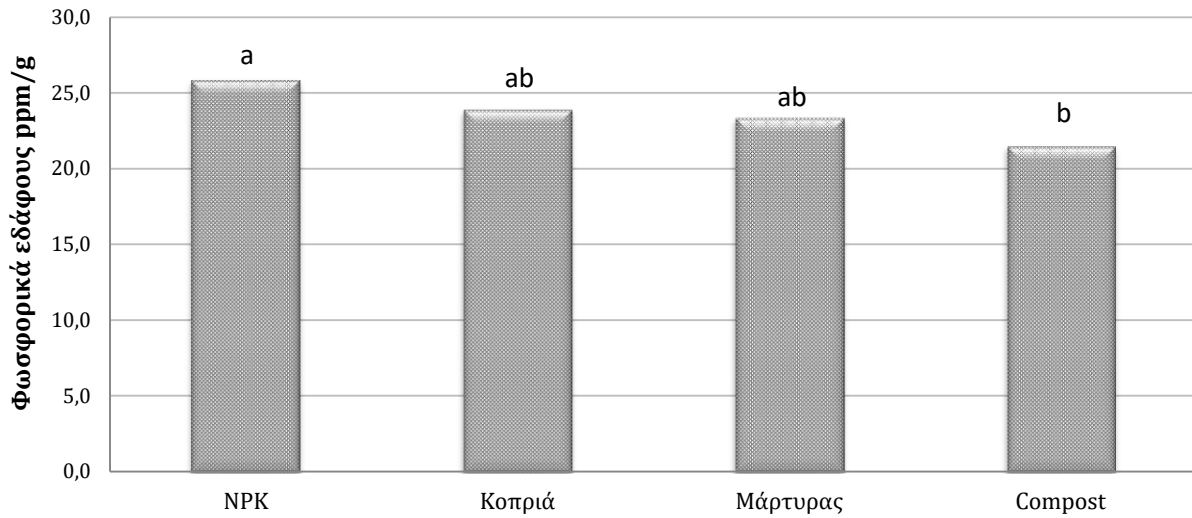
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.7. Ανάλυση διασποράς των φωσφορικών στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	114,879	38,293	6,351	0,002
Ποικιλία	3	12,949	4,316	0,716	0,550
Λίπανση x Ποικιλία	9	114,480	12,720	2,110	0,058
Υπόλοιπο	32	192,932	6,029		
Σύνολο	47	435,241	9,260		

Όσον αφορά τα φωσφορικά εδάφους, κατά το τρίτο έτος πειραμάτων, ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (25,85 ppm/g) έδωσε τις υψηλότερες τιμές, και ακολουθούν η επέμβαση με κοπριά (23,9 ppm/g), ο μάρτυρας (23,4 ppm/g) και τέλος η επέμβαση με κομπόστ (21,5 ppm/g).

Φωσφορικά εδάφους 2018



Διάγραμμα 4.10. Επίδραση της λίπανσης στα φωσφορικά εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

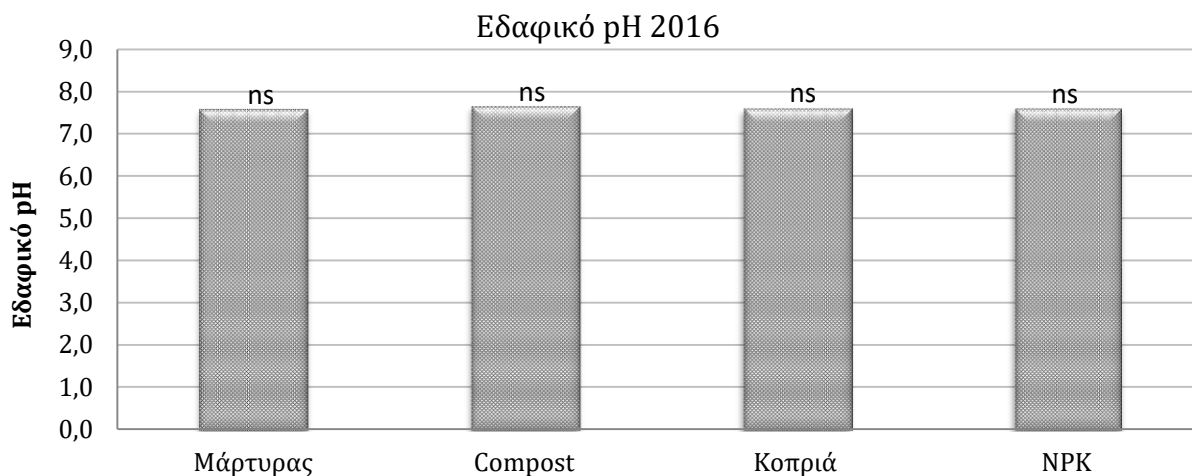
4.2.4. Εδαφικό pH

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.8. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,029	0,010	1,638	0,200
Ποικιλία	3	0,004	0,001	0,226	0,877
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,059	0,007	1,110	0,384
Υπόλοιπο	32	0,188	0,006		
Σύνολο	47	0,279	0,006		

Κατά το πρώτο έτος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον παράγοντα λίπανση, καθώς και αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων, όσον αφορά στο pH του εδάφους. Οι μέσες τιμές pH ανά επέμβαση λίπανσης αποτυπώνονται παρακάτω (Διάγραμμα 4.2.4.1.).



Διάγραμμα 4.11. Επίδραση του είδους λίπανσης στο pH εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

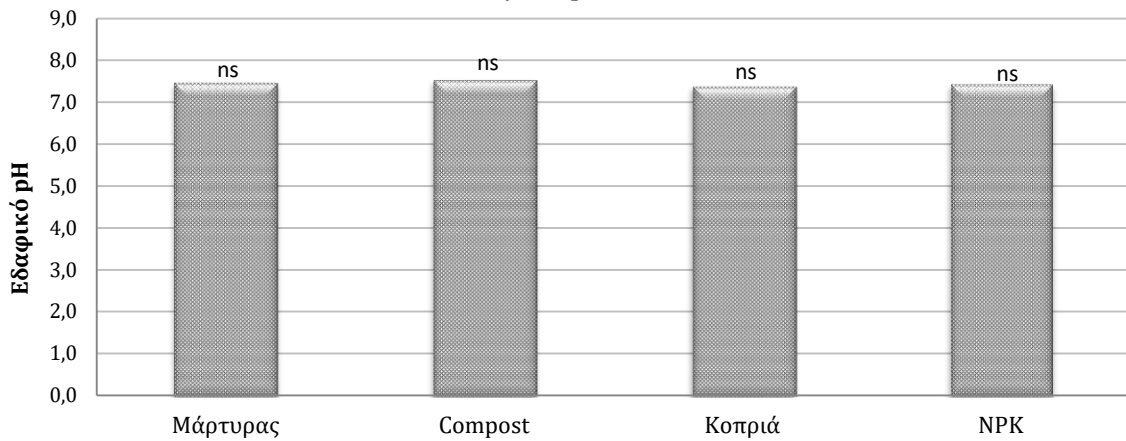
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.9. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,143	0,047	0,484	0,696
Ποικιλία	3	0,170	0,056	0,573	0,637
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,631	0,181	1,836	0,100
Υπόλοιπο	32	3,159	0,099		
Σύνολο	47	5,103	0,109		

Τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων και για τους δύο παράγοντες της μελέτης.

Εδαφικό pH 2017



Διάγραμμα 4.12. Επίδραση της λίπανσης στο pH του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

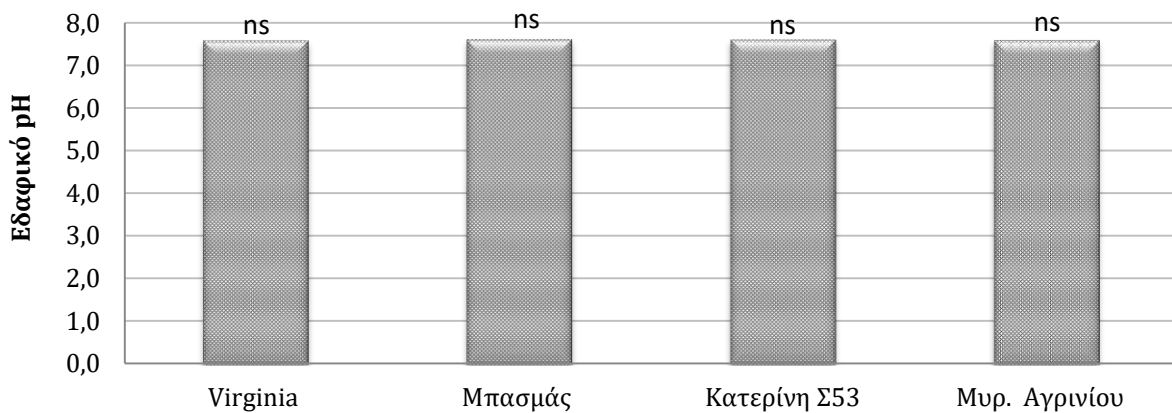
Αποτελέσματα 3ης καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.10. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού pH στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,00627	0,00209	0,481	0,698
Ποικιλία	3	0,00351	0,00117	0,269	0,847
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,0204	0,00227	0,521	0,848
Υπόλοιπο	32	0,139	0,00435		
Σύνολο	47	0,169	0,0036		

Τέλος, η στατιστική ανάλυση των δεδομένων και για την τρίτη καλλιεργητική περίοδο δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων των ποικιλιών και των επεμβάσεων με διαφορετικά είδη λίπανσης.

Εδαφικό pH 2018



Διάγραμμα 4.13. Επίδραση της ποικιλίας στο pH του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

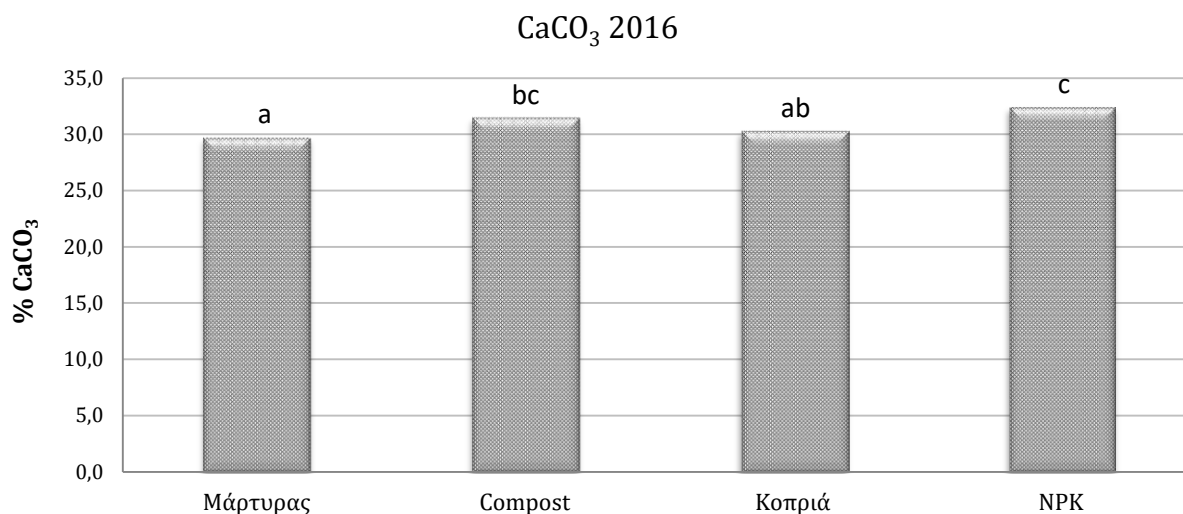
4.2.5. Ανθρακικό ασβέστιο - CaCO₃

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.11. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας α=5% (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	52,045	17,348	13,527	<0,001
Ποικιλία	3	2,961	0,987	0,770	0,520
Λίπανση x Ποικιλία	9	19,237	2,137	1,667	0,140
Υπόλοιπο	32	39,757	1,282		
Σύνολο	47	114,494	2,489		

Αναφορικά με την περιεκτικότητα σε CaCO₃ του εδάφους, η επίδραση του παράγοντα λίπανση παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αγροτεμαχίων με τις τέσσερις διαφορετικές επεμβάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η επέμβαση με την ανόργανη λίπανση εμφάνισε το υψηλότερο ποσοστό σε CaCO₃, 32,4%, ενώ τα αγροτεμάχια του μάρτυρα, το χαμηλότερο, με τιμή 29,7 %. Ακολούθησε η επέμβαση με κοπριά, με ποσοστό 30,3, και η επέμβαση με κομπόστ, 31,48 %.



Διάγραμμα 4.14. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας α=5%).

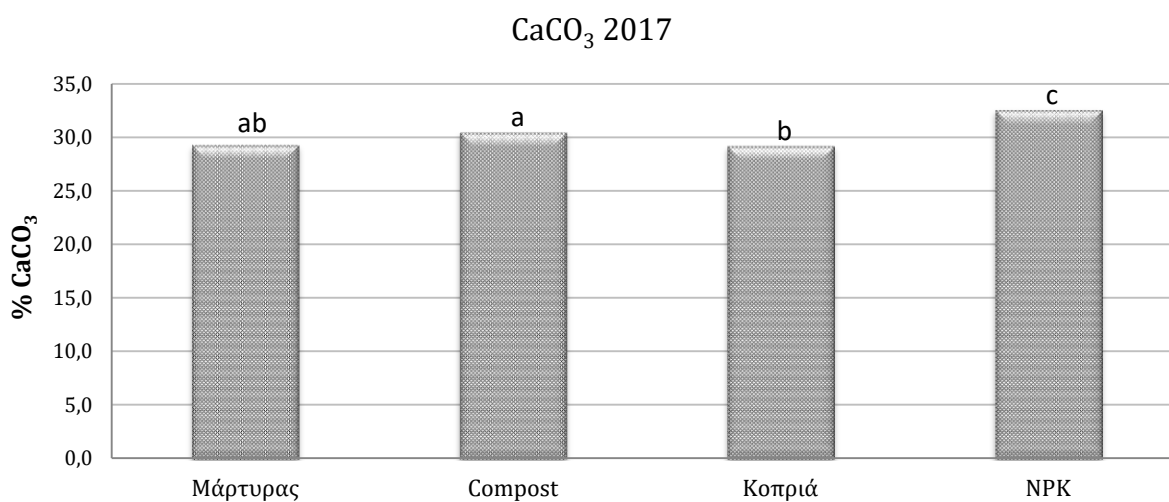
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.12. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας α=5% (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	87,502	29,167	25,122	<0,001

Ποικιλία	3	0,805	0,268	0,231	0,874
Λίπανση x Ποικιλία	9	6,100	0,678	0,584	0,800
Υπόλοιπο	32	37,153	1,161		
Σύνολο	47	131,56	2,799		

Όπως στην πρώτη καλλιεργητική περίοδο, και στη δεύτερη, έχουμε επίδραση της λίπανσης στο CaCO₃ του εδάφους, με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Και εδώ η επέμβαση με την ανόργανη λίπανση δίνει την υψηλότερη τιμή, 32,58%, ακολουθούν, η επέμβαση με κομπόστ, 30,48%, η επέμβαση του μάρτυρα με 29,32% και τέλος η επέμβαση με κοπριά, 29,23%.



Διάγραμμα 4.15. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

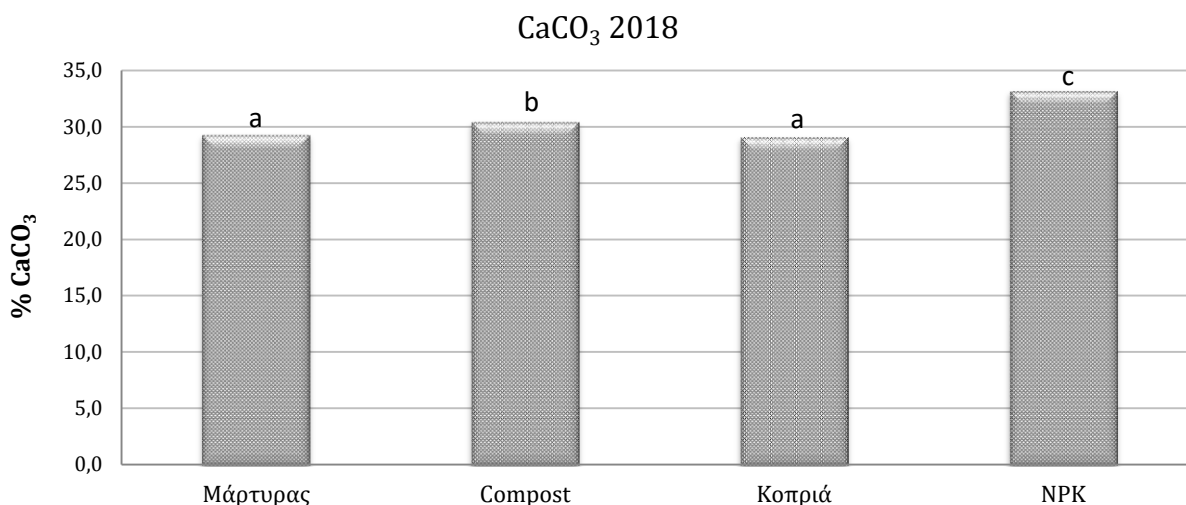
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.13. Ανάλυση διασποράς του ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	126,366	42,122	44,992	<0,001
Ποικιλία	3	2,417	0,806	0,861	0,472
Λίπανση x Ποικιλία	9	4,307	0,479	0,511	0,855
Υπόλοιπο	32	29,959	0,936		
Σύνολο	47	163,049	3,469		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, παρουσιάστηκαν παρόμοια αποτελέσματα με τις δύο προηγούμενες, με τον παράγοντα της λίπανσης να επιδρά με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Η υψηλότερη τιμή παρουσιάστηκε και εδώ στην επέμβαση με την ανόργανη λίπανση, 33,19 %.

και ακολούθησαν η επέμβαση με κομπόστ, με 30,46 %, η επέμβαση του μάρτυρα με 29,33 % και, τέλος, η μικρότερη τιμή παρουσιάστηκε στην επέμβαση με κοπριά, με 29,11 %.



Διάγραμμα 4.16. Επίδραση της λίπανσης στο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.2.6. Εδαφικό Πορώδες

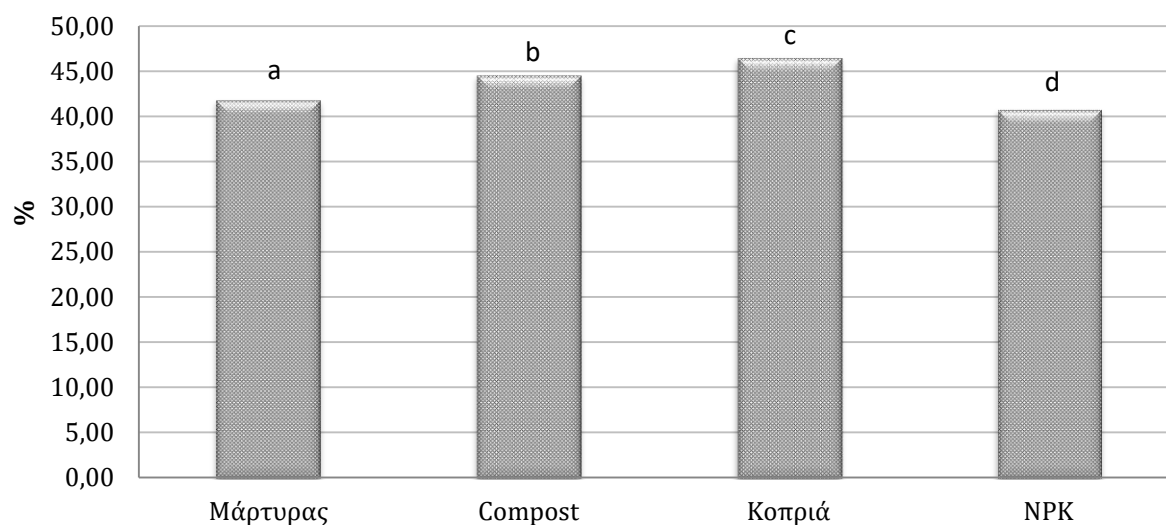
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.14. . Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	241,917	80,639	282,531	<0,001
Ποικιλία	3	0,387	0,129	0,452	0,717
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,370	0,152	0,533	0,839
Υπόλοιπο	32	9,133	0,285		
Σύνολο	47	252,808	5,379		

Όσον αφορά το πορώδες του εδάφους κατά το πρώτο έτος πειραμάτων, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ειδών λίπανσης, ενώ ο παράγοντας ποικιλία δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μεγαλύτερο πορώδες παρατηρήθηκε στην επέμβαση με κοπριά (46%) και ακολούθησαν, η επέμβαση με κομπόστ (44,5%), ο μάρτυρας (41,8%) και τέλος η επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (40,75%), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.2.6.1. .

Πορώδες Εδάφους 2016



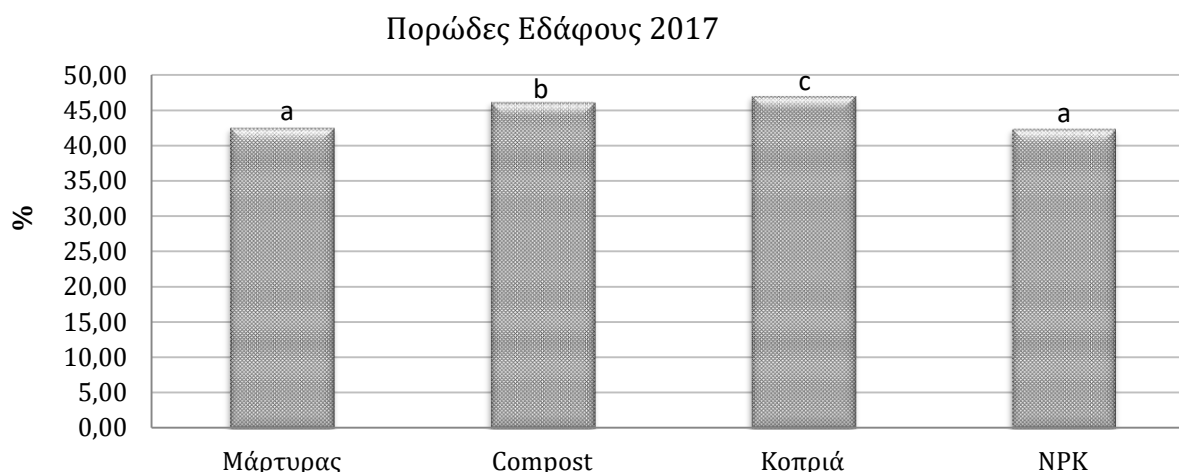
Διάγραμμα 4.17. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.15. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	211,016	70,339	125,046	<0,001
Ποικιλία	3	0,307	0,102	0,182	0,908
Λίπανση x Ποικιλία	9	4,380	0,487	0,865	0,565
Υπόλοιπο	32	18,000	0,563		
Σύνολο	47	233,703	4,972		

Όπως στην πρώτη καλλιεργητική περίοδο, και τη δεύτερη, έχουμε επίδραση της λίπανσης στο πορώδες του εδάφους, με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων. Και εδώ η επέμβαση με την κοπριά δίνει την υψηλότερη τιμή, 47 %, ακολουθούν, η επέμβαση με κομπόστι, 46,1 %, η επέμβαση του μάρτυρα με 42,5 % και τέλος η επέμβαση με ανόργανο λίπασμα, 42,3 %. Ο παράγοντας ποικιλία δεν επέδρασε στατιστικά σημαντικά.



Διάγραμμα 4.18. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

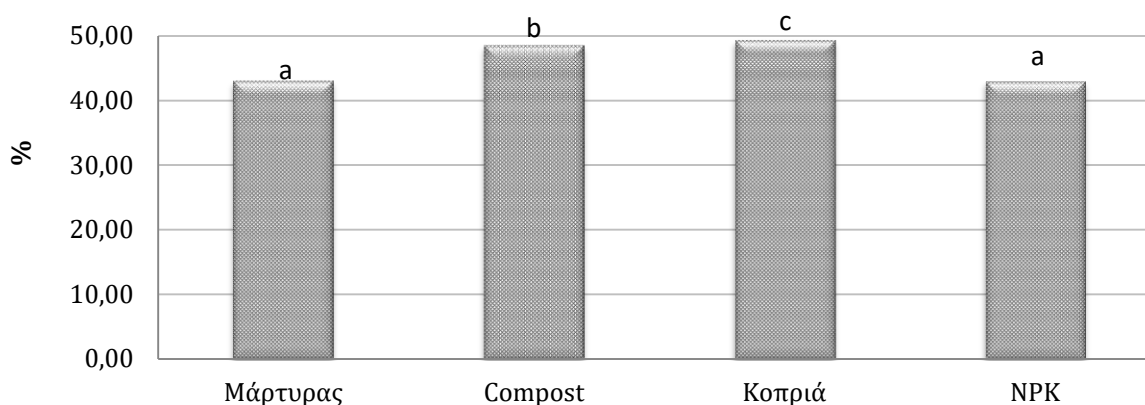
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.16. Ανάλυση διασποράς του εδαφικού πορώδους για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Λίπανση	3	420,932	140,311	217,255	<0,001
Ποικιλία	3	0,682	0,227	0,352	0,788
Λίπανση x Ποικιλία	9	4,547	0,505	0,782	0,634
Υπόλοιπο	32	20,667	0,646		
Σύνολο	47	446,828	9,507		

Παρόμοια αποτελέσματα και κατά το τρίτο έτος πειραμάτων, όπου η υψηλότερη τιμή πορώδους του εδάφους, παρατηρήθηκε στην επέμβαση με κοπριά (49,3%) και ακολούθησε η επέμβαση με κοπύστη (48,5%), ενώ η χαμηλότερη, παρατηρήθηκε στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα (43%) και το μάρτυρα (43%), όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.2.6.3., παρακάτω.

Πορώδες Εδάφους 2018



Διάγραμμα 4.19. Επίδραση της λίπανσης στο εδαφικό πορώδες το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.2.7. Συνδυασμένη Ανάλυση Διακύμανσης

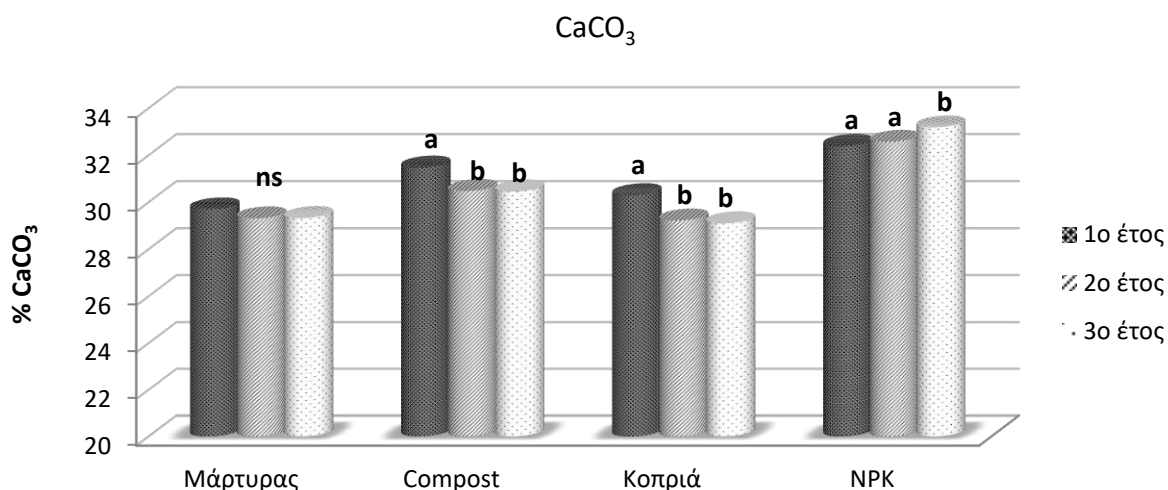
Στα παραγοντικά πειράματα, που διεξάχθηκαν στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών τα έτη 2016, 2017 και 2018, ακολούθησαν την διάταξη των υποδιακριμένων τεμαχίων, με τον παράγοντα της λίπανσης στα κύρια τεμάχια και της ποικιλίας στα υποτεμάχια. Εκτός από την ανάλυση διασποράς για κάθε καλλιεργητική περίοδο χωριστά, πραγματοποιήθηκε και συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο (για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος) για το σύνολο των μετρήσεων που έγιναν για τα εδαφικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τη συνδυασμένη ανάλυση (Πίνακας 4.2.7.1.) παρατηρήθηκε στατιστικώς υψηλά σημαντική επίδραση του έτους στις μεταβλητές CaCO_3 και pH, καθώς και στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του έτους με την λίπανση σε όλες τις μεταβλητές εκτός από το άζωτο και τα φωσφορικά, ενώ το έτος με την ποικιλία βρέθηκε να επηρεάζει τα φωσφορικά εδάφους. Η τριπλή αλληλεπίδραση έτους, λίπανσης και ποικιλίας φάνηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την οργανική ουσία.

Πίνακας 4.17. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο, οργανική ουσία, φωσφορικά, άζωτο και το pH του εδάφους, και η σημαντικότητά τους (*, = σημαντικότητα για $p=0,05$, **, = σημαντικότητα για $p=0,01$, ns = μη σημαντικότητα).

	BE	CaCO_3	οργανική ουσία	pH	φωσφορικά	άζωτο	πορώδες
Λίπανση	3	75,213**	15,703**	1,131 ns	11,758**	3,638*	563,626**
Ποικιλία	3	1,318 ns	2,698 ns	1,168 ns	1,472 ns	1,761 ns	0,211 ns
Έτος	2	3,889*	9,851**	0,760 ns	1,413 ns	2,336 ns	152,591**
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,808 ns	1,235 ns	0,961 ns	1,550 ns	1,932 ns	1,003 ns
Λίπανση x Έτος	6	2,259*	1,387 ns	0,540 ns	1,265 ns	0,288 ns	10,694**

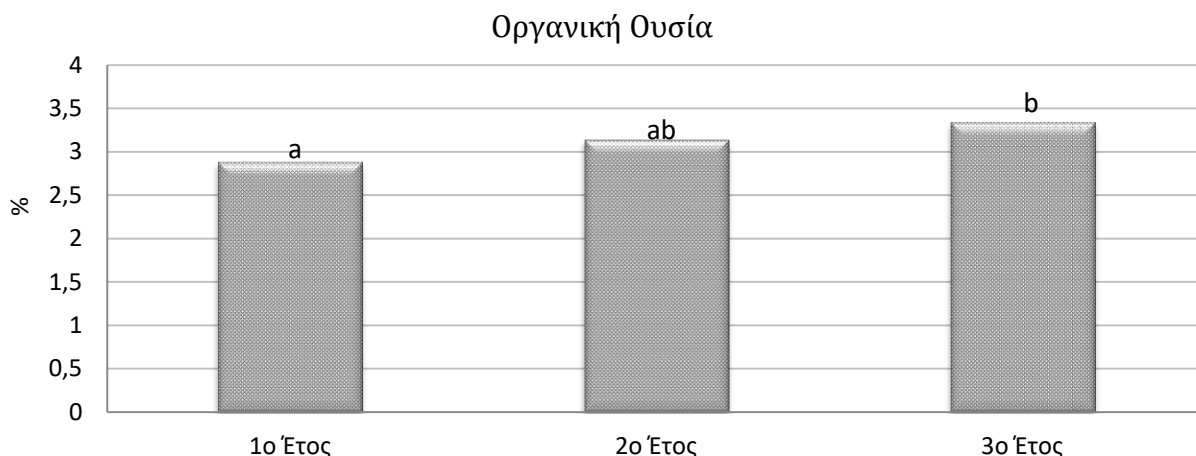
Ποικιλία x Έτος	6	0,267 ns	1,682 ns	0,247 ns	1,348 ns	0,449 ns	0,355 ns
Λίπανση x Ποικιλία x Έτος	18	0,583 ns	1,171 ns	0,794 ns	1,104 ns	0,516 ns	0,647 ns
Υπόλοιπο	96						
Σύνολο	143						

Πιο αναλυτικά, αναφορικά με το ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ, όπου είχαμε σταδιακή μείωση της περιεκτικότητας σε ανθρακικό ασβέστιο από το πρώτο ως το τρίτο έτος, ενώ στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα παρατηρήθηκε αύξηση στο πέρας της τριετίας. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 31,48 % έως 30,45 %, για την επέμβαση με κομπόστ, για το πρώτο και τρίτο έτος, αντίστοιχα, από 30,3 % έως 29,1 %, για την επέμβαση με κοπριά, από 32,4% έως 33,2%, για την επέμβαση με ανόργανη λίπανση και τέλος στο μάρτυρα, δεν είχαμε στατιστικά σημαντικές διαφορές στην τριετία διεξαγωγής του πειράματος (Διάγραμμα 4.2.7.1.).



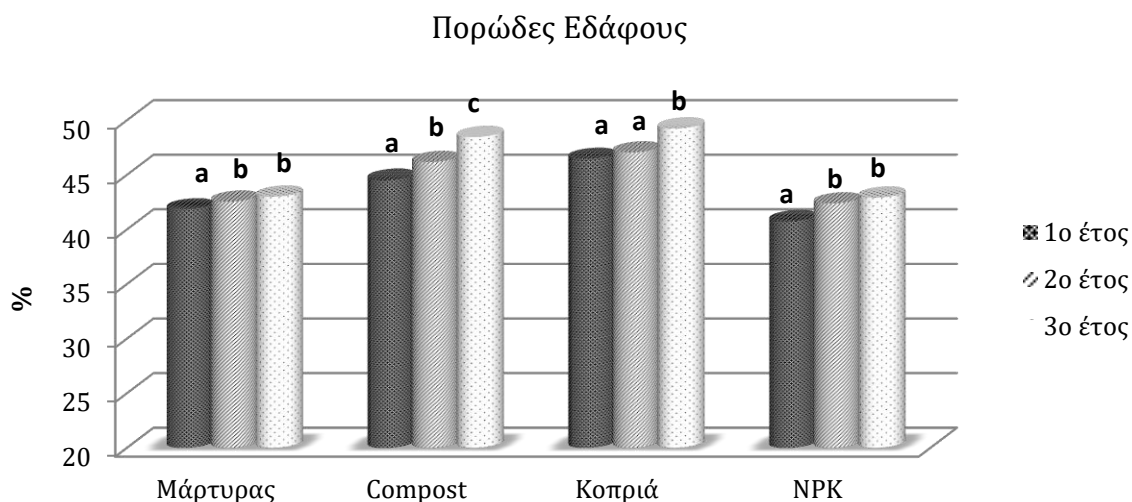
Διάγραμμα 4.20. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα CaCO_3 για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).

Όσον αφορά στην οργανική ουσία στο έδαφος, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε αυξητική τάση των τιμών για όλες τις επεμβάσεις. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 2,8 % έως 3,3 %, για τον μάρτυρα, για το πρώτο και τρίτο έτος, αντίστοιχα, από 3% έως 3,4 %, για την επέμβαση με κομπόστ, από 3,3 % έως 3,6 %, για την επέμβαση με κοπριά και τέλος για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα από 2,6% ως 2,9%. (Διάγραμμα 4.2.7.2.).



Διάγραμμα 4.21. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα οργανικής ουσίας για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).

Όσον αφορά στο εδαφικό πορώδες, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε αυξητική τάση των τιμών για όλες τις επεμβάσεις, ενώ σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των επεμβάσεων. Και στις τρεις καλλιεργητικές περιόδους οι επεμβάσεις με ανόργανο λίπασμα και ο μάρτυρας παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά πορώδους από τις επεμβάσεις με κομπόστ και κοπριά. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 41,8 % έως 43 %, για τον μάρτυρα, για το πρώτο και τρίτο έτος, αντίστοιχα, από 44,5% έως 48,5 %, για την επέμβαση με κομπόστ, από 46,5 % έως 49,3%, για την επέμβαση με κοπριά και τέλος για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα από 40,8% ως 43%. (Διάγραμμα 4.2.7.3).



Διάγραμμα 4.2.7.3. Επίδραση της λίπανσης στο πορώδες του εδάφους για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).

4.3. Αποτελέσματα Μορφολογικών Χαρακτηριστικών

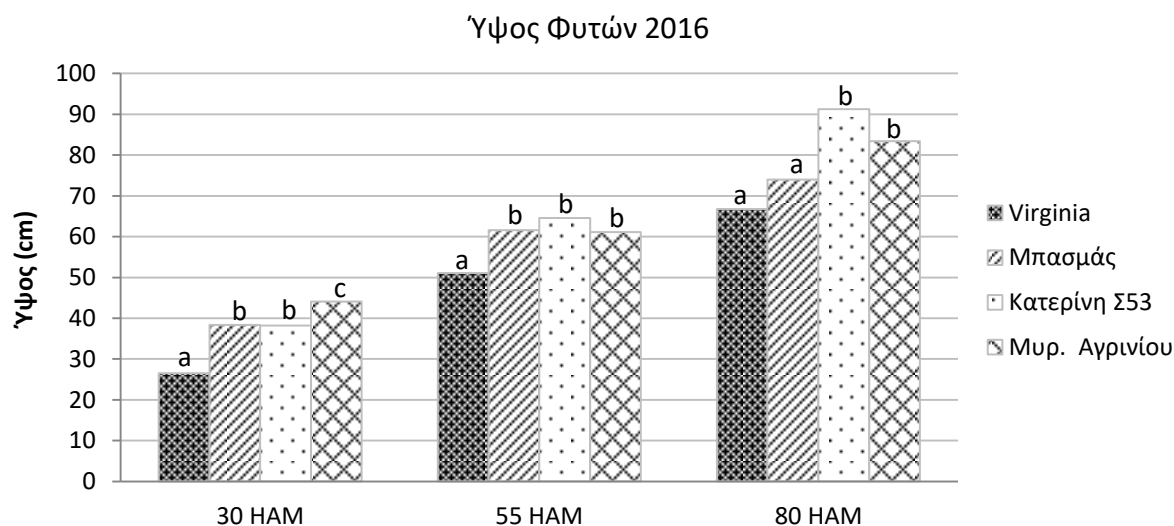
4.3.1. Ύψος φυτών

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

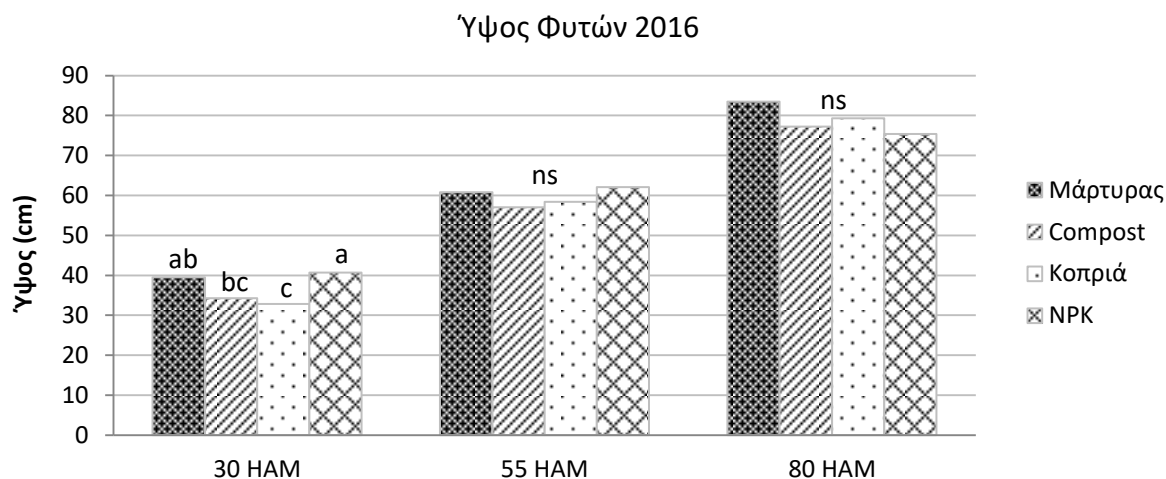
Πίνακας 4.18. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	7,459	<0,001	1,760	0,175	2,481	0,079
Ποικιλία	25,806	<0,001	11,414	<0,001	25,164	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	0,926	0,516	3,685	0,003	1,706	0,130

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στο ύψος των φυτών κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να επέδρασε στατιστικά σημαντικά μόνο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Η ποικιλία Κατερίνη Σ53 εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές ύψους με μέσο όρο 91,3 cm, στην τελευταία μέτρηση, ακολούθησαν τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 83,4 cm, η ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 74 cm και τέλος, η ποικιλία Virginia με 66,8 cm.



Διάγραμμα 4.22. Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.



Διάγραμμα 4.23. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.

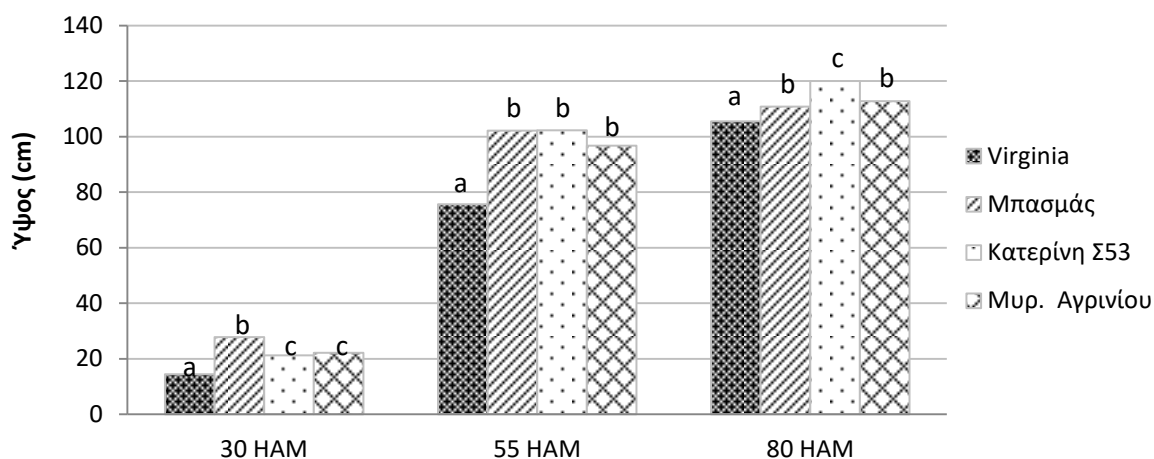
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.19. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	13,776	<0,001	1,432	0,252	7,621	<0,001
Ποικιλία	28,224	<0,001	27,040	<0,001	12,419	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	1,016	0,448	0,530	0,841	1,210	0,148

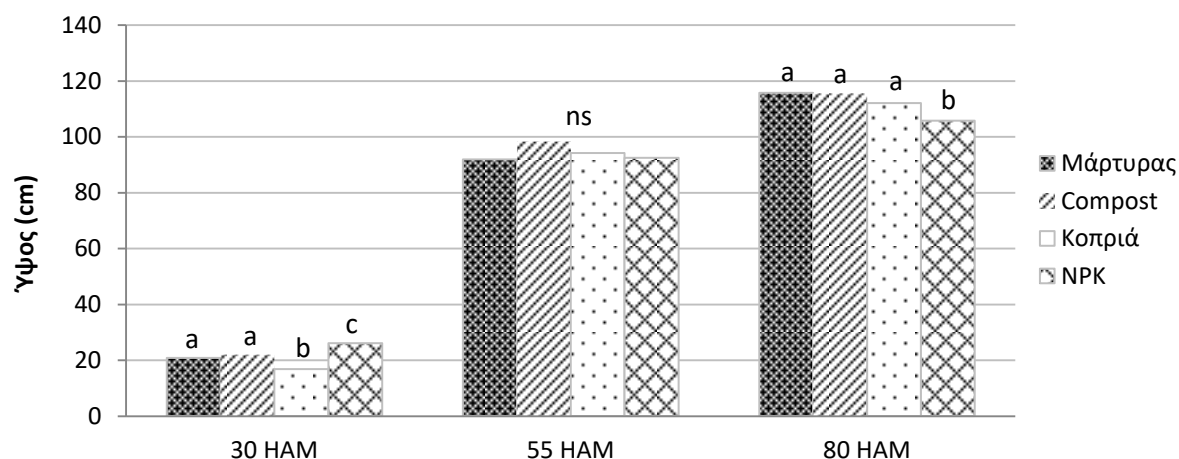
Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, στατιστικά σημαντικές διαφορές, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να επέδρασε στατιστικά σημαντικά μόνο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού, όπως και κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο. Η ποικιλία Κατερίνη Σ53 εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές ύψους με μέσο όρο 120 cm, στην τελευταία μέτρηση, ακολούθησαν τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 112,8 cm, η ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 110,8 cm και τέλος, η ποικιλία Virginia με 105,5 cm.

Ύψος Φυτών 2017



Διάγραμμα 4.24 Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.

Ύψος Φυτών 2017



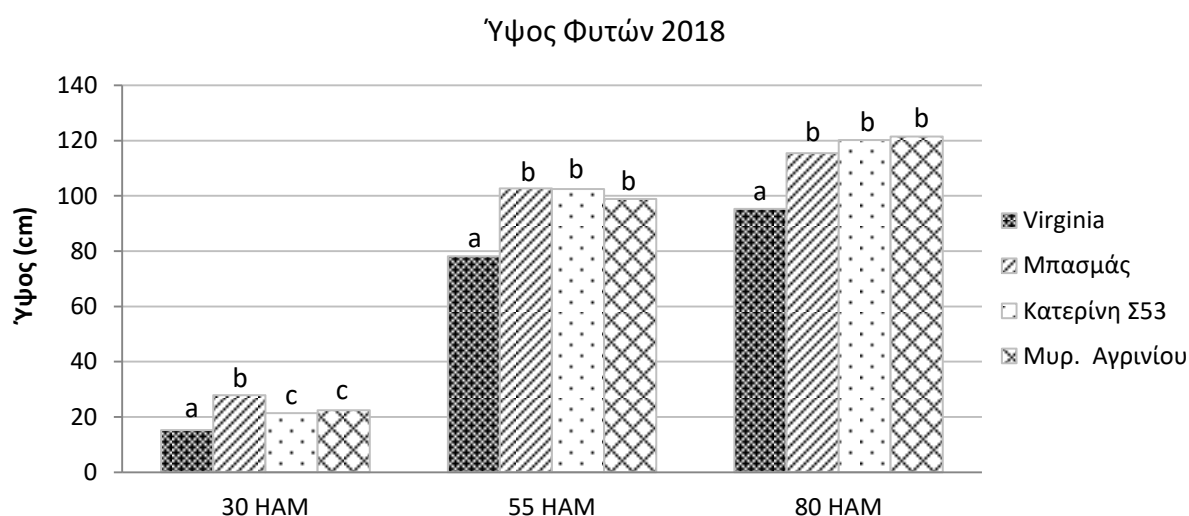
Διάγραμμα 4.25. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.

Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

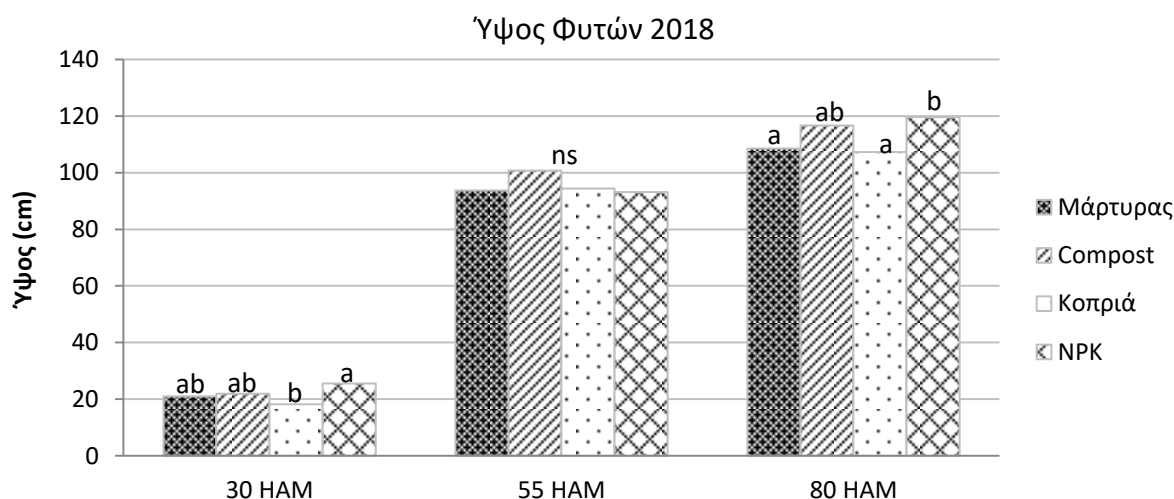
Πίνακας 4.20. Ανάλυση διασποράς του ύψους των φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	6,328	0,002	2,686	0,063	5,298	0,004
Ποικιλία	18,454	<0,001	29,922	<0,001	21,537	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	0,737	0,672	0,641	0,753	1,278	0,287

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, ο παράγοντας της λίπανσης επέδρασε με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, τόσο στην πρώτη όσο και την τελευταία μέτρηση. Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάστηκαν στην επέμβαση με την ανόργανη λίπανση, 119,6 cm, και ακολούθησε η επέμβαση με κομπόστ, με 116,8 cm. Ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε και εδώ στατιστικά σημαντικά, με την ποικιλία Virginia (95,3 cm) να εμφανίζει το χαμηλότερο ύψος φυτού, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τρεις ποικιλίες.



Διάγραμμα 4.26. Επίδραση της ποικιλίας στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.



Διάγραμμα 4.27. Επίδραση της λίπανσης στο ύψος φυτών στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.

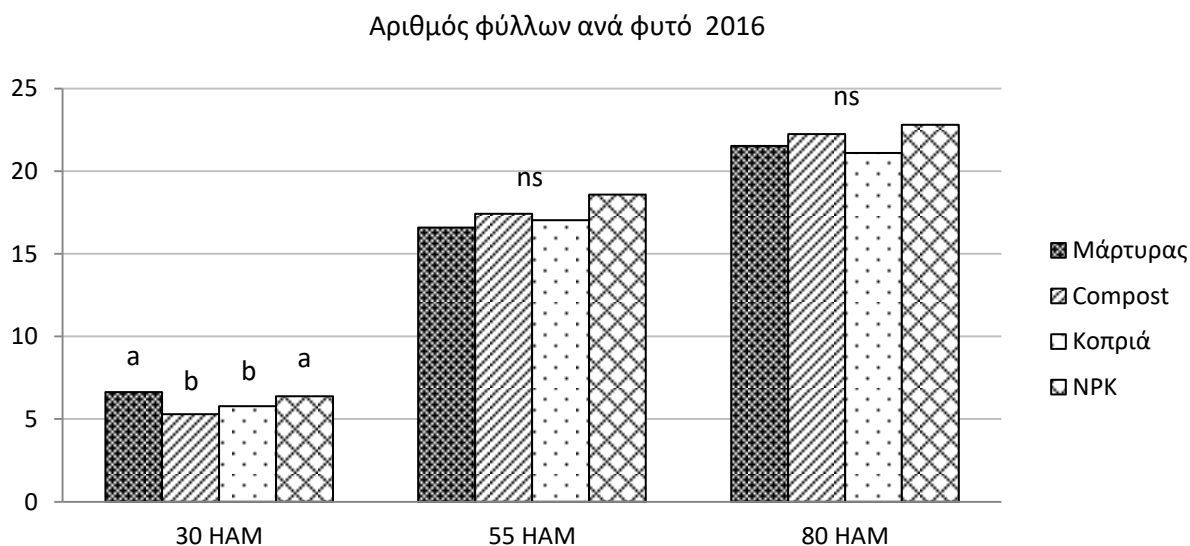
4.3.2. Αριθμός φύλλων ανά φυτό

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.21. Ανάλυση διασποράς του αριθμού φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

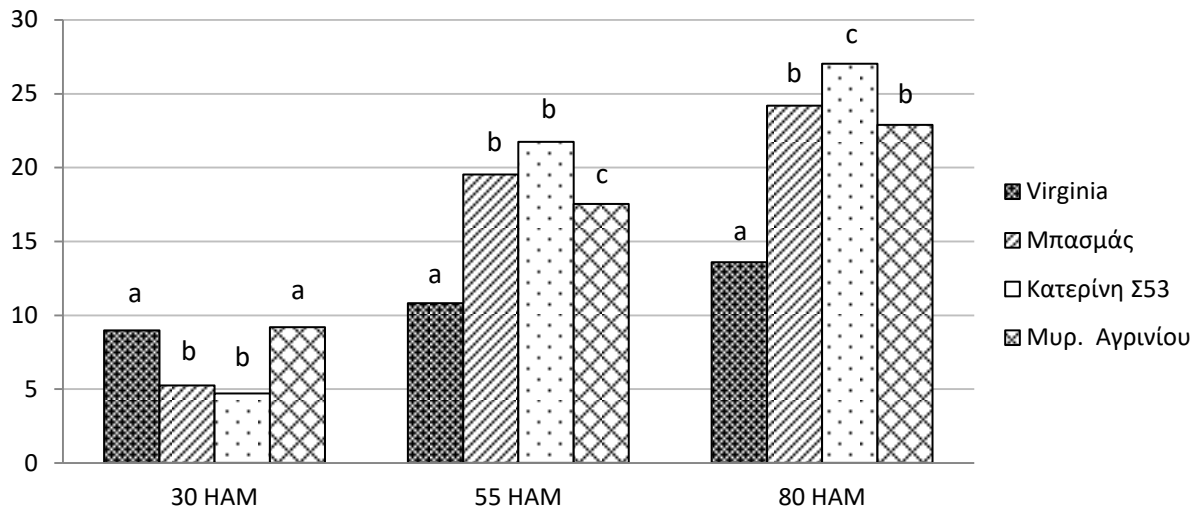
2016	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	16,051	<0,001	2,326	0,093	1,110	0,360
Ποικιλία	53,626	<0,001	70,589	<0,001	66,342	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	2,903	0,013	1,497	0,191	0,884	0,550

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στον αριθμό φύλλων των φυτών κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να επέδρασε στατιστικά σημαντικά μόνο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Η ποικιλία Κατερίνη Σ53 εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές με 27 φύλλα ανά φυτό, στην τελευταία μέτρηση, ακολούθησαν η ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 24 φύλλα, τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 23 φύλλα, και τέλος, η ποικιλία Virginia με 14 φύλλα.



Διάγραμμα 4.28. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.

Αριθμός φύλλων ανά φυτό 2016



Διάγραμμα 4.29. . Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2016.

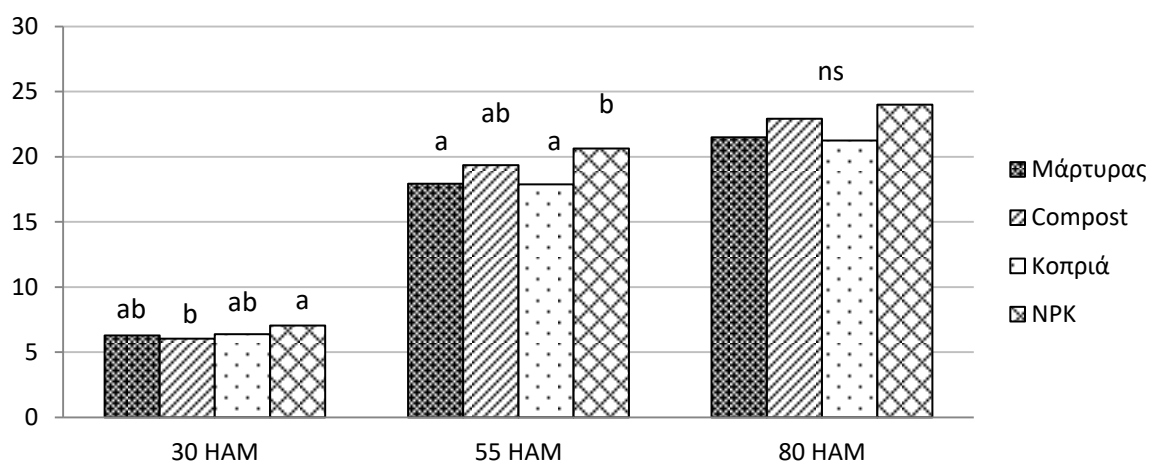
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.3.2.2. Ανάλυση διασποράς του αριθμού φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	3,320	0,0320	3,539	0,025	2,601	0,069
Ποικιλία	8,743	<0,001	17,703	<0,001	22,623	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	0,740	0,670	0,933	0,511	1,350	0,251

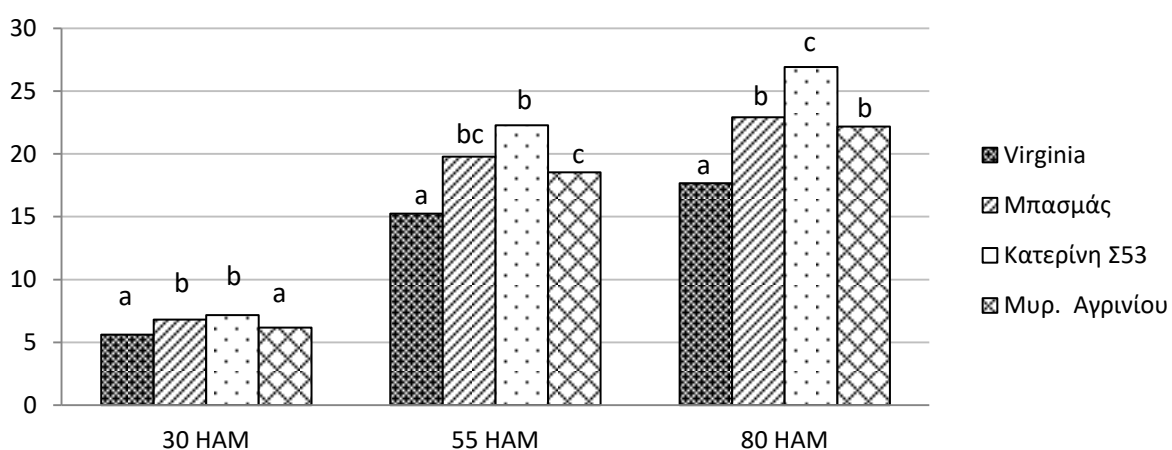
Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, ο παράγοντας της λίπανσης επέδρασε με στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού. Ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε και εδώ στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία Κατερίνη Σ53 εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή με 27 φύλλα, στην τελευταία μέτρηση, και ακολούθησαν η ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 23 φύλλα, τα Μυρωδάτα Αργινίου με 22 φύλλα και η ποικιλία Virginia με 18 φύλλα.

Αριθμός φύλλων ανά φυτό 2017



Διάγραμμα 4.30. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.

Αριθμός φύλλων ανά φυτό 2017



Διάγραμμα 4.31. Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2017.

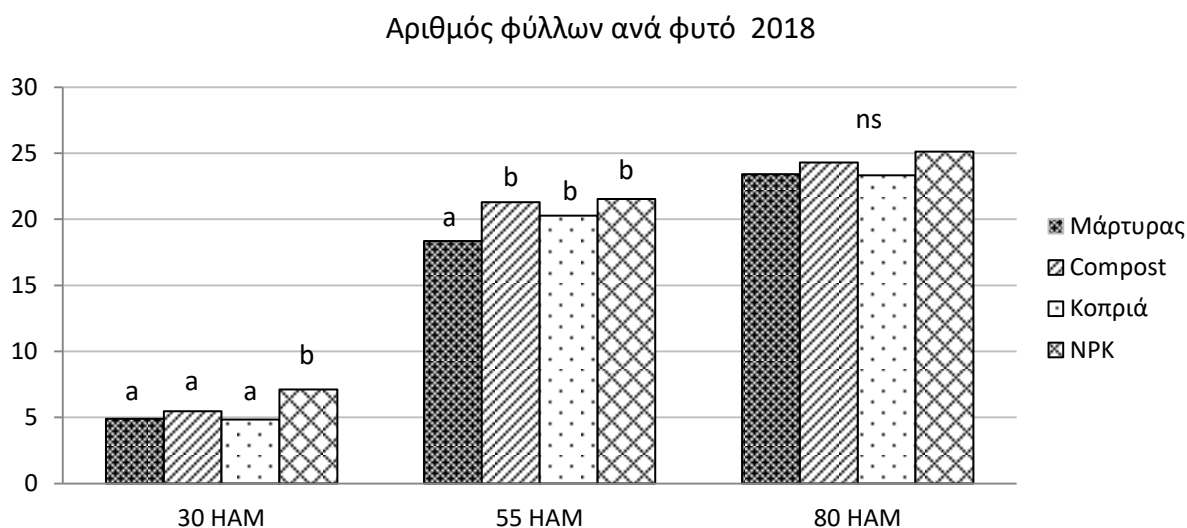
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.3.2.3. Ανάλυση διασποράς του αριθμού φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	30 HAM		55 HAM		80 HAM	
	F	p	F	p	F	p
Λίπανση	6,845	0,001	8,561	<0,001	1,592	0,211

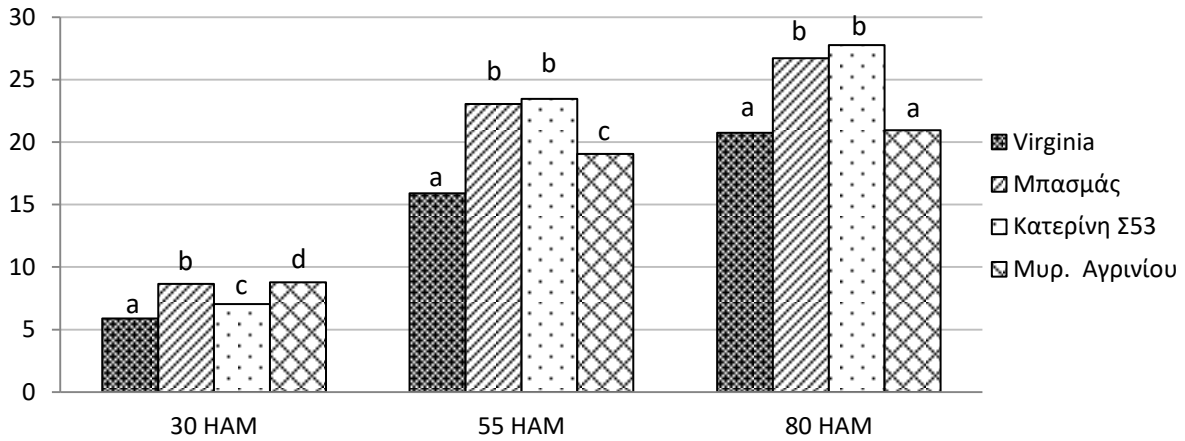
Ποικιλία	51,835	<0,001	52,224	<0,001	30,813	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	1,400	0,229	1,662	0,140	0,722	0,685

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, στατιστικά σημαντικές διαφορές, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία και στις τρεις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να επέδρασε στατιστικά σημαντικά μόνο στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού, όπως και κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο. Η ποικιλία Κατερίνη Σ53 εμφάνισε τη μεγαλύτερη τιμή με 28 φύλλα, στην τελευταία μέτρηση, και ακολούθησαν η ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 27 φύλλα, τα Μυρωδάτα Αγρινίου και η ποικιλία Virginia με 21 φύλλα.



Διάγραμμα 4.32. Επίδραση της λίπανσης στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.

Αριθμός φύλλων ανά φυτό 2018



Διάγραμμα 4.33. Επίδραση της ποικιλίας στον αριθμό φύλλων ανά φυτό στις 30, 55 και 80 ημέρες από τη μεταφύτευση το έτος 2018.

4.3.3. Επιφάνεια φύλλου

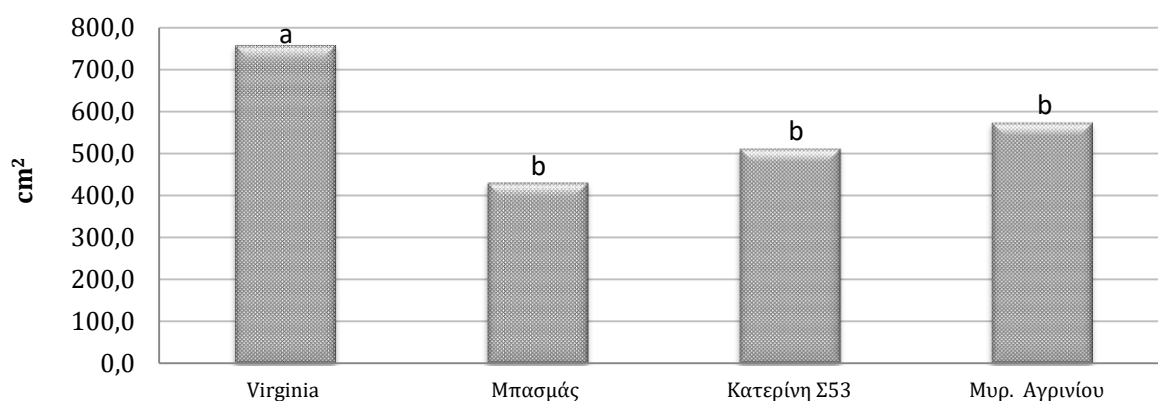
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.22. Ανάλυση διασποράς της επιφάνειας φύλλου για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Λίπανση	3	28.610,231	9.536,744	0,257	0,856
Ποικιλία	3	695.606,568	231.868,86	6,246	0,002
Λίπανση x Ποικιλία	9	250.718,563	27.857,618	0,75	0,661
Υπόλοιπο	32	1.187.906,880	37.122,090		
Σύνολο	47	2.162.842,240	460.17,920		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στην επιφάνεια φύλλου των φυτών κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία. Ο παράγοντας λίπανση φαίνεται να μην επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Η μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia με 758,8 cm², και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αγρινίου με 575,2 cm², Κατερίνη Σ53 με 512,7 cm² και Μπασμάς Ξάνθης με 432,2 cm².

Επιφάνεια φύλλου 2016



Διάγραμμα 4.34. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

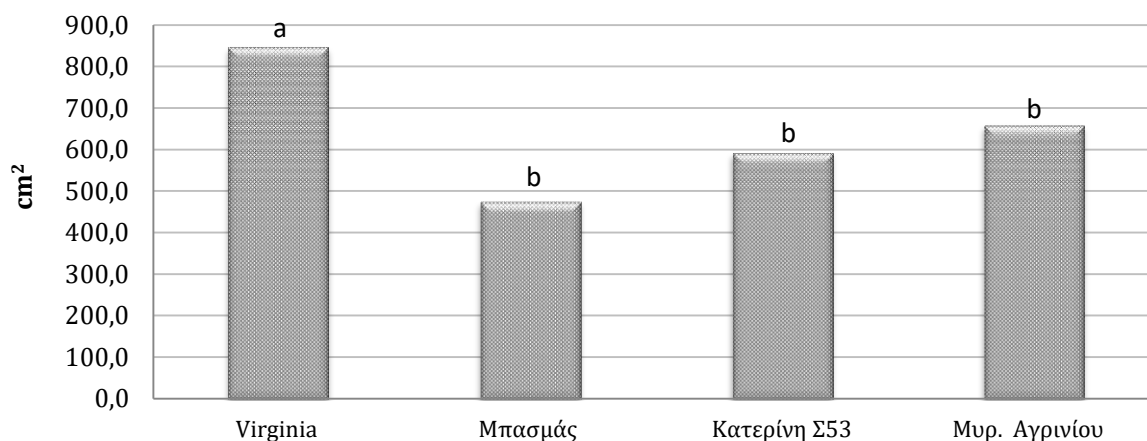
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.3.3.2. Ανάλυση διασποράς της επιφάνειας φύλλου για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές)

2017	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Λίπανση	3	29.018,990	9.672,997	0,271	0,846
Ποικιλία	3	863.630,215	287.876,738	8,076	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	164.253,765	18.250,418	0,512	0,855
Υπόλοιπο	32	1.140.639,844	35.644,995		
Σύνολο	47	2.197.542,813	46.756,230		

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και κατά την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε στατιστικά σημαντικά στην επιφάνεια φύλλου. Η μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia με 844,8 cm², και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αγρινίου με 657,8 cm², Κατερίνη Σ53 με 591,4 cm² και Μπασμάς Ξάνθης με 474,6 cm².

Επιφάνεια φύλλου 2017



Διάγραμμα 4.35. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

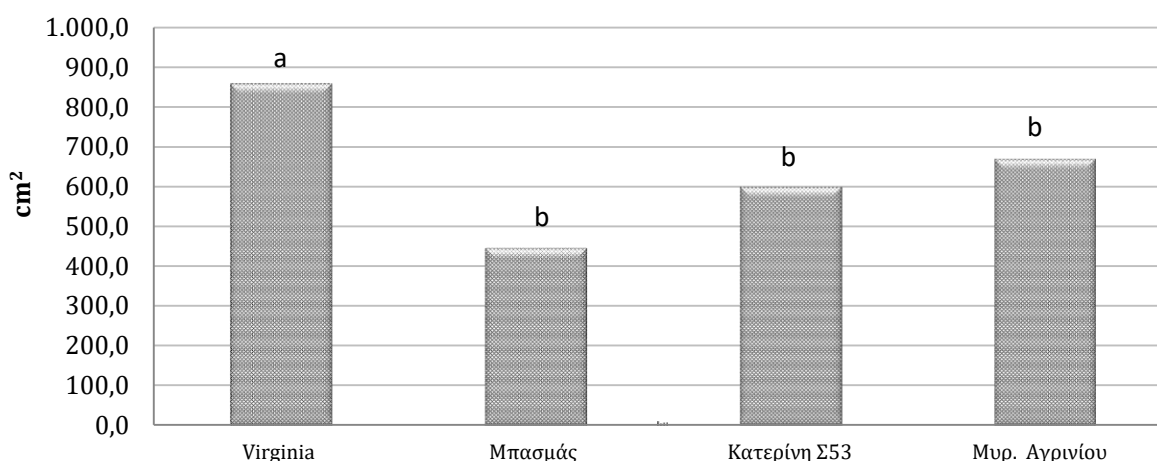
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.3.3.3. Ανάλυση διασποράς της επιφάνειας φύλλου για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Λίπανση	3	31.473,375	10.491,125	0,278	0,841
Ποικιλία	3	1.061.195,333	353.731,778	9,362	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	118.695,458	13.188,384	0,349	0,951
Υπόλοιπο	32	1.209.059,833	37.783,120		
Σύνολο	47	2.420.424,000	51.498,383		

Και την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στην επιφάνεια φύλλου των φυτών εμφανίστηκαν μόνο μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών. Η μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia με 860,7 cm², και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αγρινίου με 670,3 cm², Κατερίνη Σ53 με 600,2 cm² και Μπασμάς Ξάνθης με 446,8 cm².

Επιφάνεια φύλλου 2018



Διάγραμμα 4.36. Επίδραση της ποικιλίας στην επιφάνεια φύλλου το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.3.4. Μήκος ρίζας

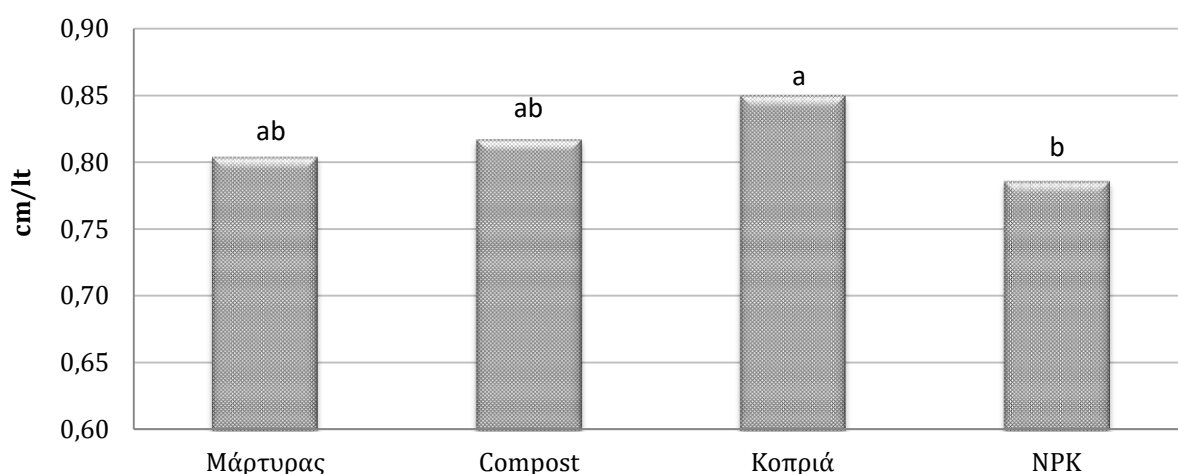
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.23. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	0,026	0,009	3,665	0,022
Ποικιλία	3	0,106	0,035	14,730	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,016	0,002	0,755	0,657
Υπόλοιπο	32	0,077	0,002		
Σύνολο	47	0,225	0,005		

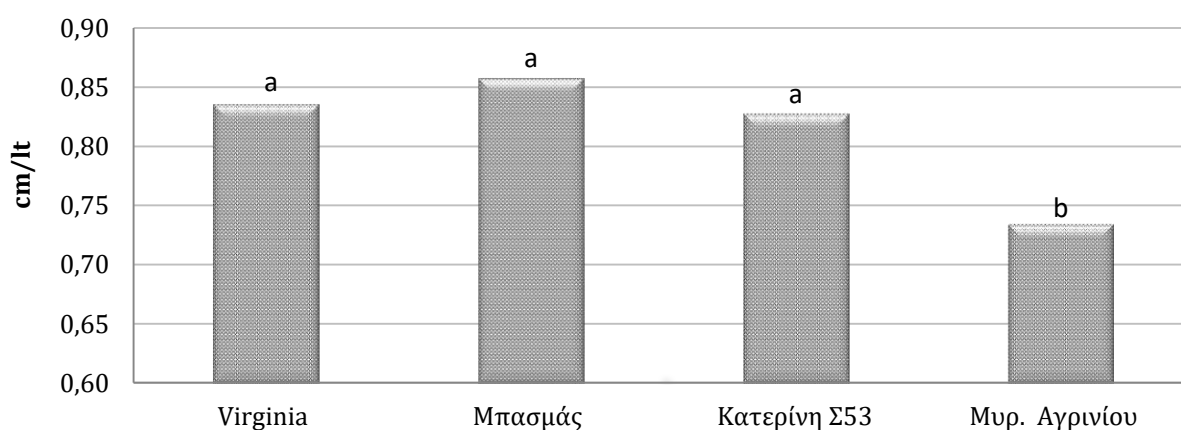
Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στο μήκος ρίζας των φυτών ανά όγκο εδάφους, κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν και στους δύο παράγοντες. Όσον αφορά στον παράγοντα λίπανση, στην επέμβαση με κοπριά είχαμε τις μεγαλύτερες τιμές, με μέσο όρο 0,85 cm, και ακολούθησαν η επέμβαση με κομπόστ, με 0,82 cm, ο μάρτυρας, με 0,80 cm και τέλος η επέμβαση με ανόργανη λίπανση, με 0,78 cm. Στον παράγοντα ποικιλία, η μεγαλύτερη τιμή, παρατηρήθηκε στην ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης με 0,86 cm, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Virginia με 0,84 cm, Κατερίνη Σ53 με 0,83 cm και τέλος τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 0,74 cm.

Μήκος ριζών /όγκο εδάφους 2016



Διάγραμμα 4.37. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Μήκος ριζών /όγκο εδάφους 2016



Διάγραμμα 4.38. Επίδραση της ποικιλίας στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

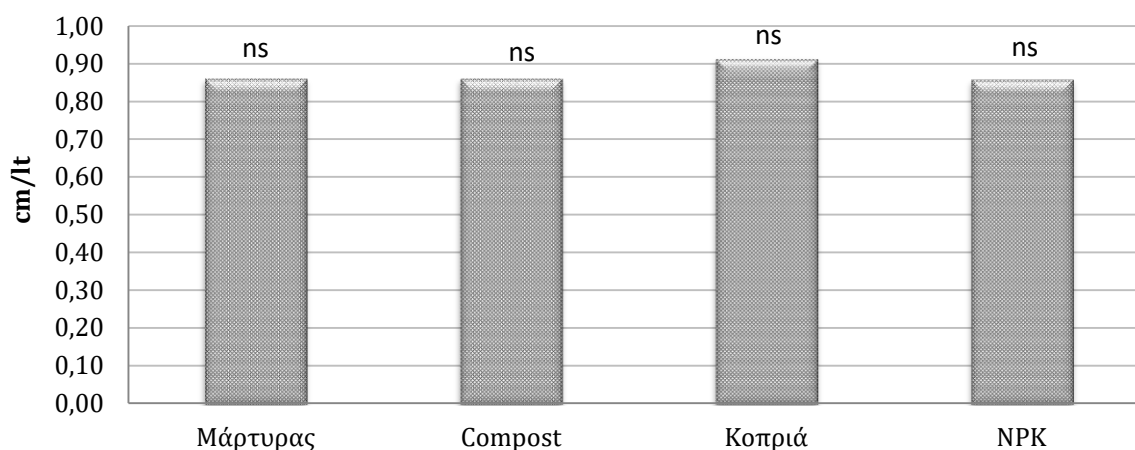
Αποτελέσματα 2^{ns} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.24. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	0,026	0,009	1,654	0,197
Ποικιλία	3	0,004	0,001	0,224	0,879
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,025	0,003	0,535	0,838
Υπόλοιπο	32	0,167	0,005		
Σύνολο	47	0,222	0,005		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δύο παράγοντες. Ωστόσο, στον παράγοντα λίπανση, το μήκος της ρίζας κυμάνθηκε από 0,91 cm στην επέμβαση με κοπριά που είχαμε τις μεγαλύτερες τιμές, έως 0,85 cm, στην επέμβαση με ανόργανη λίπανση. Στον παράγοντα ποικιλία, η μεγαλύτερη τιμή, παρατηρήθηκε στην ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης.

Μήκος ριζών /όγκο εδάφους 2017



Διάγραμμα 4.39. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

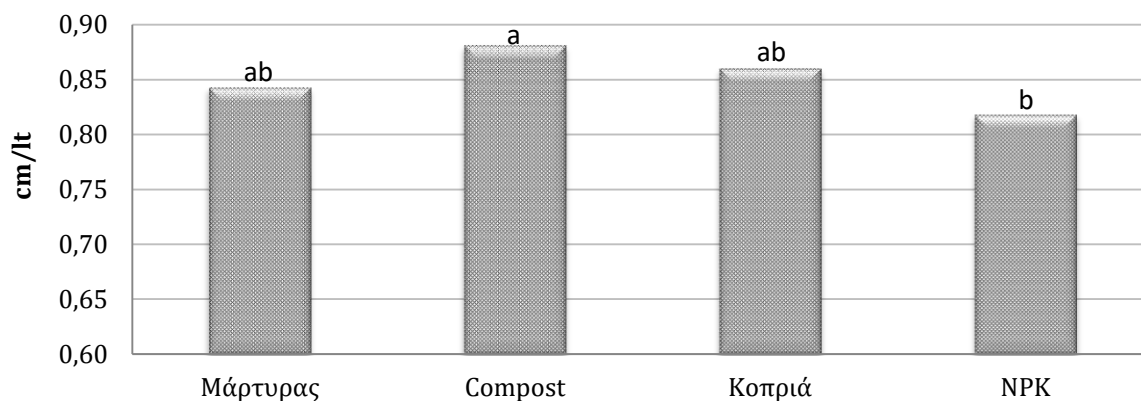
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.25. Ανάλυση διασποράς του μήκους του ριζικού συστήματος του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,026	0,009	3,464	0,028
Ποικιλία	3	0,041	0,014	5,489	0,004
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,026	0,003	1,182	0,339
Υπόλοιπο	32	0,080	0,002		
Σύνολο	47	0,173	0,004		

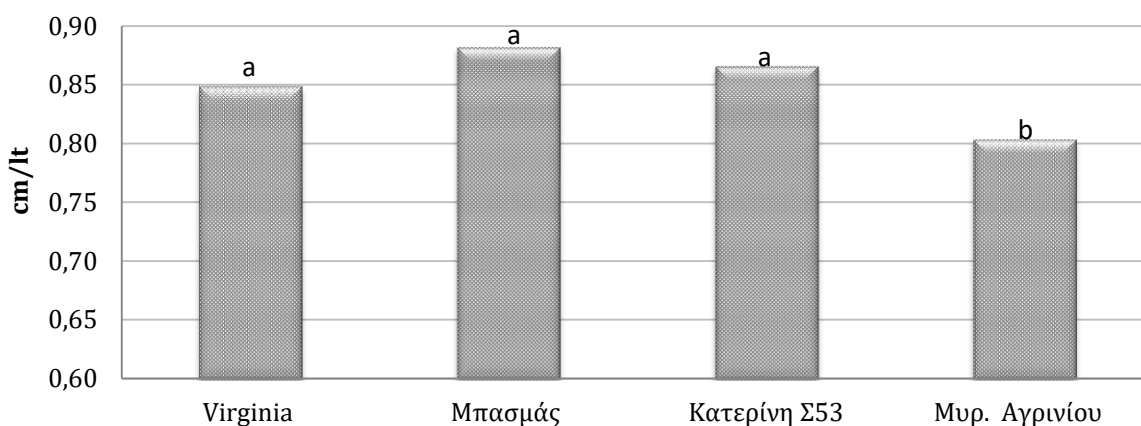
Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δύο παράγοντες. Όσον αφορά στον παράγοντα λίπανση, το μήκος της ρίζας κυμάνθηκε από 0,88 cm στην επέμβαση με κομπόστ που είχαμε τις μεγαλύτερες τιμές, έως 0,82 cm, στην επέμβαση με ανόργανη λίπανση. Στον παράγοντα ποικιλία, η μεγαλύτερη τιμή, παρατηρήθηκε στην ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης (0,88 cm), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές από τις ποικιλίες Κατερίνη Σ53 (0,87 cm) και Virginia (0,85 cm), ενώ η ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου (0,80 cm) διέφερε σημαντικά από τις υπόλοιπες σημειώνοντας την μικρότερη τιμή.

Μήκος ριζών /όγκο εδάφους 2018



Διάγραμμα 4.40. Επίδραση της λίπανσης στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Μήκος ριζών /όγκο εδάφους 2018



Διάγραμμα 4.41. Επίδραση της ποικιλίας στο μήκος της ρίζας του καπνού ανά όγκο εδάφους (cm/lt) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

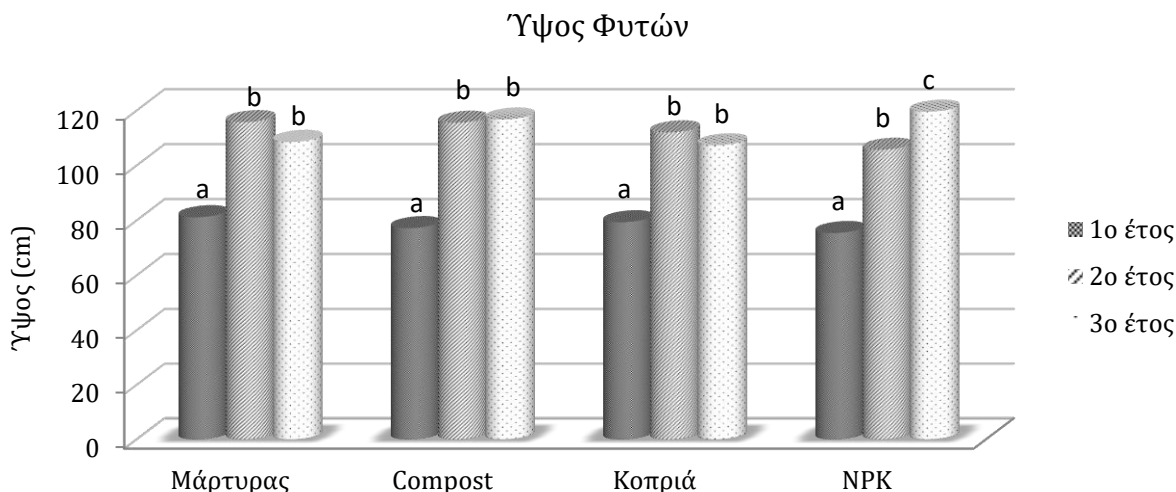
4.3.5. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης μορφολογικών χαρακτηριστικών

Πίνακας 4.26. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για το ύψος, τον αριθμό φύλλων ανά φυτό, την επιφάνεια φύλλου και το μήκος ρίζας, και η σημαντικότητά τους (*, = σημαντικότητα για $p=0,05$, **, = σημαντικότητα για $p=0,01$, ns = μη σημαντικότητα).

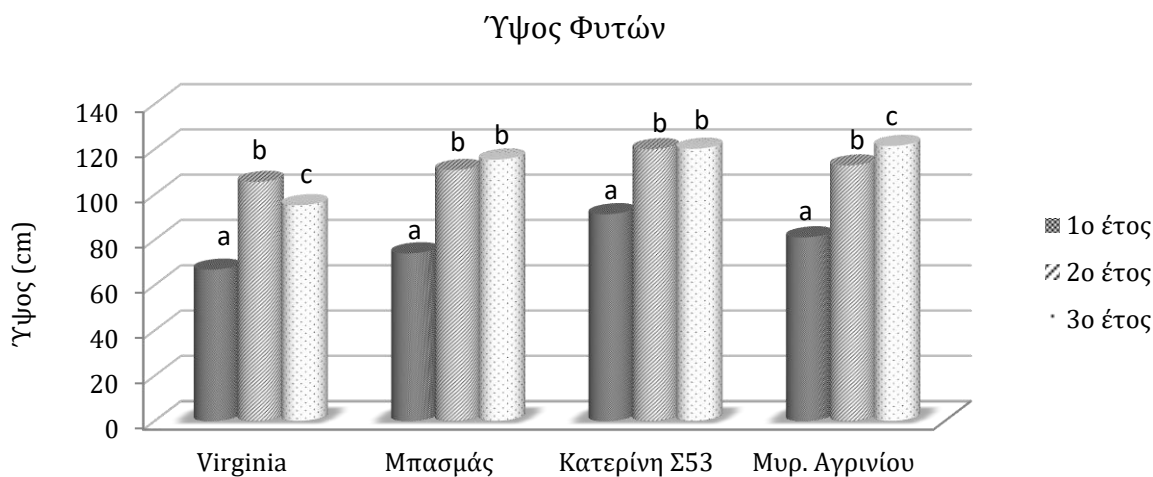
	BE	ύψος	αριθμός φύλλων	επιφάνεια φύλλου	μήκος ρίζας
Λίπανση	3	1,521 ns	5,177*	0,787 ns	5,750**
Ποικιλία	3	47,898**	100,653**	23,436*	2,490 ns
Έτος	2	306,300*	9,258**	2,353 ns	12,278**
Λίπανση x Ποικιλία	9	2,844 ns	0,619 ns	1,486 ns	0,713 ns
Λίπανση x Έτος	6	5,505**	0,171 ns	0,009 ns	0,987 ns
Ποικιλία x Έτος	6	4,452**	1,095 ns	0,134 ns	1,850 ns
Λίπανση x Ποικιλία x Έτος	18	0,715 ns	1,228 ns	0,062 ns	0,762 ns
Υπόλοιπο	96				
Σύνολο	143				

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τη συνδυασμένη ανάλυση (Πίνακας 4.3.5.1.) παρατηρήθηκε στατιστικώς υψηλά σημαντική επίδραση του έτους στις μεταβλητές ύψος φυτών, αριθμός φύλλων και μήκος ρίζας, καθώς και στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του έτους με τη λίπανση στο ύψος των φυτών.

Όπως παρατηρούμε στα παρακάτω διαγράμματα (Διάγραμμα 4.42., Διάγραμμα 4.3.5.2.), αναφορικά με το ύψος φυτών, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε όλες τις επεμβάσεις και στους δύο παράγοντες. Σημειώθηκε διαφορά του ύψους από το πρώτο έτος, στο δεύτερο και το τρίτο, όπου είχαμε σημαντική αύξηση του μέσου όρου του ύψους των φυτών, ενώ παράλληλα οι επεμβασίες με κομπόστ και ανόργανη λίπανση έδωσαν τα υψηλότερα φυτά. Αναφορικά με την αλληλεπίδραση του χρόνου με την ποικιλία, και εδώ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο ύψος από το πρώτο έτος, στο δεύτερο και το τρίτο με την ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου να σημειώνει τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική αύξηση ύψους σε βάθος χρόνου.



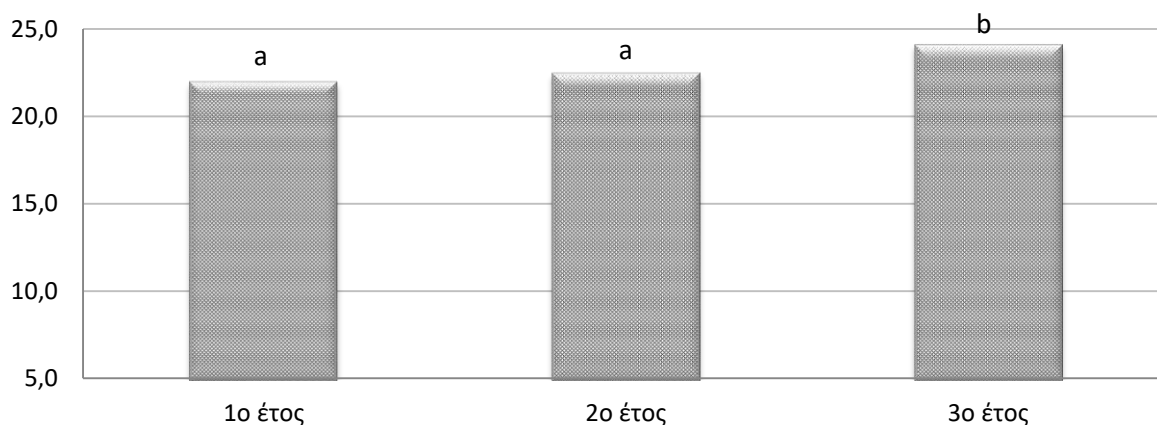
Διάγραμμα 4.3.5.1. Αλληλεπίδραση της λίπανσης και του έτους στο ύψος των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).



Διάγραμμα 4.43. Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στο ύψος των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια επέμβαση).

Σχετικά με την επίδραση του έτους στον αριθμό φύλλων των φυτών, παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα, σταδιακή αύξηση από το πρώτο ως το τρίτο έτος, με στατιστικά σημαντικά υψηλότερη τιμή στο τρίτο έτος.

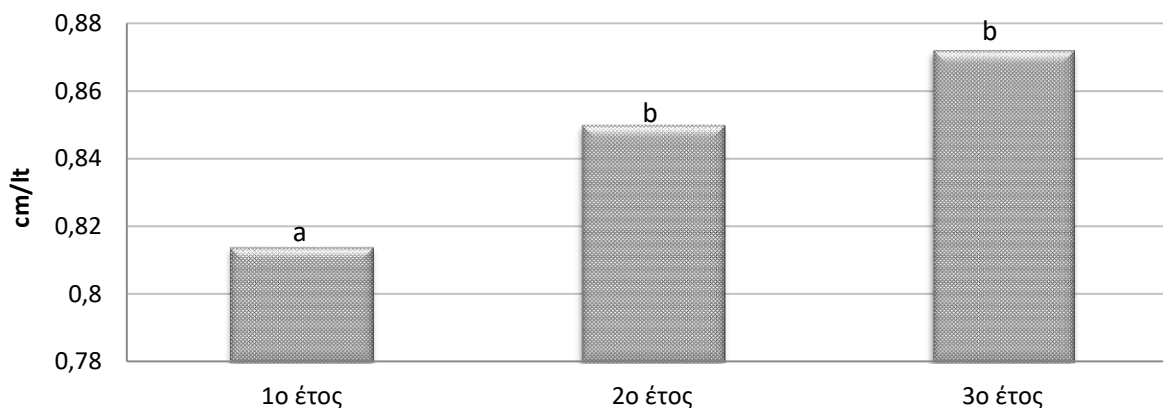
Αριθμός φύλλων/ φυτό



Διάγραμμα 4.44. Επίδραση του χρόνου στον αριθμό φύλλων των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant).

Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.3.5.4.), αναφορικά με το μήκος ρίζας ανά όγκο εδάφους, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ετών. Σημειώθηκε διαφορά του μήκους από το πρώτο έτος, στο δεύτερο και το τρίτο, όπου είχαμε σημαντική αύξηση του μέσου όρου.

Μήκος ρίζας/όγκο εδάφους



Διάγραμμα 4.45. Επίδραση του χρόνου στο μήκος ρίζας/ όγκο εδάφους για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant).

4.4. Αποδόσεις

4.4.1. Αποδόσεις (αποξηραμένα φύλλα/στρ.)

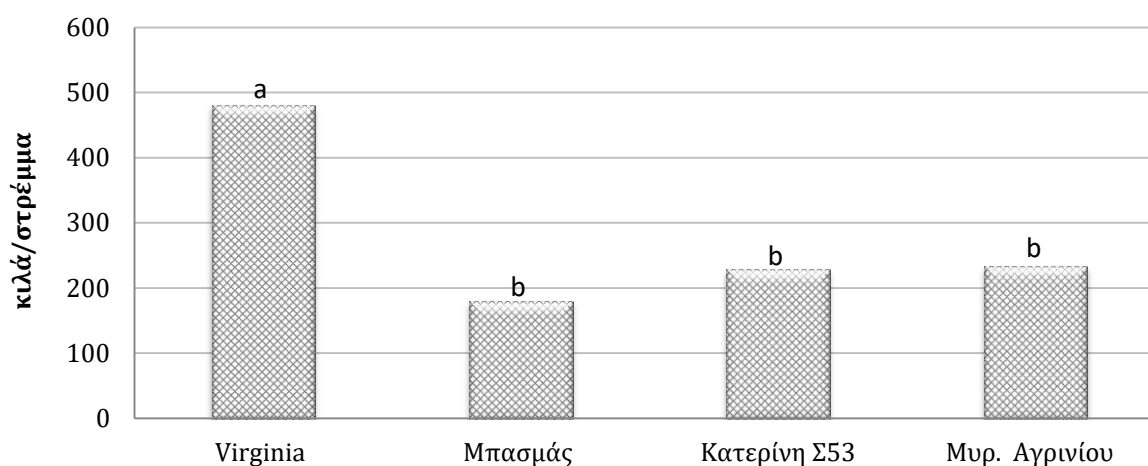
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.27. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (αποξηραμένα φύλλα kg/στρ.) για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	32157,369	10719,123	1,478	0,239
Ποικιλία	3	660065,634	220021,878	30,328	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	33719,752	3746,639	0,516	0,852
Υπόλοιπο	32	232149,767	7254,68		
Σύνολο	47	958092,522	20384,947		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στις αποδόσεις κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία. Ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία Virginia παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποδόσεις με 479,7 kg/στρ., ακολούθησαν τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 233 kg/στρ., η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 228,8 kg/στρ., και τέλος ο Μπασμάς Ξάνθης με 178 kg/στρ. .

Αποδόσεις 2016



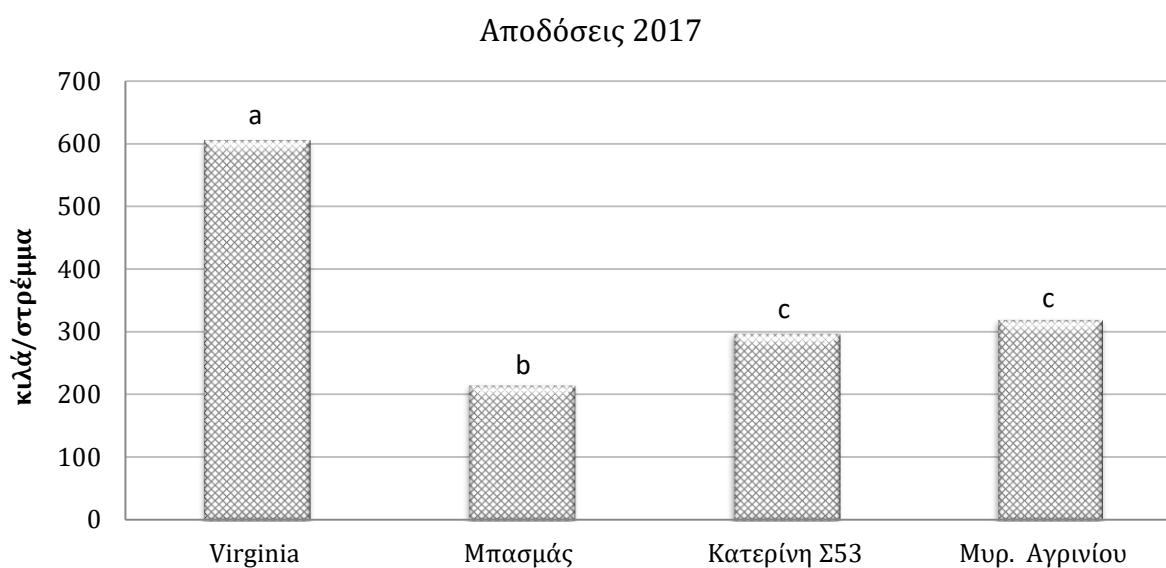
Διάγραμμα 4.46. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.4.1.2. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (αποξηραμένα φύλλα kg/στρ.) για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

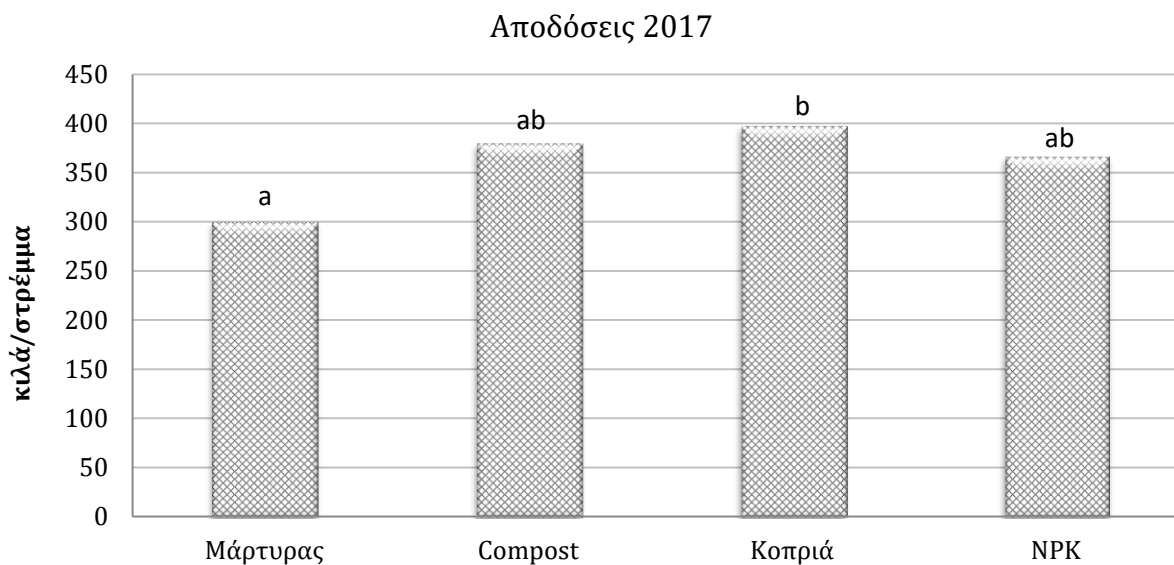
2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	64.702,736	21.567,579	2,932	0,048
Ποικιλία	3	1.032.285,703	344.095,234	46,784	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	50.739,013	5.637,668	0,767	0,647
Υπόλοιπο	32	235.357,242	7.354,914		
Σύνολο	47	1.383.084,694	29.427,334		

Παρόμοια αποτελέσματα έδωσε η ανάλυση και για την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, με στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ποικιλία. Η ποικιλία Virginia παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποδόσεις με 605,8 kg/στρ., ακολούθησαν τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 321 kg/στρ., η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 299 kg/στρ., και τέλος ο Μπασμάς Ξάνθης με 217 kg/στρ. .



Διάγραμμα 4.47. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Ο παράγοντας λίπανση επίσης επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Στις επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες αποδόσεις 397 kg/στρ και 379 kg/στρ, αντίστοιχα, και ακολούθησαν, η επέμβαση με το ανόργανο λίπασμα με 366 kg/στρ. και ο μάρτυρας με 300 kg/στρ. .



Διάγραμμα 4.48. Επίδραση της λίπανσης στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

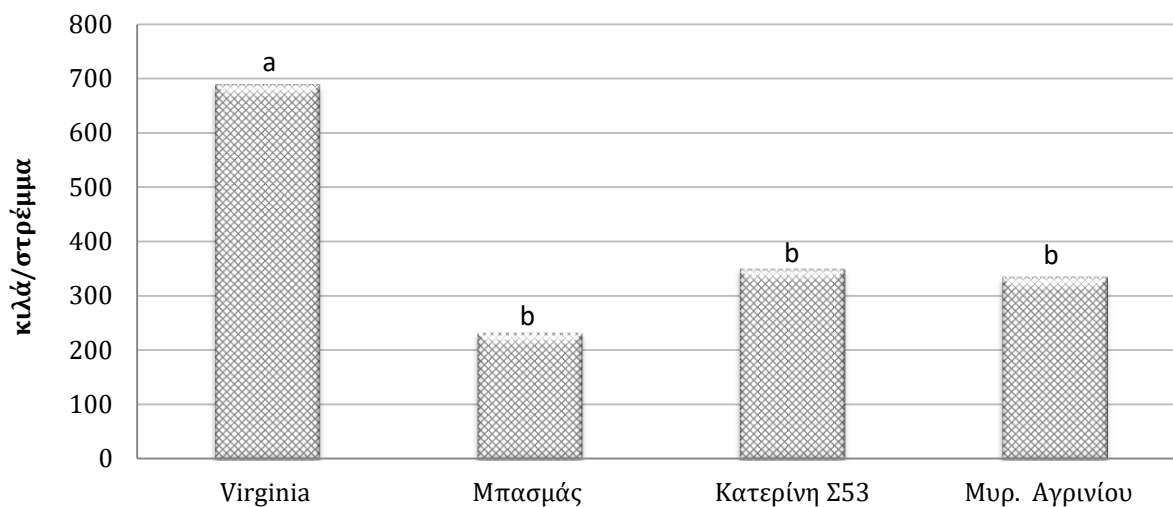
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.4.1.3. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (αποξηραμένα φύλλα kg/στρ.) για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	66.676,084	22.225,361	9,815	<0,001
Ποικιλία	3	1.414.000,085	471.333,362	208,150	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	17.381,073	1.931,230	0,853	0,575
Υπόλοιπο	32	72.460,603	2.264,394		
Σύνολο	47	1.570.517,846	33.415,273		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στις αποδόσεις και κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, μεταξύ των επεμβάσεων και των δύο παραγόντων. Η ποικιλία Virginia παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποδόσεις με 689,5 kg/στρ., ακολούθησαν η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 351 kg/στρ., τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 336,5 kg/στρ., και τέλος ο Μπασμάς Ξάνθης με 233,8 kg/στρ. .

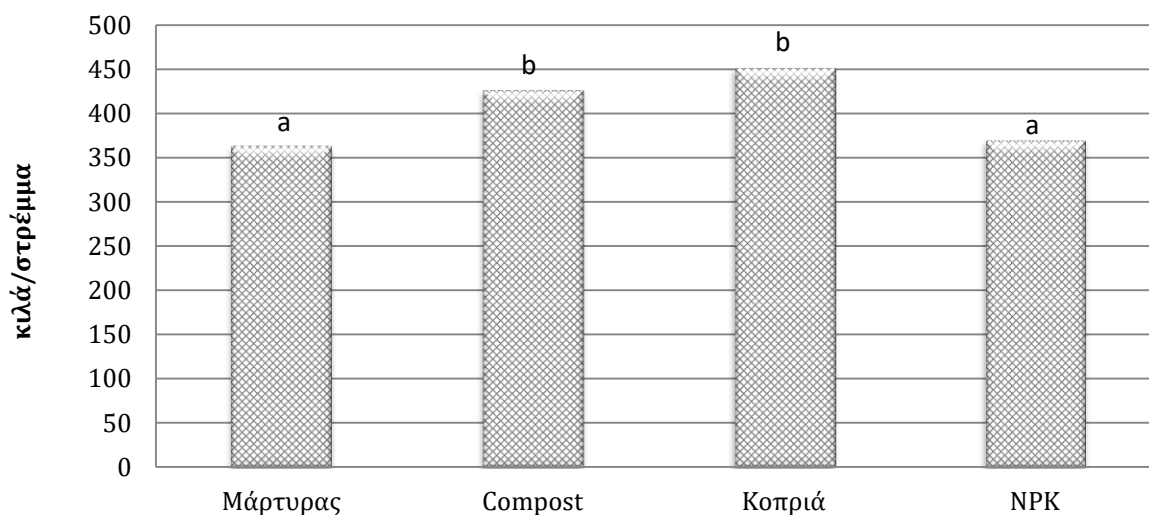
Αποδόσεις 2018



Διάγραμμα 4.49. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Όπως και κατά την δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, στις επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες αποδόσεις 451 kg/στρ και 426 kg/στρ, αντίστοιχα, και ακολούθησαν, η επέμβαση με το ανόργανο λίπασμα με 369 kg/στρ. και ο μάρτυρας με 363 kg/στρ.

Αποδόσεις 2018



Διάγραμμα 4.50. Επίδραση της λίπανσης στις αποδόσεις του καπνού (αποξηραμένα φύλλα, kg/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.4.2. Αποδόσεις (kg νικοτίνης/στρ.)

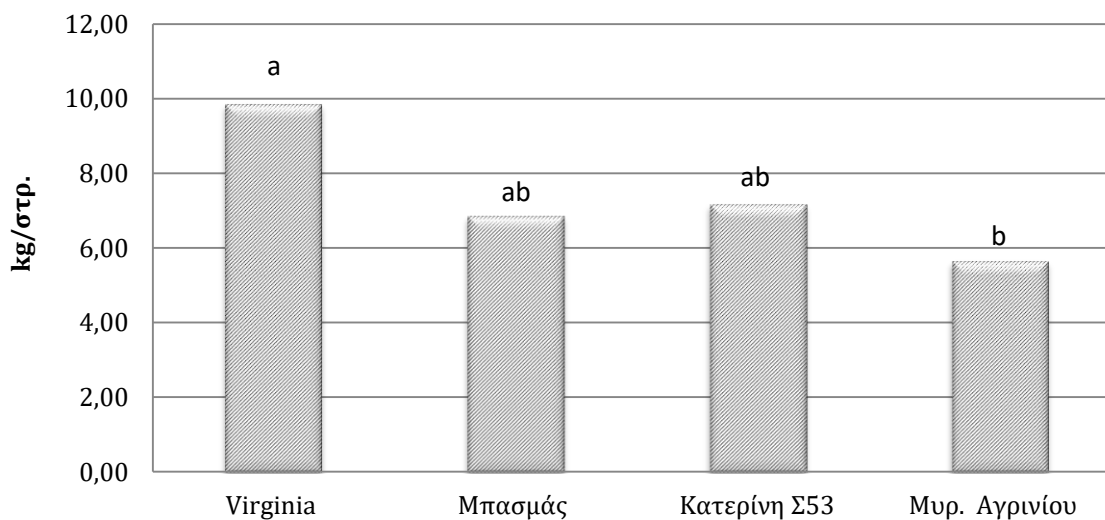
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.28. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	25,458	8,486	0,931	0,437
Ποικιλία	3	113,008	37,669	4,131	0,014
Λίπανση x Ποικιλία	9	26,992	2,999	0,329	0,959
Υπόλοιπο	32	291,767	9,118		
Σύνολο	47	457,225	9,728		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στις αποδόσεις σε νικοτίνη κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία. Ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία Virginia παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποδόσεις με 9,8 kg/στρ., ακολούθησαν η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 7,2 kg/στρ., ο Μπασμάς Ξάνθης με 6,9 kg/στρ. , και τέλος τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 5,6 kg/στρ. .

Αποδόσεις (νικοτίνη) 2016



Διάγραμμα 4.51. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

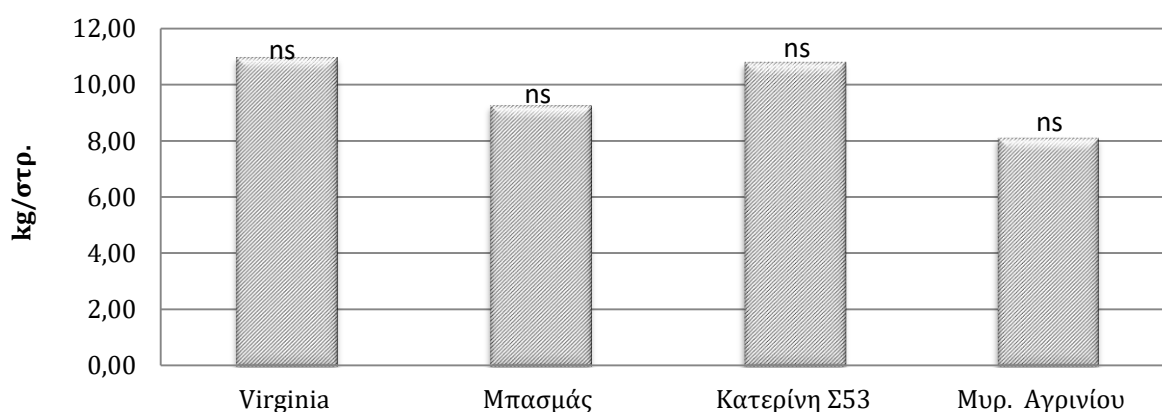
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.29. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	46,682	15,561	1,933	0,144
Ποικιλία	3	65,495	21,832	2,712	0,061
Λίπανση x Ποικιλία	9	129,069	14,341	1,782	0,111
Υπόλοιπο	32	257,585	8,05		
Σύνολο	47	498,831	10,613		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων των παραγόντων λίπανσης και ποικιλίας. Παρόλα αυτά σημειώθηκε σημαντική αύξηση των αποδόσεων σε νικοτίνη και στις τέσσερις ποικιλίες που μελετήθηκαν. Οι μεγαλύτερες αποδόσεις παρατηρήθηκαν στις ποικιλίες Κατερίνη Σ53 με 10,8 kg/στρ. και Βιρτζίνια με 11 kg/στρ., ενώ ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς με 9,2 kg/στρ. και Μυρωδάτα Αγρινίου με 8,1 kg/στρ.

Αποδόσεις (νικοτίνη) 2017



Διάγραμμα 4.52. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

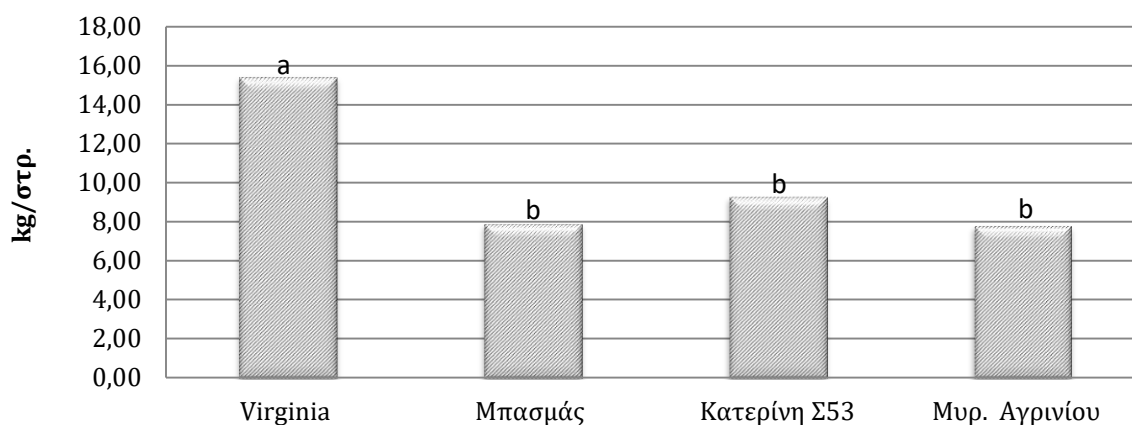
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.30. Ανάλυση διασποράς των αποδόσεων του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	76,809	25,603	1,935	0,144
Ποικιλία	3	466,914	155,638	11,76	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	59,045	6,561	0,496	0,866
Υπόλοιπο	32	423,505	13,235		
Σύνολο	47	1026,274	21,836		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, όσον αφορά στις αποδόσεις σε νικοτίνη κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, εμφανίστηκαν, στον παράγοντα ποικιλία. Ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Η ποικιλία Virginia παρουσίασε τις μεγαλύτερες αποδόσεις με 15 kg/στρ., ακολούθησαν η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 9,3 kg/στρ., ο Μπασμάς Ξάνθης με 7,9 kg/στρ. , και τέλος τα Μυρωδάτα Αγρινίου με 7,6 kg/στρ. .

Αποδόσεις (νικοτίνη) 2018



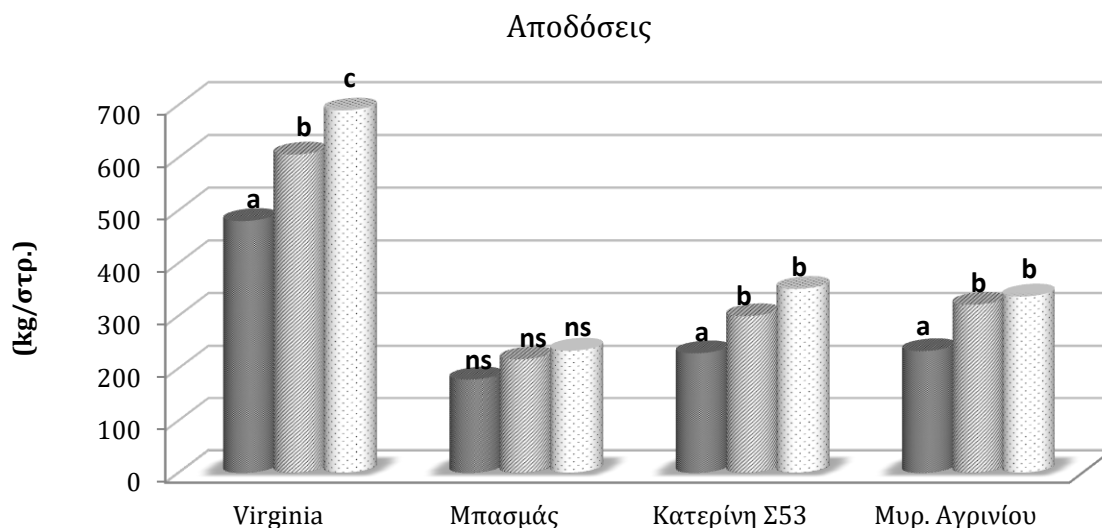
Διάγραμμα 4.53. Επίδραση της ποικιλίας στις αποδόσεις του καπνού (kg νικοτίνης/στρ.) για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.4.3. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης αποδόσεων (ξηρό βάρος/στρ.)

Σύμφωνα με τη συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης των αποδόσεων ως προς τον χρόνο, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του έτους και αλληπίδραση του έτους με τον παράγοντα ποικιλία.

Πίνακας 4.31. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για τις αποδόσεις και η σημαντικότητά τους ($p=0,05$).

Αποδόσεις	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	p
Λίπανση	3	125367,664	41789,221	7,430	<0,001
Ποικιλία	3	3.027.631,41	1.009.210,47	179,426	<0,001
Έτος	2	373.116,80	186.558,40	33,168	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	37.031,98	4.114,66	0,732	0,679
Λίπανση x Έτος	6	38.168,53	6.361,42	1,131	0,350
Ποικιλία x Έτος	6	78.720,01	13.120,00	2,333	0,038
Λίπανση x Ποικιλία x Έτος	18	64.807,86	3.600,44	0,640	0,859
Υπόλοιπο	96	539.967,61	5.624,66		
Σύνολο	143	4.284.811,86	29.963,72		



Διάγραμμα 4.54. Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στις αποδόσεις των φυτών για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια ποικιλία).

4.5. Αποτελέσματα Ποιοτικών Χαρακτηριστικών

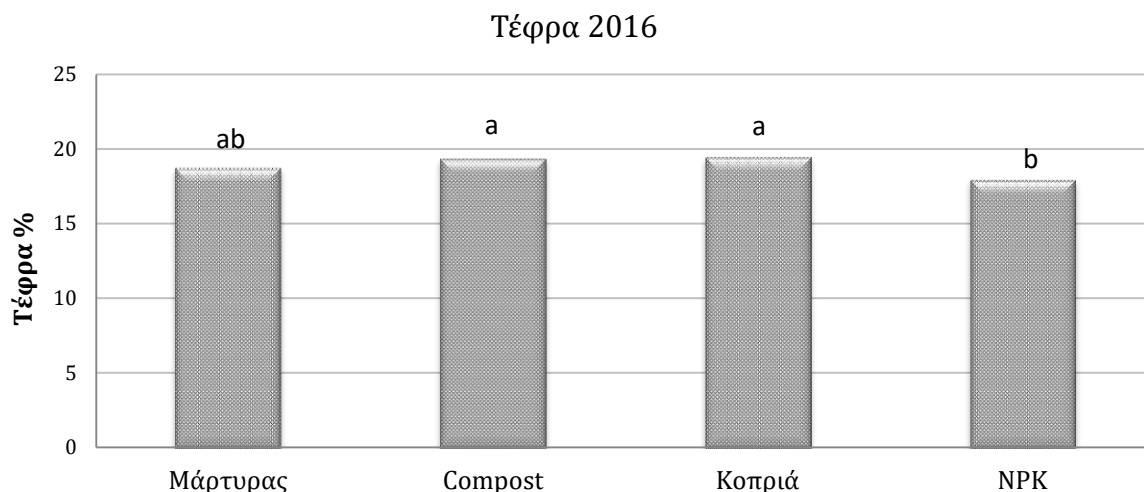
4.5.1. Τέφρα

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.32. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	44,213	14,738	2,862	0,047
Ποικιλία	3	26,341	8,78	1,705	0,186
Λίπανση x Ποικιλία	9	17,364	1,929	0,375	0,939
Υπόλοιπο	32	164,801	5,15		
Σύνολο	47	252,719	5,377		

Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στο ποσοστό τέφρας του φυτικού ιστού, μεταξύ των επεμβάσεων της λίπανσης. Το χαμηλότερο ποσοστό σημειώθηκε στην επέμβαση με ανόργανη λίπανση (17,9%), ενώ το υψηλότερο, στην επέμβαση με κοπριά (19,46%).



Διάγραμμα 4.55. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

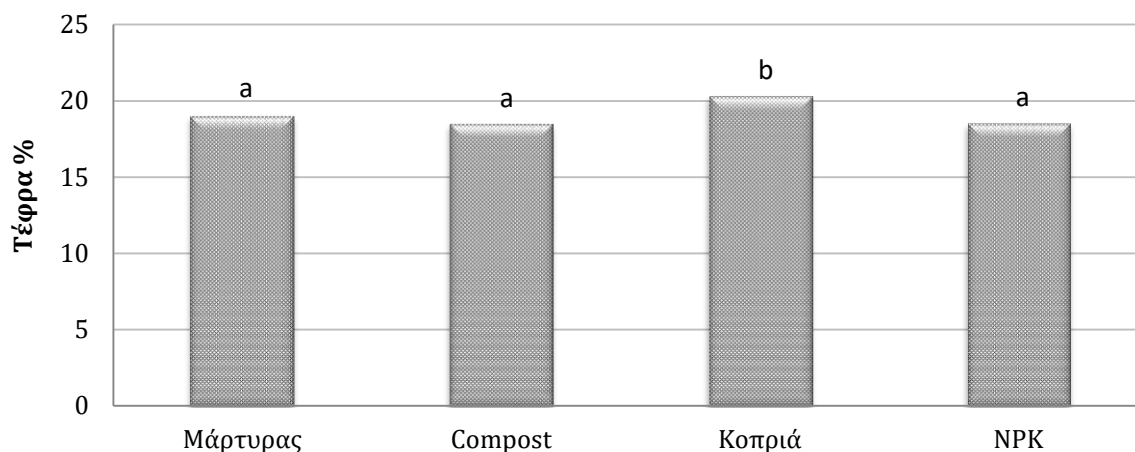
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.33. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	26,214	8,738	3,107	0,036
Ποικιλία	3	16,258	5,419	1,989	0,135
Λίπανση x Ποικιλία	9	17,15	1,906	0,699	0,705
Υπόλοιπο	32	87,197	2,725		
Σύνολο	47	146,819	3,124		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στο ποσοστό τέφρας του φυτικού ιστού, μεταξύ των επεμβάσεων της λίπανσης. Το ποσοστό τέφρας κυμάνθηκε από 18,4%, στην επέμβαση με κομπόστ, έως 20,3%, στην επέμβαση με κοπριά.

Τέφρα 2017



Διάγραμμα 4.56. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

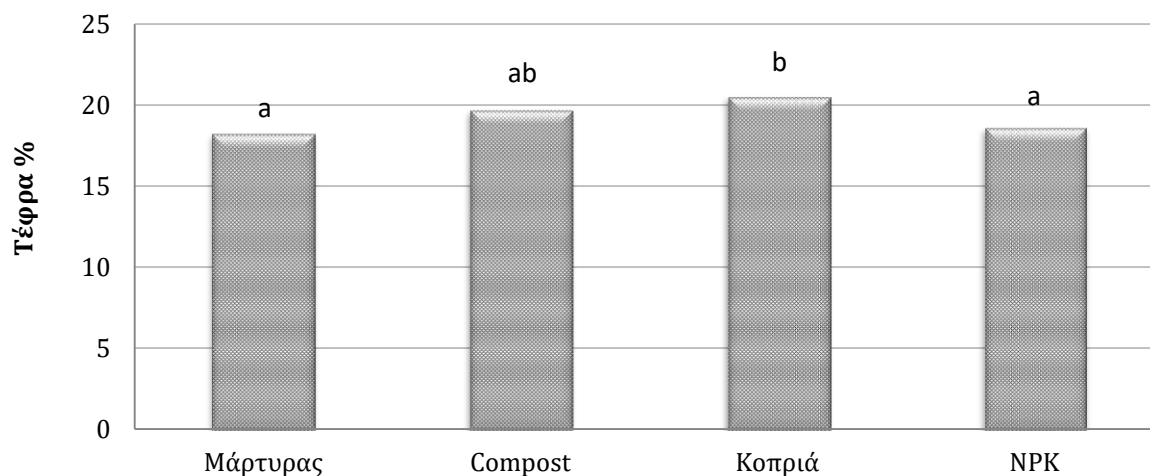
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.34. Ανάλυση διασποράς του ποσοστού τέφρας στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	37,380	12,460	2,897	0,049
Ποικιλία	3	17,994	5,998	1,394	0,262
Λίπανση x Ποικιλία	9	42,539	4,727	1,099	0,391
Υπόλοιπο	32	137,653	4,302		
Σύνολο	47	235,566	5,012		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στο ποσοστό τέφρας του φυτικού ιστού, μεταξύ των επεμβάσεων της λίπανσης. Το ποσοστό τέφρας κυμάνθηκε από 18,2%, στο μάρτυρα και 18,6% στην επέμβαση με ανόργανη λίπανση, έως 19,7% στην επέμβαση με κομπόστ και 20,5%, στην επέμβαση με κοπριά.

Τέφρα 2018



Διάγραμμα 4.57. Επίδραση της λίπανσης στο ποσοστό τέφρας των φύλλων του καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

4.5.2. Περιεκτικότητα Φωσφόρου στον φυτικό ιστό

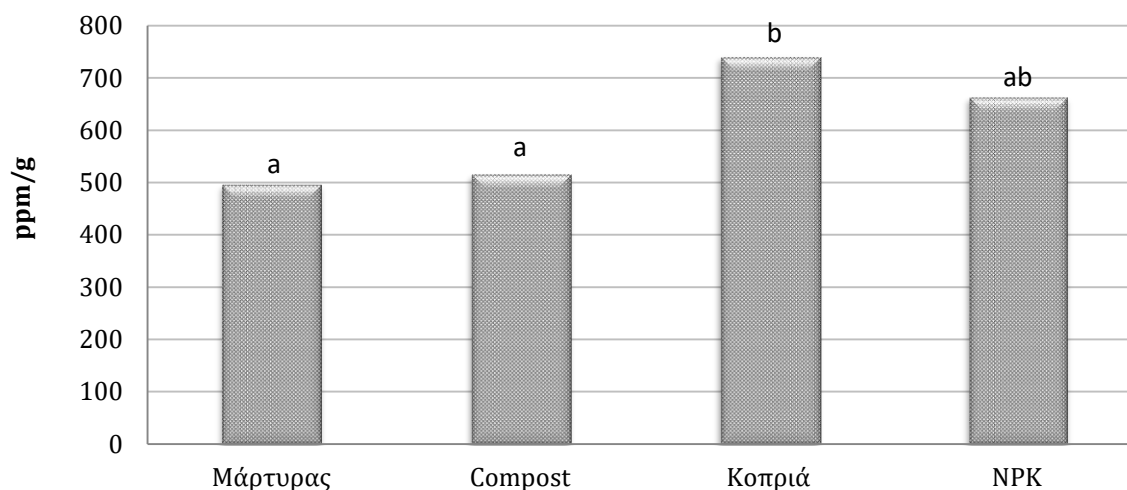
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.35. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	496.214,556	165.404,852	3,830	0,019
Ποικιλία	3	281.478,437	93.826,146	2,172	0,111
Λίπανση x Ποικιλία	9	332.357,312	36.928,590	0,855	0,573
Υπόλοιπο	32	1.382.038,445	43.188,701		
Σύνολο	47	2.492.088,751	53.023,165		

Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε φώσφορο του φυτικού ιστού, μεταξύ των επεμβάσεων της λίπανσης. Οι χαμηλότερες τιμές σημειώθηκαν στις επεμβάσεις του μάρτυρα και του κομπόστ, με 496 ppm/g και 515 ppm/g, αντίστοιχα, ενώ οι υψηλότερες, στις επεμβάσεις με ανόργανη λίπανση και κοπριά, με 663 ppm/g και 740 ppm/g, αντίστοιχα.

Φωσφορικά φυτικού ιστού 2016



Διάγραμμα 4.58. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

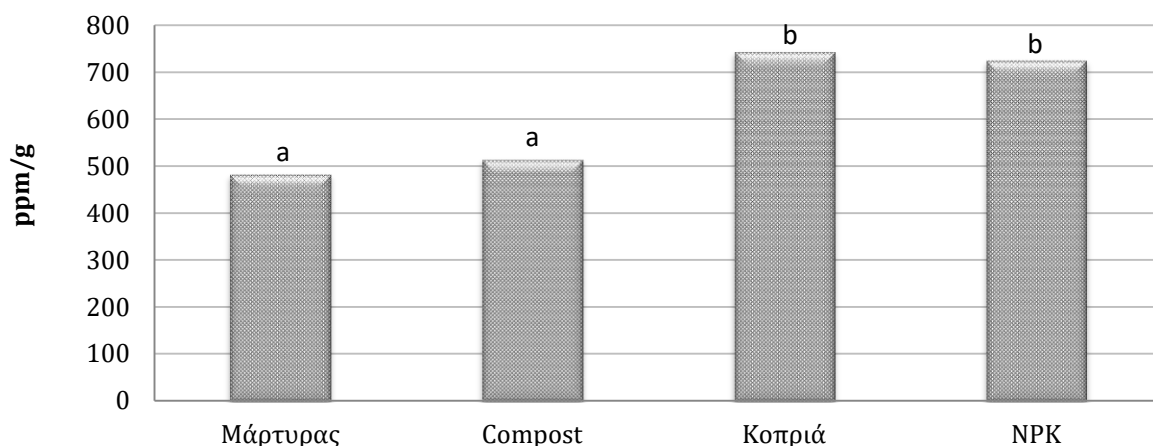
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.36. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	670.736,389	223.578,796	4,778	0,007
Ποικιλία	3	160.781,261	53.593,754	1,145	0,346
Λίπανση x Ποικιλία	9	481.980,561	53.553,396	1,144	0,362
Υπόλοιπο	32	1.497.502,517	46.796,954		
Σύνολο	47	2.811.000,727	59.808,526		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στο ποσοστό φωσφορικών του φυτικού ιστού, μεταξύ των επεμβάσεων της λίπανσης. Η περιεκτικότητα σε φώσφορο κυμάνθηκε από 483 ppm/g, στο μάρτυρα έως 743 ppm/g στην επέμβαση με κοπριά.

Φωσφορικά φυτικού ιστού 2017



Διάγραμμα 4.59. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

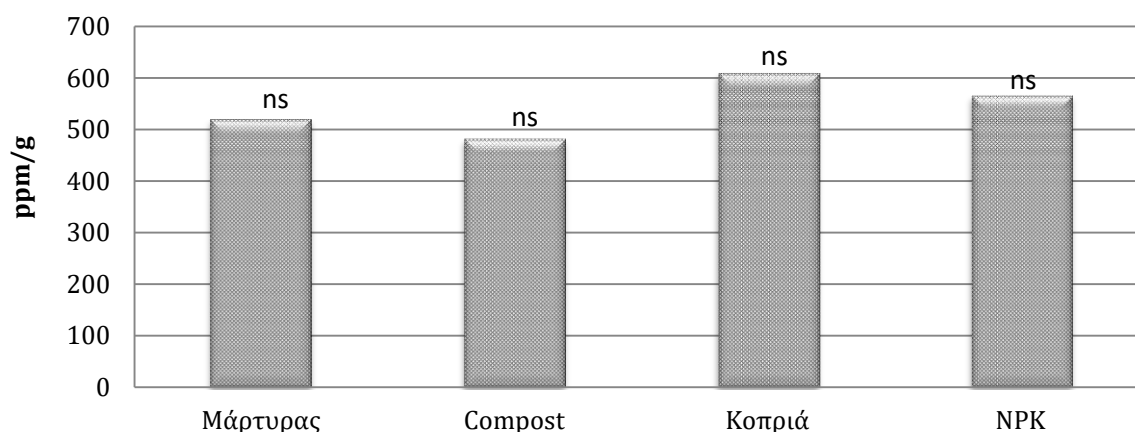
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.37. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	108.482,731	36.160,910	1,306	0,289
Ποικιλία	3	145.096,244	48.365,415	1,747	0,177
Λίπανση x Ποικιλία	9	188.049,388	20.894,376	0,755	0,658
Υπόλοιπο	32	886.082,011	27.690,063		
Σύνολο	47	1.327.710,374	28.249,157		

Στατιστικά σημαντικές διαφορές, κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, δεν εμφανίστηκαν, στους παράγοντες λίπανση και ποικιλία. Η περιεκτικότητα σε φώσφορο στον παράγοντα λίπανση κυμάνθηκε από 482 ppm/g, στην επέμβαση με κομπόστ, έως 608 ppm/g στην επέμβαση με κοπριά.

Φωσφορικά φυτικού ιστού 2018



Διάγραμμα 4.60. Επίδραση της λίπανσης στην περιεκτικότητα φωσφόρου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns: not significant).

4.5.3. Ολικό Άζωτο φυτικού ιστού

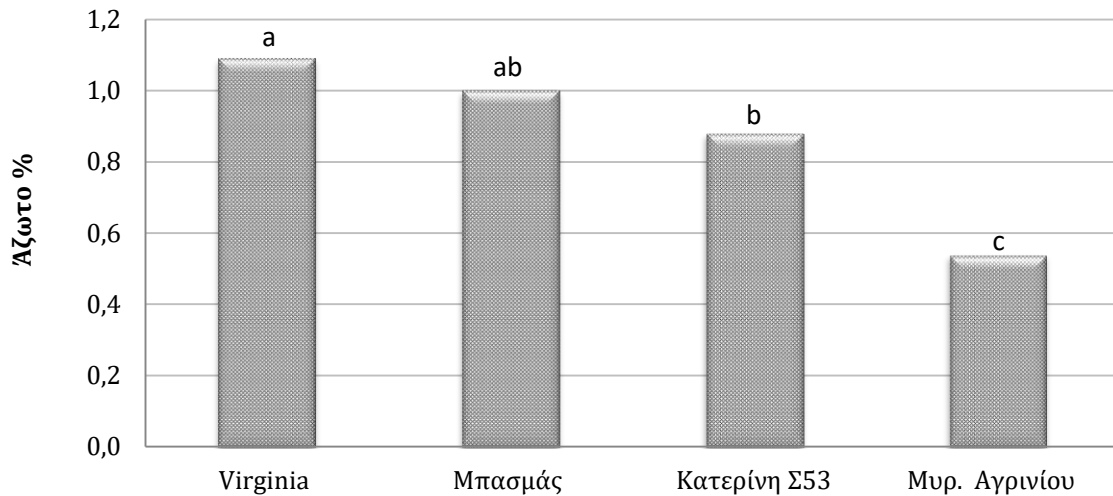
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.38. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	1,312	0,437	1,461	0,244
Ποικιλία	3	2,660	0,887	2,963	0,047
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,388	0,154	0,515	0,852
Υπόλοιπο	32	9,578	0,299		
Σύνολο	47	14,938	0,318		

Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε άζωτο του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου παρατηρήθηκε στις ποικιλίες Virginia με 1,09% και Μπασμάς με 1% , ακολούθησαν οι ποικιλίες, Κατερίνη Σ53 με 0,88% και τέλος, τα Μυρωδάτα Αργινίου με 0,82%.

Άζωτο φυτικού ιστού 2016



Διάγραμμα 4.61. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

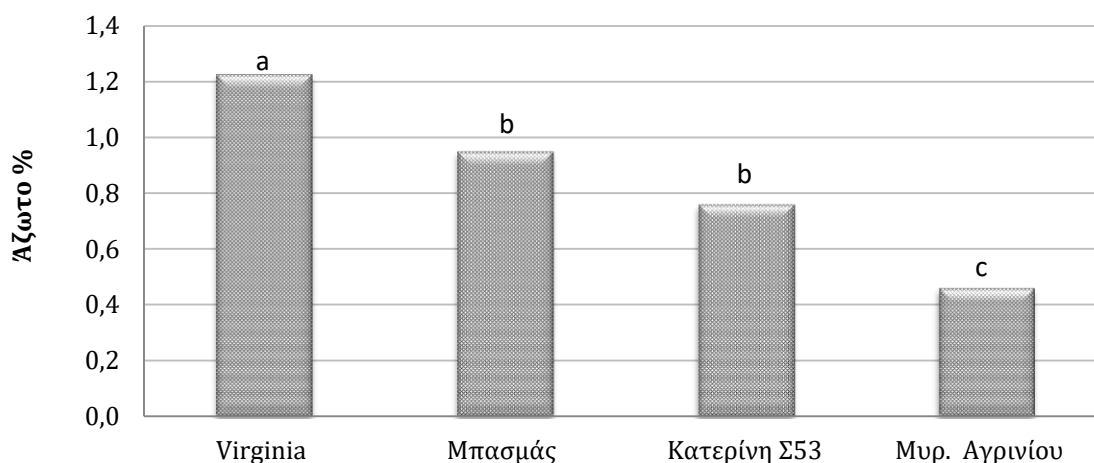
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.39. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	1,023	0,341	1,200	0,326
Ποικιλία	3	22,704	7,568	26,623	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	2,033	0,226	0,795	0,623
Υπόλοιπο	32	9,096	0,284		
Σύνολο	47	34,856	0,742		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε άζωτο του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 1,2%, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς Ξάνθης με 0,95%, Κατερίνη Σ53 με 0,76%, και τέλος, η ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου με 0,46%.

Άζωτο ιστού 2017



Διάγραμμα 4.62. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

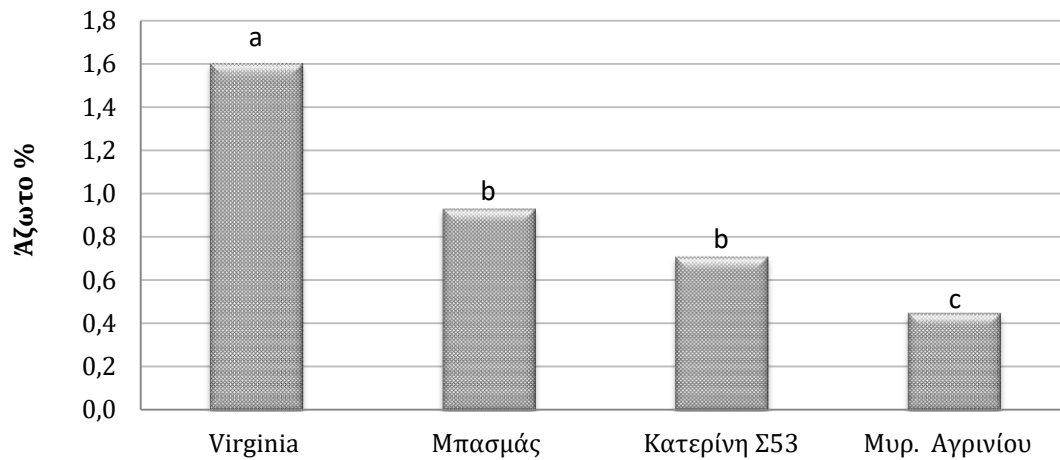
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.40. Ανάλυση διασποράς της περιεκτικότητας αζώτου στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι κόκκινοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	1,710	0,570	2,584	0,070
Ποικιλία	3	12,613	4,204	19,059	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,992	0,110	0,500	0,863
Υπόλοιπο	32	7,059	0,221		
Σύνολο	47	22,374	0,476		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε άζωτο του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών. Ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό αζώτου παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 1,6%, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς Ξάνθης με 0,93%, Κατερίνη Σ53 με 0,71%, και τέλος, η ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου με 0,45%.

Άζωτο ιστού 2018



Διάγραμμα 4.63. Επίδραση της ποικιλίας στην περιεκτικότητα αζώτου των φύλλων καπνού για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

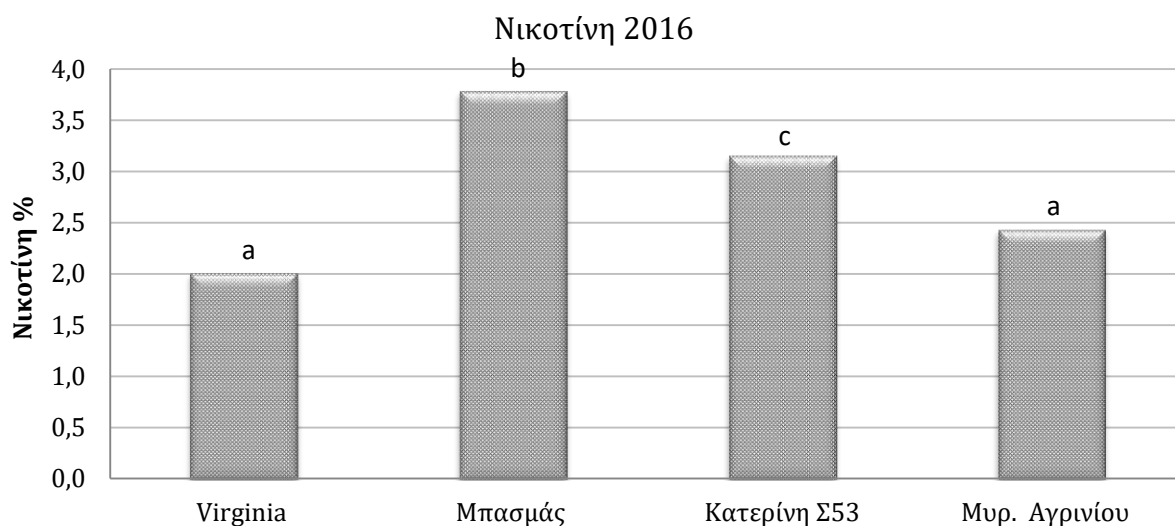
4.5.4. Νικοτίνη

Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.41. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,022	0,007	0,021	0,996
Ποικιλία	3	43,558	14,519	41,874	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	3,170	0,352	1,016	0,449
Υπόλοιπο	32	11,096	0,347		
Σύνολο	47	57,845	1,231		

Όσον αφορά το ποσοστό νικοτίνης στα φύλλα του καπνού, κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε στατιστικά σημαντικά. Το μικρότερο ποσοστό νικοτίνης παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 2%, ενώ μεγαλύτερα ποσοστά σημειώθηκαν στις ποικιλίες Μυρωδάτα Αργινίου με 2,4%, η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 3,1% και τέλος ο Μπασμάς Ξάνθης με 3,8%.



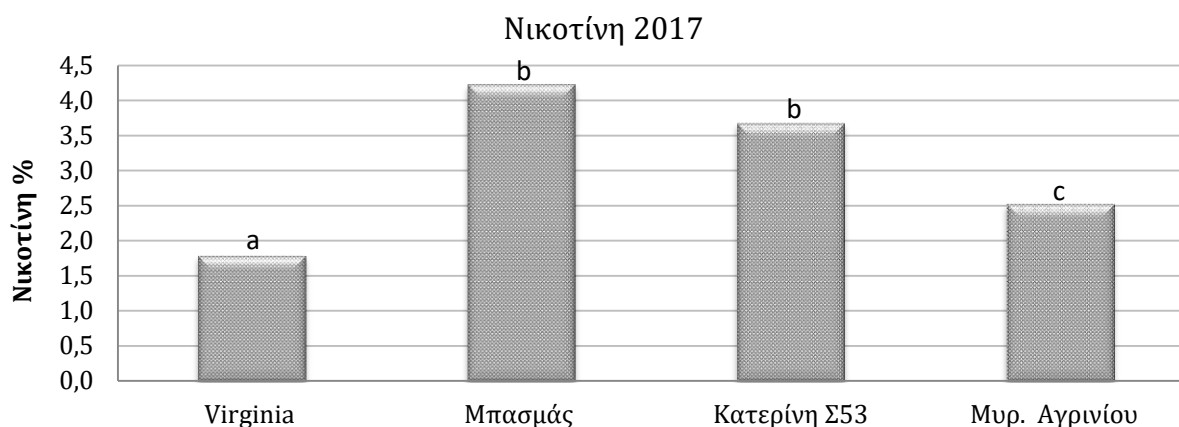
Διάγραμμα 4.64. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.42. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	ΒΕ	ΑΤ	ΜΤ	F	P
Λίπανση	3	0,227	0,076	0,274	0,844
Ποικιλία	3	22,119	7,373	26,688	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	0,973	0,108	0,391	0,930
Υπόλοιπο	32	8,840	0,276		
Σύνολο	47	32,159	0,684		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο, επίσης, μόνο ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε στατιστικά σημαντικά στο ποσοστό νικοτίνης στα φύλλα. Το μικρότερο ποσοστό νικοτίνης παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 1,8%, ενώ μεγαλύτερα ποσοστά σημειώθηκαν στις ποικιλίες Μυρωδάτα Αργινίου με 2,5%, η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 3,7% και τέλος ο Μπασμάς Ξάνθης με 4,2%.



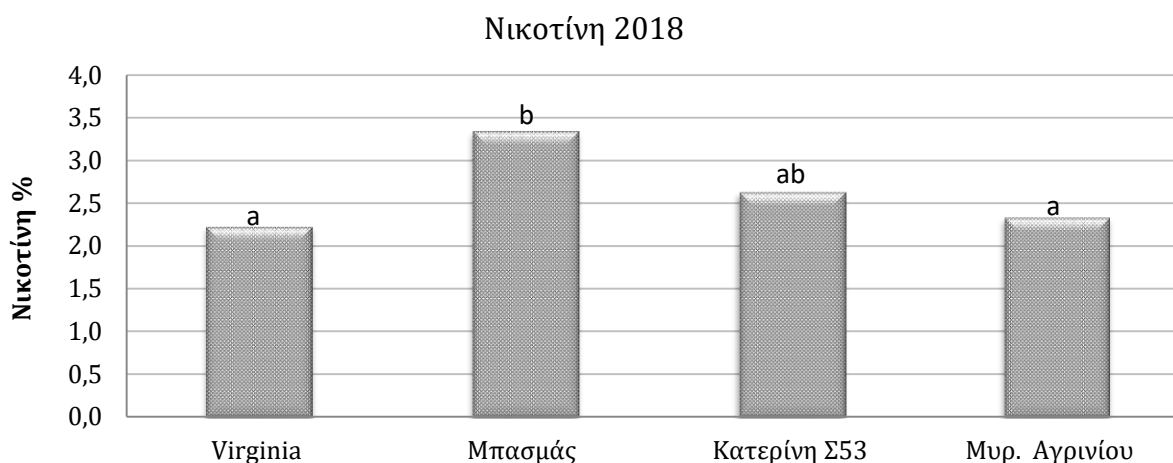
Διάγραμμα 4.65. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.43. Ανάλυση διασποράς της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,883	0,294	0,578	0,634
Ποικιλία	3	9,043	3,014	5,918	0,002
Λίπανση x Ποικιλία	9	3,094	0,344	0,675	0,725
Υπόλοιπο	32	16,300	0,509		
Σύνολο	47	29,320	0,624		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, ο παράγοντας ποικιλία επέδρασε στατιστικά σημαντικά, στο ποσοστό νικοτίνης στα φύλλα, ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές. Τα μικρότερα ποσοστά νικοτίνης παρατηρήθηκαν στις ποικιλίες Virginia, 2,2% και Μυρωδάτα Αργινίου με 2,3%, ενώ μεγαλύτερα ποσοστά, σημειώθηκαν στις ποικιλίες Κατερίνη Σ53 με 2,6% και Μπασμάς Ξάνθης με 3,3%.



Διάγραμμα 4.66. Επίδραση της ποικιλίας στη νικοτίνη για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.5.5. Σάκχαρα

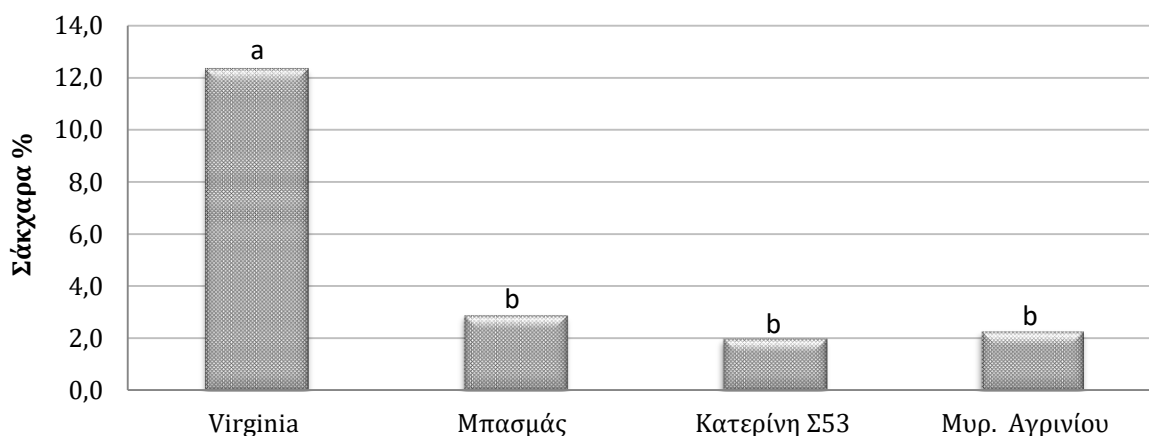
Αποτελέσματα 1^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.44. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2016, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2016	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	4,006	1,335	1,682	0,190
Ποικιλία	3	897,097	299,032	376,767	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	2,569	0,285	0,360	0,946
Υπόλοιπο	32	25,398	0,794		
Σύνολο	47	929,069	19,767		

Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό σακχάρων παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 12,3%, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς Ξάνθης με 2,9%, Μυρωδάτα Αργινίου με 2,3% και τέλος, η ποικιλία Κατερίνη Σ53 με 2%.

Σάκχαρα 2016



Διάγραμμα 4.67. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2016 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

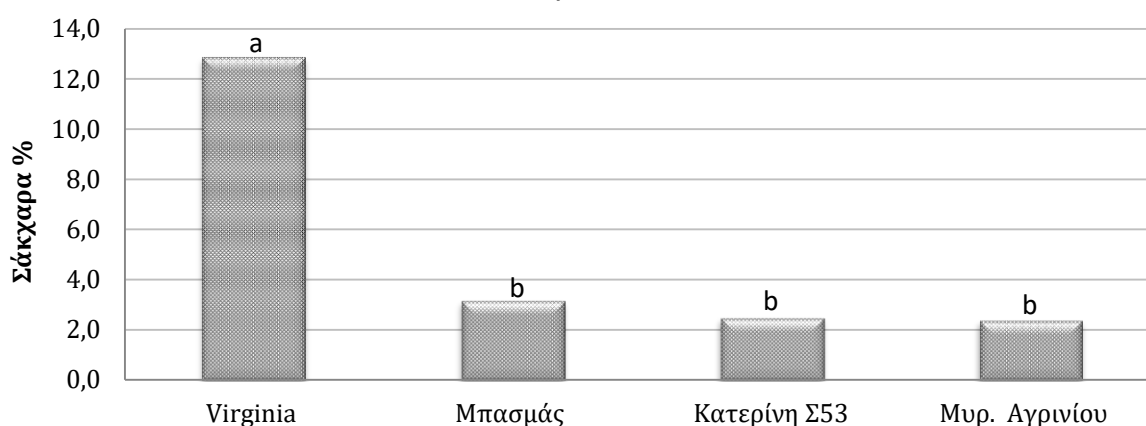
Αποτελέσματα 2^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.45. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2017, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2017	BE	AT	MT	F	P
Λίπανση	3	0,490	0,163	0,337	0,799
Ποικιλία	3	936,357	312,119	643,448	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	2,710	0,301	0,621	0,770
Υπόλοιπο	32	15,522	0,485		
Σύνολο	47	955,080	20,321		

Κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό σακχάρων παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 12,8%, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς Ξάνθης με 3,2%, Κατερίνη Σ53 με 2,5% και τέλος, Μυρωδάτα Αγρινίου με 2,4%.

Σάκχαρα 2017



Διάγραμμα 4.68. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2017 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

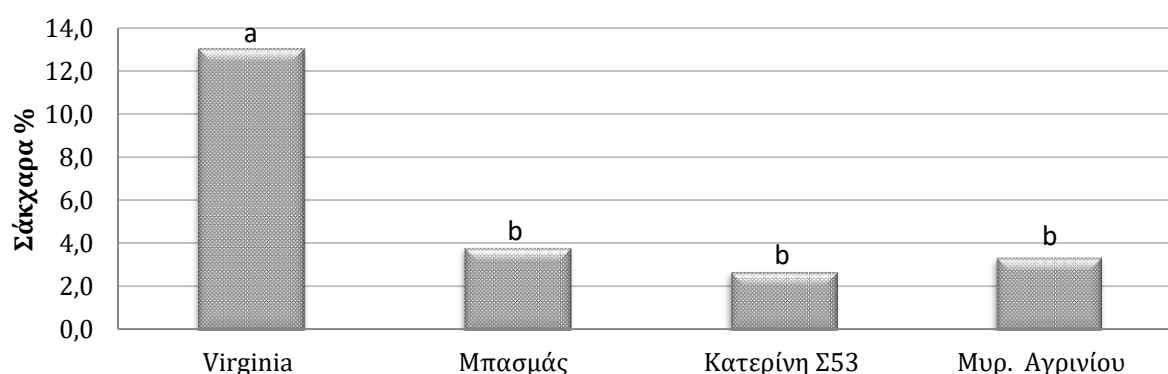
Αποτελέσματα 3^{ης} καλλιεργητικής περιόδου

Πίνακας 4.46. Ανάλυση διασποράς των σακχάρων στα φύλλα του καπνού για το έτος 2018, με επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ (οι έντονοι αριθμοί δείχνουν τις στατιστικά σημαντικές διαφορές).

2018	BE	AT	MT	F	p
Λίπανση	3	18,479	6,160	2,634	0,067
Ποικιλία	3	860,513	286,838	122,651	<0,001
Λίπανση x Ποικιλία	9	7,570	0,841	0,360	0,946
Υπόλοιπο	32	74,837	2,339		
Σύνολο	47	961,399	20,455		

Κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα του φυτικού ιστού, μεταξύ των ποικιλιών ενώ ο παράγοντας λίπανση δεν επέδρασε στατιστικώς σημαντικά. Το μεγαλύτερο ποσοστό σακχάρων παρατηρήθηκε στην ποικιλία Virginia, 13%, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς Ξάνθης με 3,8%, Μυρωδάτα Αγρινίου με 3,3% και τέλος, Κατερίνη Σ53 με 2,7%.

Σάκχαρα 2018



Διάγραμμα 4.69. Επίδραση της ποικιλίας στα σάκχαρα για το έτος 2018 (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$).

4.5.6. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού

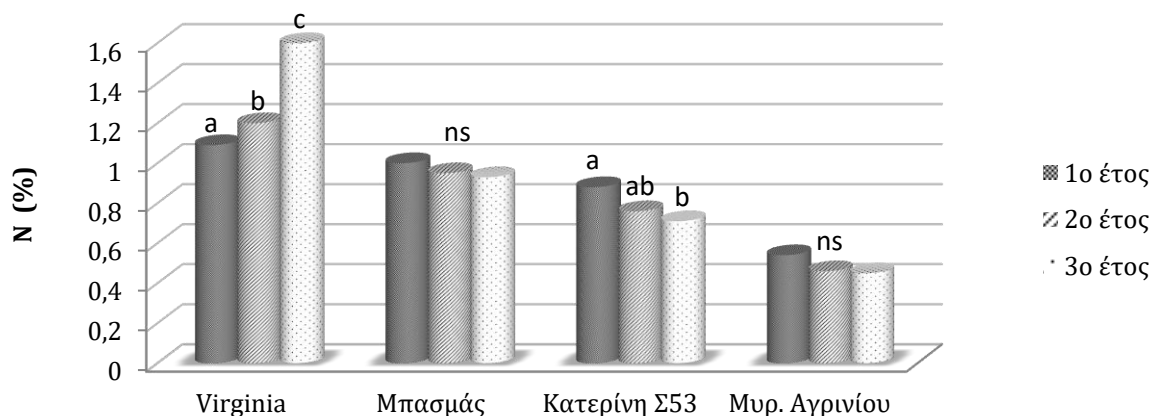
Πίνακας 4.47. Συνδυασμένη ανάλυση διακύμανσης ως προς το χρόνο (τιμές F) για την τέφρα, το ολικό άζωτο, τα φωσφορικά, τα σάκχαρα και τη νικοτίνη που περιέχονται στον φυτικό ιστό, και η σημαντικότητά τους (*, : σημαντικότητα για $p=0,05$, **, : σημαντικότητα για $p=0,01$, ns : μη σημαντικότητα).

	ΒΕ	τέφρα	ολικό άζωτο	φωσφορικά	σάκχαρα	νικοτίνη
Λίπανση	3	8,307**	4,172*	2,394 ns	2,122 ns	0,601 ns
Ποικιλία	3	2,453 ns	36,366**	3,68*	743,984**	58,601**
Έτος	2	0,114 ns	11,777*	1,828 ns	7,319**	5,603**
Λίπανση x Ποικιλία	9	1,735 ns	1,340 ns	1,710 ns	0,710 ns	0,859 ns
Λίπανση x Έτος	6	0,274 ns	0,537 ns	0,722 ns	1,515 ns	0,199 ns
Ποικιλία x Έτος	6	0,262 ns	2,515*	0,656 ns	0,370 ns	3,693**
Λίπανση x Ποικιλία x Έτος	18	0,187 ns	0,209 ns	0,565 ns	0,237 ns	0,636 ns
Υπόλοιπο	96					
Σύνολο	143					

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τη συνδυασμένη ανάλυση (Πίνακας 4.5.6.1.) παρατηρήθηκε στατιστικώς υψηλά σημαντική επίδραση του έτους στις μεταβλητές ολικό άζωτο, σάκχαρα και νικοτίνη, καθώς και στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση του έτους με την ποικιλία στο ολικό άζωτο και τη νικοτίνη.

Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.70.), αναφορικά με το ολικό άζωτο, η συνδυασμένη ανάλυση ως προς το χρόνο, έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές περιεκτικότητας αζώτου στις ποικιλίες Βιρτζίνια και Κατερίνη Σ53. Σημειώθηκε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας από το πρώτο έτος, στο δεύτερο και το τρίτο, για την ποικιλία Βιρτζίνια, και μείωση του μέσου όρου του αζώτου για την ποικιλία Κατερίνη Σ53, ενώ στις ποικιλίες Μπασμά και Μυρωδάτα Αγρινίου, η περιεκτικότητα σε άζωτο δεν επηρεάστηκε αν και είχε φθίνουσα τάση.

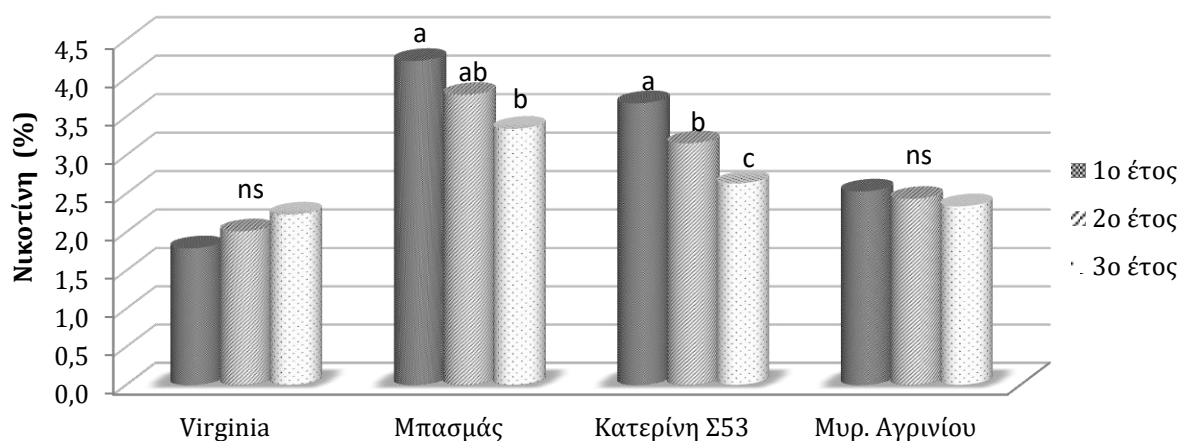
Ολικό άζωτο



Διάγραμμα 4.5.6.1. . Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στην περιεκτικότητα σε ολικό άζωτο των φύλλων του καπνού για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια ποικιλία).

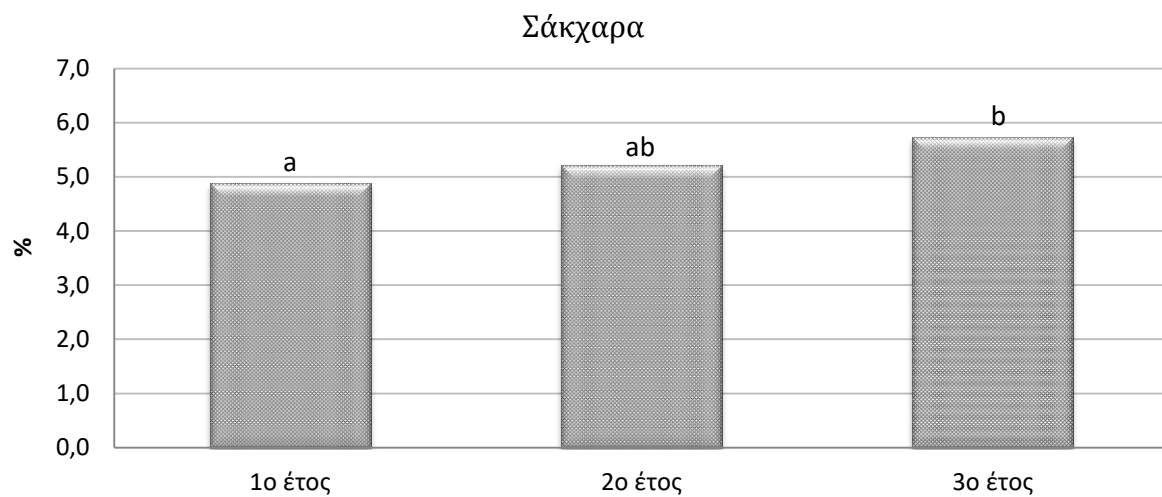
Αναφορικά με την αλληλεπίδραση του χρόνου με την ποικιλία, στην περιεκτικότητα της νικοτίνης, και εδώ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές από το πρώτο έτος, στο δεύτερο και το τρίτο, παρουσιάζοντας παρόμοια τάση με αυτή του αζώτου. Στο Διάγραμμα 4.5.6.2., παρατηρούμε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική μείωση της περιεχόμενης νικοτίνης στις ποικιλίες Μπασμάς και Κατερίνη Σ53, ενώ η ποικιλία Βιρτζίνια παρουσίασε αύξηση της νικοτίνης σε βάθος χρόνου αλλά μη στατιστικά σημαντική.

Νικοτίνη



Διάγραμμα 4.5.6.2. Αλληλεπίδραση της ποικιλίας και του έτους στην περιεκτικότητα σε νικοτίνη των φύλλων του καπνού για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια ποικιλία).

Τέλος, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε σάκχαρα στο πέρας της τριετίας, όπως παρατηρούμε στο παρακάτω διάγραμμα (Διάγραμμα 4.5.6.3.)



Διάγραμμα 4.5.6.3. Επίδραση του έτους στην περιεκτικότητα σε σάκχαρα των φύλλων του καπνού για την τριετία διεξαγωγής του πειράματος (τα διαφορετικά γράμματα σημαίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές για επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$, ns= non significant, μεταξύ των ετών στην ίδια ποικιλία).

5. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Για την ολοκληρωμένη αξιολόγηση της επίδρασης των διαφορετικών συστημάτων λίπανσης και των ποικιλιών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καπνού, είναι απαραίτητη η ανάλυση και ερμηνεία των σχέσεων μεταξύ των ιδιοτήτων εδάφους, των μορφολογικών χαρακτηριστικών και τέλος των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καπνού, που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο.

Ο καπνός αντλεί την αξία του από τις μοναδικές φυσικές και χημικές ιδιότητες των φύλλων. Αυτές οι ιδιότητες, πολλές από τις οποίες δεν υπόκεινται σε ποσοτικό ορισμό, είναι το αποτέλεσμα μιας αλληλεπίδρασης μεταξύ γενετικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Η θρέψη του φυτού είναι ένας από τους κύριους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του και που υπόκειται σε αυξημένο έλεγχο καθώς αποκτώνται νέες πληροφορίες. Η ποσότητα κάθε θρεπτικού συστατικού, που απορροφάται από μια καλλιέργεια καπνού σε χωράφια, ποικίλλει σημαντικά και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την κατηγορία του καπνού, τις πρακτικές λίπανσης, το επίπεδο θρεπτικών ουσιών στο έδαφος, τον αριθμό των φυτών ανά στρέμμα, τις βροχοπτώσεις και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει μια ερμηνευτική ανασκόπηση των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων από την έρευνα σχετικά με τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης του φυτού, την επίδρασή τους στην ποιότητα των φύλλων και την απόκρισή του στις διακυμάνσεις στο θρεπτικό περιβάλλον.

5.1. Σχέσεις μεταξύ ιδιοτήτων εδάφους

5.1.1. Οργανική ουσία – Εδαφικό πορώδες

Τα παραγωγικά εδάφη είναι υψίστης σημασίας για την ανθρώπινη ευημερία καθώς η γεωργία παράγει το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων που καταναλώνουμε. Η οργανική ουσία συμβάλλει στη γονιμότητα του εδάφους διατηρώντας τη διαθέσιμη υγρασία και τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά ή προωθώντας το σχηματισμό της δομής του εδάφους, με τη δημιουργία συσσωματωμάτων και την αύξηση του πορώδους, αλλά καταναλώνεται επίσης στη διαδικασία της διαχείρισης του αρόσιμου εδάφους καθώς απελευθερώνει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά όταν αποσυντίθεται.

Οι ευεργετικές επιδράσεις της οργανικής ουσίας στις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους είναι γνωστές εδώ και πολλά χρόνια. Η διατήρηση ή αύξηση των επιπέδων οργανικής ουσίας του εδάφους μπορεί να βελτιώσει τη συσσώρευση σωματιδίων εδάφους, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε καλύτερη αποστράγγιση, διήθηση και κλίση. Η οργανική ουσία δρα ως μια μορφή αργής απελευθέρωσης θρεπτικών συστατικών της καλλιέργειας και αποτελεί πηγή ενέργειας και θρεπτικών στοιχείων για τα

μικρόβια του εδάφους. Οι ποσότητες οργανικής ουσίας εδάφους επηρεάζονται από πρακτικές οργάνωσης, εναλλαγές καλλιεργειών, χρήση κοπριάς και εισροές οργανικών υπολειμμάτων (Rosen and Allan, 2007).

Η αναγνώριση της δυναμικής συνέχειας των προϊόντων αποσύνθεσης υποδηλώνει ότι η διαχείριση του κύκλου εργασιών της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πιο σημαντική από τη συσσώρευση μη παραγωγικών αποθέσεων οργανικής ύλης και αυτό απαιτεί μια μηχανιστική κατανόηση των αλληλεπιδράσεων με τα μέταλλα, την κίνηση σε περιοχές χαμηλότερης ανοργανοποίησης και τη διαμεσολάβηση της μικροβιακής δραστηριότητας (Trumbore, 1997). Η ανάγκη διαχείρισης του κύκλου εργασιών, του όγκου των οργανικών λιπασμάτων και της παροχής θρεπτικών ουσιών για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητας του εδάφους δικαιολογεί περαιτέρω έρευνα για την εξισορρόπηση τόσο των αποθεμάτων όσο και των ροών οργανικής ουσίας.

Η ένταξη λιπασμάτων οργανικής προέλευσης (φυτική-ζωική) και χλωρής λίπανσης στα συστήματα καλλιέργειας, βιολογικά και συμβατικά, κρίνεται απαραίτητη για τη διατήρηση και αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ουσία.

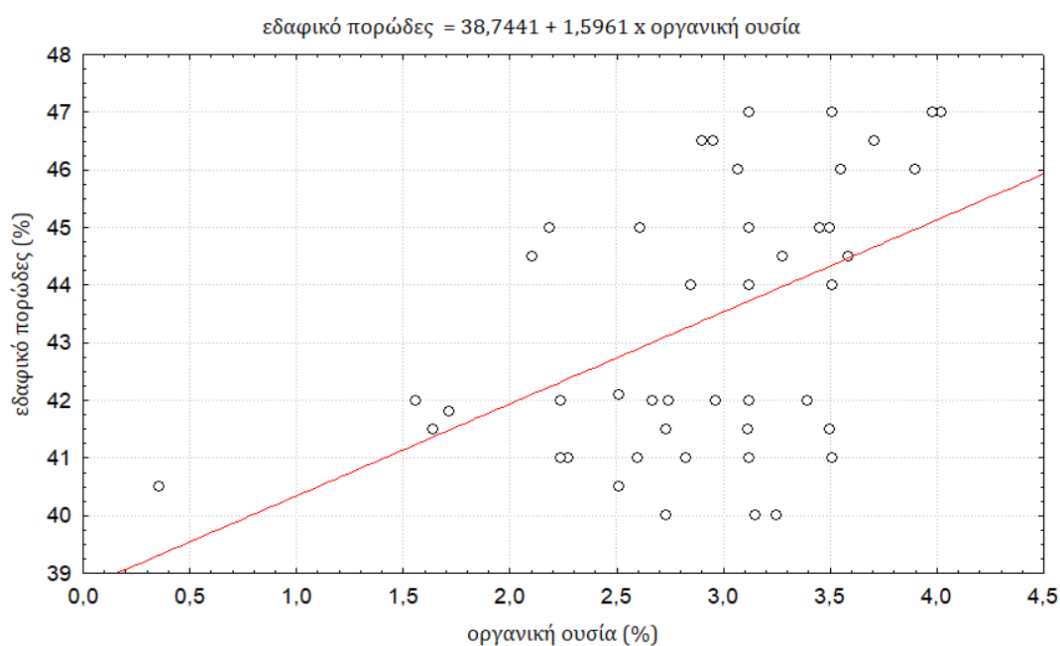
Στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε την τριετία 2016-2018, η επίδραση της χλωρής λίπανσης με βίκιο σε όλη την έκταση της καλλιέργειας καπνού, και των οργανικών λιπάνσεων που εφαρμόστηκαν αναπειραματικό τεμάχιο, στην περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, ήταν εμφανής. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μικρή αύξηση της περιεκτικότητας σε οργανική ουσία κατά 1,7% για την επέμβαση με ανόργανο λίπασμα και 2,7% για τον μάρτυρα, ενώ στις επεμβάσεις με κομπόστ και κοπριά η αύξηση που σημειώθηκε ήταν 16% και 23%, αντίστοιχα.

Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι τα ανόργανα λιπάσματα αζώτου μειώνουν τα αποθέματα της οργανικής ουσίας του εδάφους επειδή επιταχύνουν την ανοργανοποίησή της σε αντίθεση με τα οργανικά λιπάσματα (Mulvaney et al., 2009; Russell et al., 2009). Το συνθετικό λίπασμα μπορεί να επηρεάσει θετικά την ανοργανοποίηση μέσω πολλών άμεσων και έμμεσων οδών, αλλά κυρίως μεταβάλλοντας τη μικροβιακή δραστηριότητα και τη βιομάζα. Η στοιχειομετρική θεωρία αποσύνθεσης προβλέπει ότι εάν το άζωτο είναι περιορισμένος πόρος, η προσθήκη ανόργανων μορφών αζώτου θα αυξήσουν τη μικροβιακή βιομάζα και τη δραστηριότητα αυξάνοντας έτσι την ανοργανοποίηση (Sterner και Elser, 2002).

Παρόμοια πορεία με την οργανική ουσία παρουσίασε το εδαφικό πορώδες, εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό του εδάφους. Βλέπουμε πιθανή συνεργιστική επίδραση της χλωρής λίπανσης και των οργανικών λιπασμάτων, στη σημαντική αύξηση οργανικής ουσίας και εδαφικού πορώδους στις επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ. Όπως αναφέρει και ο Franzluebbers, 2011, ο εμπλουτισμός επιφάνειας σε οργανική ουσία εδάφους και η βελτίωση του πορώδους του εδάφους εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την κάλυψη της επιφάνειας με φυτικά υπολείμματα, την προσθήκη οργανικών λιπασμάτων, τη χλωρή λίπανση και τη συχνότητα χρήσης μηχανημάτων βαρέου τύπου. Η προσθήκη οργανικών λιπασμάτων οδηγεί σε αυξημένη

περιεκτικότητα οργανικής ουσίας στο έδαφος. Πολλές αναφορές έχουν δείξει ότι αυτό οδηγεί σε αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού, πορώδες και ικανότητα διείσδυσης (Haynes and Naidu, 1998).

Η επιφάνεια του εδάφους είναι η ζωτική διεπαφή που δέχεται την επίδραση των ενεργειών που πραγματοποιούνται στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις, τον έντονο αντίτυπο των βροχοπτώσεων και χωρίζει τη ροή των αερίων μέσα και έξω από το έδαφος. Η βελτιστοποίηση του περιεχομένου του πορώδους και της οργανικής ουσίας του επιφανειακού εδάφους είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του, καθώς τα χαρακτηριστικά στην επιφάνεια του εδάφους ελέγχουν συχνά λειτουργίες βαθύτερα στο έδαφος. Καθώς η οργανική ουσία αυξάνεται, το πορώδες του εδάφους αυξάνεται επίσης, ως απόκριση στη θετική επίδραση της οργανικής ουσίας στα συσσωματώματα του εδάφους και στην αύξηση της βιοποικιλότητας και της μικροβιακής δραστηριότητας (Kay and VandenBygaart, 2002). Πράγματι, στο πείραμά μας, παρουσιάστηκε θετική συσχέτιση μεταξύ οργανικής ουσίας και εδαφικού πορώδους με $R^2 = 0,22$, $R = 0,47$ και $p = 0,0006$, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.1.1.1. Γραμμική συσχέτιση εδαφικού πορώδους (%) και οργανικής ουσίας (%).

5.1.2. Ολικό άζωτο εδάφους - Οργανική ουσία

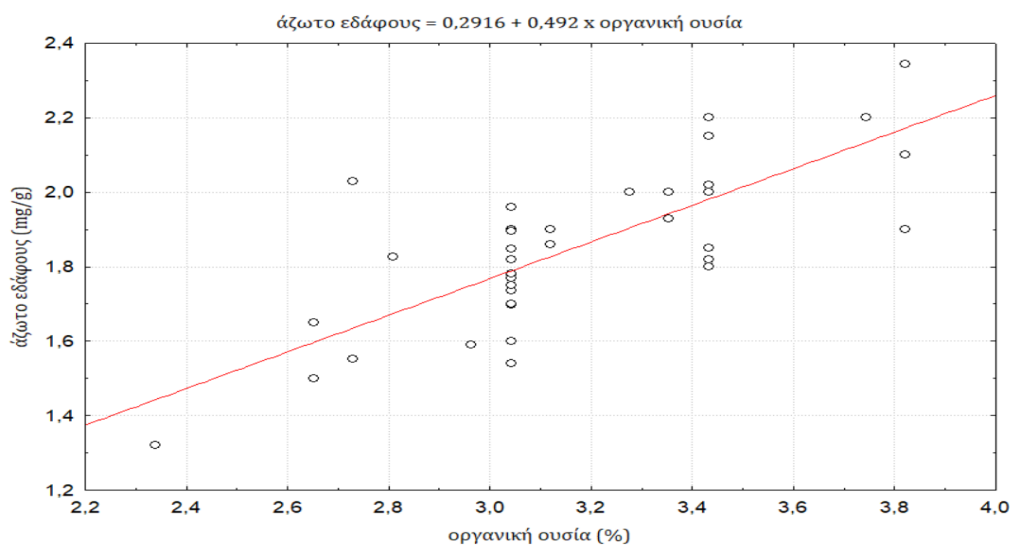
Το άζωτο είναι ένα από τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά του οικοσυστήματος και συχνά η διαθεσιμότητά του περιορίζει την καθαρή πρωτογενή παραγωγή καθώς και τη σταθεροποίηση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Υπάρχει σε ανόργανες μορφές (κυρίως ως αμμώνιο $[\text{NH}_4^+]$ και νιτρικό άλας $[\text{NO}_3^-]$) και σε οργανικές μορφές στο έδαφος (Houlton and Morford, 2015). Ωστόσο, έχει από καιρό

αναγνωριστεί ότι πιο συχνά, η πρωτογενής μορφή του αζώτου στο έδαφος είναι οργανική, με τον Jodidi (1911), να σημειώνει πριν από έναν αιώνα ότι «σχεδόν όλο το άζωτο που εμφανίζεται στα εδάφη είναι οργανικής φύσης». Στην πραγματικότητα, οι οργανικές ενώσεις μπορούν να αποτελούν έως και το 95% του αζώτου σε ορισμένα εδάφη (Knicker, 2011; Σιδηράς, 1997). Σε πολύ εύφορα εδάφη, το άζωτο που προέρχεται από την ανοργανοποίηση της οργανικής ουσίας αποτελεί συνήθως την κύρια πηγή πρόσληψης των καλλιεργειών (Stevens et al., 2005; Poffenbarger et al., 2018).

Στα καλλιεργητικά συστήματα που εντάσσονται χλωρές λιπάνσεις και προσθήκη οργανικών λιπασμάτων παρατηρείται ότι αυτές οι πρακτικές αποτελούν κομβικό σημείο στη θρέψη των καλλιεργειών και ιδιαίτερα όσον αφορά στην κάλυψη των αναγκών τους με άζωτο (Karlen et al., 2006). Μεγάλο μέρος του εδαφικού αζώτου βρίσκεται σε σύμπλοκα οργανικών ενώσεων, όπως υπολείμματα φυτών σε αποσύνθεση και αποχωρήματα ζώων (Marschner and Marschner, 2012).

Τα περισσότερα φυτά μπορούν να προσλάβουν μόνο ανόργανες μορφές αζώτου (NH_4^+ και NO_3^-) (Keeney, 1982), αν και τα βασικά αμινοξέα απορροφώνται σπάνια από ορισμένα είδη φυτών π.χ. *Picea* *Abies* (Boukcim and Plassard, 2003). Οι ανόργανες μορφές αζώτου και τα βασικά αμινοξέα στο έδαφος προέρχονται κυρίως από διεργασίες ανοργανοποίησης. Η ανοργανοποίηση μπορεί να προωθηθεί από πρακτικές κατεργασίας του εδάφους καθώς η διαταραχή μπορεί να εκθέσει οργανικά υλικά εδάφους που προστατεύονται με φυσικό τρόπο, σε μικρόβια, ενισχύοντας τη μικροβιακή δραστηριότητα (Tisdall and Oades, 1982). Με την ενσωμάτωση φυτικών υπολειμμάτων και την αύξηση της οργανικής ουσίας παρατηρείται αύξηση του ποσοστού ανοργανοποίησης και της τελικής μετατροπής του αζώτου σε αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+) και σε νιτρώδη NO_2^- (Μπιλάλης, 1999).

Στο πείραμα των Huang et al. 2007, που μελετήθηκε η χρονική και χωρική μεταβλητότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους και του ολικού αζώτου με βάση διάφορες γεωργικές πρακτικές που εφαρμόστηκαν, παρατηρήθηκε σταδιακά, σημαντική αύξηση, τόσο της οργανικής ουσίας όσο και του ολικού αζώτου στο έδαφος, στα συστήματα που εντάχθηκε η χλωρή λίπανση, ενώ παρουσιάστηκε και θετική συσχέτιση των δύο μεταβλητών. Και στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ οργανικής ουσίας και εδαφικού αζώτου, με $R^2 = 0,59$, $R = 0,77$ και $p < 0,0001$, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.1.2.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ εδαφικού αζώτου και οργανικής ουσίας.

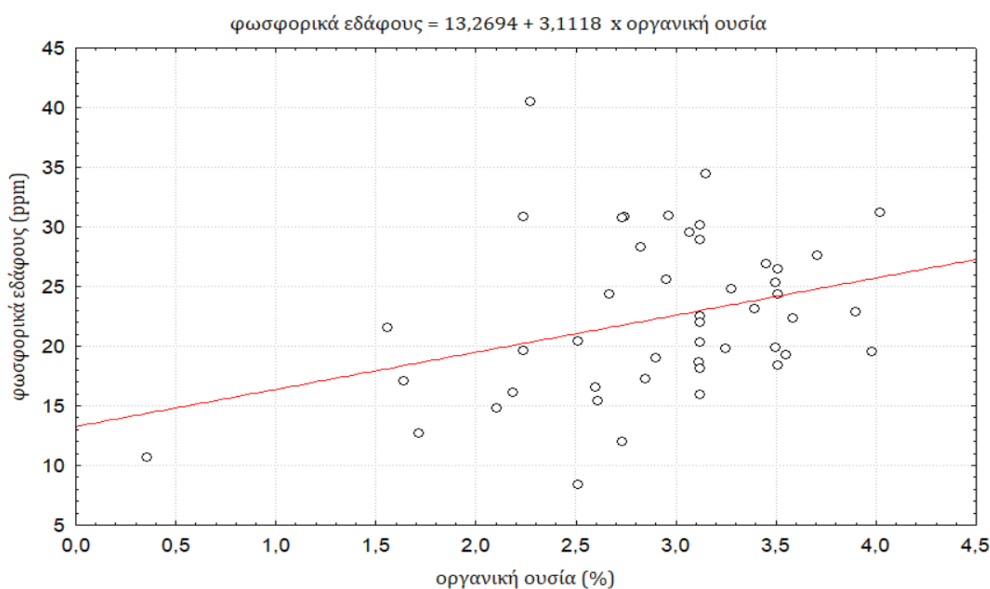
5.1.3. Φωσφορικά Εδάφους – Οργανική ουσία

Για την ελαχιστοποίηση των χημικών εισροών, τα αειφορικά γεωργικά συστήματα χρησιμοποιούν συχνά πρακτικές όπως η αμειψισπορά ή χλωρή λίπανση με ψυχανθή, καθώς και προσθήκη κοπριάς ζώων ή κομπόστ ως πηγές αζώτου για τις καλλιέργειες (National Research Council, 1993). Οι πρακτικές αυτές έχουν θετικές αγρονομικές επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα της χρήσης νερού και θρεπτικών ουσιών καθώς και στον έλεγχο ζιζανίων (Liebman and Ohno, 1996). Στις ΗΠΑ το 1987, εκτιμήθηκε ότι πηγές φωσφόρου για τις καλλιέργειες αποτελούσαν κατά 79% τα συνθετικά λιπάσματα, 15% κοπριά ζωικής προέλευσης και 6% υπολείμματα καλλιεργειών (National Research Council, 1993). Η ενσωμάτωση πλούσιων σε άνθρακα λιπασμάτων και υπολειμμάτων καλλιέργειας σε εδάφη, έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την ποσότητα διαλυτής οργανικής ουσίας που μπορεί να επηρεάσει τη βιοδιαθεσιμότητα του φωσφόρου. Η ελάχιστη διαλυτή φύση των περισσότερων μορφών φωσφόρου καθιστά δύσκολη την παροχή επαρκούς ποσότητας για τη διατήρηση υψηλών αποδόσεων μιας καλλιέργειας χωρίς προσθήκη σχετικά υψηλών επιπέδων ανόργανου λιπάσματος (Walker and Adams, 1959). Η χρήση ανόργανων λιπασμάτων είναι ανεπιθύμητη όχι μόνο από μια οικονομική άποψη, αλλά και από περιβαλλοντική, λόγω του δυνητικού ευτροφισμού μέσω της διάβρωσης σωματιδίων πλούσιων σε φώσφορο στα επιφανειακά νερά (Gilliam et al., 1985).

Η οργανική ουσία του εδάφους αποτελείται από άνθρακα, οξυγόνο, υδρογόνο, άζωτο, θείο και φώσφορο. Όλα τα συστατικά, εκτός του φωσφόρου, προστίθενται κυρίως από την ατμόσφαιρα. Επομένως, ο περιεχόμενος φωσφόρος στο μητρικό υλικό μπορεί να διέπει τη συσσώρευση οργανικής ουσίας σε εδάφη (Walker and Adams, 1959). Οι Black and Goring (1953) πρότειναν ότι η οργανική ουσία των ορυκτών εδαφών περιέχει άνθρακα, άζωτο, φώσφορο σε αναλογία περίπου 110: 9: 1, αλλά βρήκαν ότι η αναλογία

ήταν ευρύτερη στα οργανικά εδάφη και ότι η περιεκτικότητα σε φωσφόρο της οργανικής ουσίας του εδάφους είναι πιο μεταβλητή από την περιεκτικότητα σε άνθρακα, άζωτο ή θείο.

Σε πειράματα που μελετήθηκε η εναλλαγή καλλιεργειών με ψυχανθή και η επίδρασή τους στα χαρακτηριστικά τους εδάφους, παρατηρήθηκε υψηλή περιεκτικότητα σε φώσφορο με ισχυρή θετική συσχέτιση με την οργανική ουσία (Ohno et al., 1996; Θεριός, 1996). Στην παρούσα μελέτη, επίσης παρουσιάστηκε θετική συσχέτιση της οργανικής ουσίας με τα φωσφορικά του εδάφους, αν και ήταν σχετικά ασθενής, με $R^2=0,104$, $R= 0,33$ και $p= 0,025$.



Σχήμα 5.1.3.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ φωσφορικών εδάφους και οργανικής ουσίας.

5.2. Παρατηρήσεις στα μορφολογικά χαρακτηριστικά

Αν και η ποιότητα είναι μια πιο σημαντική πτυχή της εμπορικής αξίας του καπνού, είναι δύσκολο να μετρηθεί μια συγκεκριμένη χημική και φυσική κατάσταση. Επειδή τα συστατικά της ποιότητας δεν έχουν προσδιοριστεί ποσοτικά, δεν είναι δυνατόν να μελετηθεί απολύτως η επίδραση περιβαλλοντικών/θρεπτικών παραγόντων στην ποιότητα. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ποιοτικών στοιχείων που παρέχει κάποιες ενδείξεις αυτών των σχέσεων. Η συσσωρευμένη μάζα αυτών των στοιχείων δείχνει ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά συνδέονται στενά με τη φύση της ανάπτυξης του φυτού από τη μεταφύτευση έως την τελική συγκομιδή.

5.2.1. Ύψος φυτών

Αυτό το κεφάλαιο συζητά τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από την έρευνα σχετικά με τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης του καπνού και την απόκρισή του στις διακυμάνσεις στο θρεπτικό περιβάλλον. Στην εμπορική παραγωγή καπνού κάθε τύπου, υπό ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, η ανάπτυξη επηρεάζεται αισθητά από την παροχή διαθέσιμου νερού και αζώτου στο έδαφος, όσον αφορά στους περιβαλλοντικούς παράγοντες, και από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ποικιλίας (Davalieva et al., 2010). Οι παράγοντες αυτοί έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην επακόλουθη ανάπτυξη του φυτού που συχνά εκδηλώνονται μέσω αλλαγών τόσο στα φυσικά όσο και τα χημικά χαρακτηριστικά των φυτών.

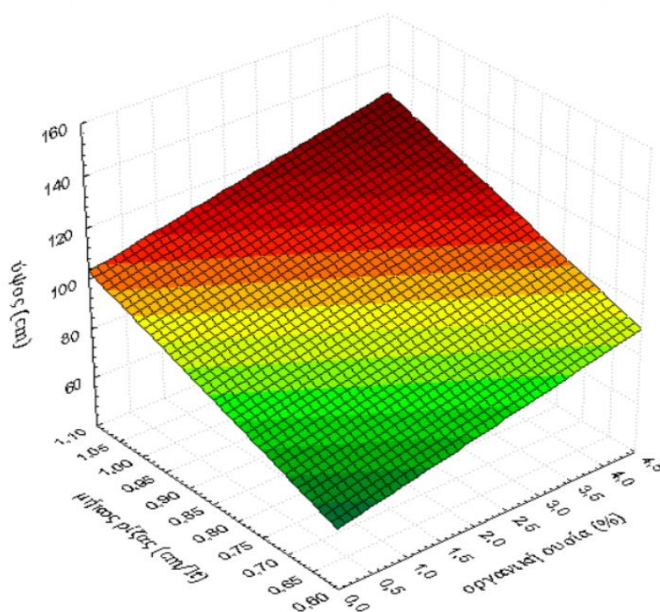
Τα ανατολικά καπνά αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα των ηλιοξηρανόμενων ποικιλιών, με ποικιλομορφία στη μορφολογία, την προσαρμογή, τις καλλιεργητικές τεχνικές, τη διαχείριση, και την ποιότητα του αποξηραμένου φύλλου. Τα κύρια γνωρίσματα των ανατολικών ποικιλιών είναι το μικρό μέγεθος των φύλλων, η λεπτή υφή του φύλλου, το ιδιαίτερο χρώμα του, και μια πολύ χαρακτηριστική γεύση με άρωμα. Περισσότερο από κάθε άλλο τύπο καπνού, ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία του ανατολικού καπνού μπορεί να τροποποιηθούν ακόμη και από μικρές αλλαγές των καιρικών συνθηκών, του εδάφους ή των καλλιεργητικών πρακτικών (Sficas, 1990).

Κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του τριετούς πειράματος η μεταβολή του ύψους των φυτών επηρεάστηκε και από τους δύο παράγοντες παραλακτικότητας, λίπανση και ποικιλία, παρουσιάζοντας αυξητική τάση σε όλα τα είδη λίπανσης και τις ποικιλίες.

Η μεγαλύτερη μεταβολή ύψους των φυτών, με βάση τη μέθοδο λίπανσης, παρατηρήθηκε στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα, και ήταν της τάξης του 45%, ενώ ακολούθησαν, η επέμβαση με κομπόστ με 50%, η επέμβαση με κοπριά με 35% και τέλος, ο μάρτυρας, στον οποίο το ύψος των φυτών αυξήθηκε κατά 30% από το πρώτο έτος. Ο μέσος όρος του ύψους των φυτών, μέσα στην τριετία, κυμάνθηκε από 89 cm ποικιλία Βιρτζίνια, ως 110 cm για την ποικιλία Κατερίνη Σ53, με ενδιάμεσες τιμές στην ποικιλία Μπασμάς Ξάνθης και Μυρωδάτα Αγρινίου, με 99 cm και 105 cm, αντίστοιχα. Ο αγρονομικός χαρακτήρας του καπνού, η πορεία εξέλιξης της γονιμότητας του εδάφους και οι μικρές διαφοροποιήσεις στις κλιματικές συνθήκες, στο πέρας της τριετίας, δικαιολογούν την αύξηση του ύψους των φυτών σε μεγάλο βαθμό. Παρόμοια αποτελέσματα, συναντάμε και στα πειράματα των Jing et al. (2010), όπου παρατηρήθηκε αύξηση του ύψους των καπνών κατά 38%, ύστερα από την προσθήκη οργανικών λιπασμάτων (κοπριά) σε συνδυασμό με ανόργανο λίπασμα. Αντίθετα, οι Bilalis et al. (2010), δεν παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο ύψος των φυτών ανατολικού τύπου καπνού και Βιρτζίνια, μεταξύ των επεμβάσεων οργανικής και ανόργανης λίπανσης. Παράλληλα, όπως και στην παρούσα μελέτη, έτσι και στα προαναφερόμενα πειράματα, εμφανίστηκαν σημαντικά θετικές συσχετίσεις μεταξύ χαρακτηριστικών του εδάφους, κυρίως της οργανικής ουσίας, και χαρακτηριστικών της ρίζας, με το ύψος των καπνόφυτων. Στο παρακάτω διάγραμμα

αποτυπώνεται η πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ του ύψους των φυτών με την οργανική ουσία ($R= 0,22$, $p= 0,007$) και το μήκος της ρίζας ($R= 0,18$, $p= 0,023$).

$$\text{ύψος} = 17,8972 + 5,7009 \times \text{οργανική ουσία} + 77,484 \times \text{μήκος ρίζας}$$



Σχήμα 5.2.1.1. Πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ του ύψους φυτών, του μήκους ρίζας και της οργανικής ουσίας.

5.2.2. Αριθμός φύλλων ανά φυτό

Το είδος της λίπανσης που εφαρμόστηκε φάνηκε να έχει μικρή επίδραση στον αριθμό των φύλλων του καπνού, κυρίως στα πρώτα στάδια ανάπτυξης ενώ παρουσιάστηκε σχετικά σημαντική στατιστικά μεταβολή με αυξητική τάση - της τάξης του 10% - από την πρώτη ως την τρίτη καλλιεργητική περίοδο, παρόμοια με αυτή του ύψους των φυτών, χωρίς να εμφανίζεται αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων παραλλακτικότητας. Και εδώ η επέμβαση με ανόργανη λίπανση έδωσε φυτά με μεγαλύτερο αριθμό φύλλων (24 φύλλα/φυτό), ακολούθησε η επέμβαση με κομπόστ (23 φύλλα/φυτό), και τέλος, οι επεμβάσεις με κοπριά και ο μάρτυρας (21 φύλλα/φυτό). Οι Song et al, (2016) επίσης, ανέφεραν ότι σε πείραμα μελέτης της επίδρασης οργανικών λιπασμάτων στον καπνό, καταγράφηκαν διαφορές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του, τόσο στο ύψος, όσο και στον αριθμό φύλλων των φυτών καθώς αυτές οι μεταβλητές αυτές συνδέονται στενά μεταξύ τους.

Η ποικιλία Κατερίνη Σ53, είχε τον μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ανά φυτό με μέσο όρο τριετίας 27 φύλλα ανά φυτό, και ακολούθησαν οι ποικιλίες Μπασμάς, Μυρωδάτα Αγρινίου και Βιρτζίνια, με 24, 22, και 17 φύλλα ανά φυτό αντίστοιχα.

5.2.3. Επιφάνεια φύλλου

Η ποιότητα των φύλλων καπνού εξαρτάται τόσο από την ποικιλία όσο και από τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των φύλλων καπνού αποτελούν καθοριστικό παράγοντα της ποιότητας και της επεξεργασίας. Επηρεάζουν άμεσα την οικονομική αξία του καπνού (Xu et al., 2005). Τα πιο σημαντικά φυσικά χαρακτηριστικά του φύλλου καπνού είναι το μήκος και το πλάτος του. Το μήκος ενός φύλλου είναι η ευθεία απόσταση από τη βάση της κύριας φλέβας έως την κορυφή του φύλλου. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ένας σημαντικός δείκτης για την ταξινόμηση των φύλλων και την αξιολόγηση της ποιότητας εμφάνισης (Cheng et al., 2007). Αν και αυτή η ιδιότητα είναι ένας ουσιαστικός δείκτης για τη μέτρηση της κατάστασης της ανάπτυξης των φύλλων και της βιομηχανικής χρησιμότητας, αγνοείται πάντα στα σχήματα ταξινόμησης των φύλλων. Είναι σύνηθες, οι διαφορές πλάτους μεταξύ των φύλλων να αποτελούν σημαντικό καθοριστικό παράγοντα στην αγορά καπνού, ακόμη και όταν τα μήκη τους είναι σχεδόν τα ίδια. Επομένως, η επιφάνεια των φύλλων καπνού της ίδιας ποιότητας έχει προταθεί για χρήση στην αξιολόγηση της ποιότητας εμφάνισης των φύλλων.

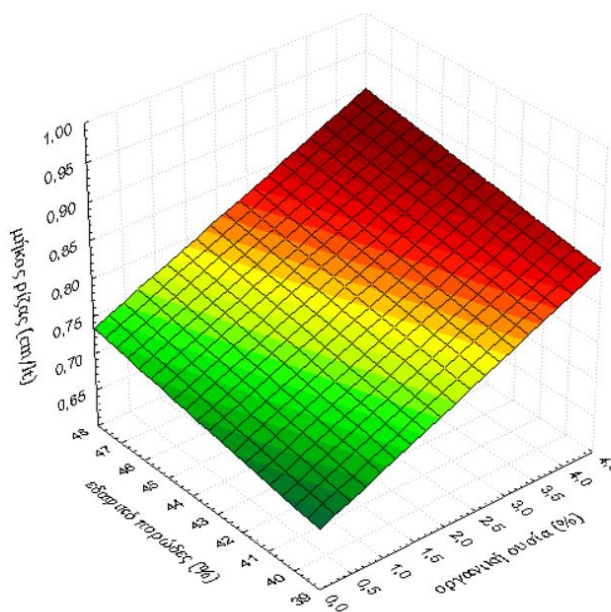
Όσον αφορά στην επιφάνεια φύλλου των καπνόφυτων στο πείραμά μας, στατιστικά σημαντικές διαφορές, παρατηρήθηκαν μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών, ενώ παρουσιάστηκε μικρή, μη στατιστικά σημαντική, αύξηση της επιφάνειας σε όλες τις ποικιλίες, στο πέρας της τριετίας. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος επιφάνειας φύλλου στην τριετία διεξαγωγής του πειράματος, για την ποικιλία Βιρτζίνια, ήταν 821 cm², για τα Μυρωδάτα Αγρινίου 634 cm², για την Κατερίνη 567 cm², και τέλος, για τον Μπασμά Ξάνθης, 450 cm². Η επιφάνεια του φύλλου συνδέεται στενά με τις συνολικές αποδόσεις του καπνού και αποτελεί χαρακτηριστικό της ποικιλίας που καθορίζεται κυρίως από γενετικούς παράγοντες, καθώς το σχήμα του είναι αυτό που επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα.

5.2.4. Μήκος ρίζας

Το ριζικό σύστημα του καπνού αποτελείται από πρωτογενείς, πλευρικές και τυχαίες ρίζες, που κατηγοριοποιούνται βάσει των αξόνων διακλάδωσης, δηλαδή, ο πρωτεύων κλάδος (πρωτεύουσα πλευρική ρίζα) συνδέεται με την πρωτεύουσα ρίζα και ο δευτερεύων κλάδος (δευτερεύουσα πλευρική ρίζα) συνδέεται με τον πρωτεύοντα κλάδο κ.λπ. Η ανεμπόδιστη ανάπτυξη της ρίζας, τόσο σε βάθος όσο και πλευρικά του φυτού, επηρεάζει σημαντικά την υπέργεια ανάπτυξη του φυτού αλλά και πλήθος ποιοτικών χαρακτηριστικών (Gier, 1940). Στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μήκος ρίζας/όγκο εδάφους μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, με τις επεμβάσεις του κομπόστ και της κοπριάς να υπερέρχουν, με 0,85 και 0,87 cm/lit, αντίστοιχα, έναντι των επεμβάσεων με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα, με 0,81 και 0,83 cm/lit. Αξίζει να σημειωθεί ότι μέσω του παρόντος πειράματος παρατηρήθηκε

θετική συσχέτιση μεταξύ του μήκους ρίζας με την οργανική ουσία και το πορώδες του εδάφους, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Πιο συγκεκριμένα, η οργανική ουσία ($R= 0,46$, $p= 0,009$) και το πορώδες ($R= 0,37$, $p=0,009$), φαίνεται δρουν αθροιστικά επί του μήκους της ρίζας στα τρία χρόνια του πειράματος. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και στο πείραμα των Ximming et al. (2001), όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της ρίζας σε εδάφη με υψηλότερη οργανική ουσία και πορώδες.

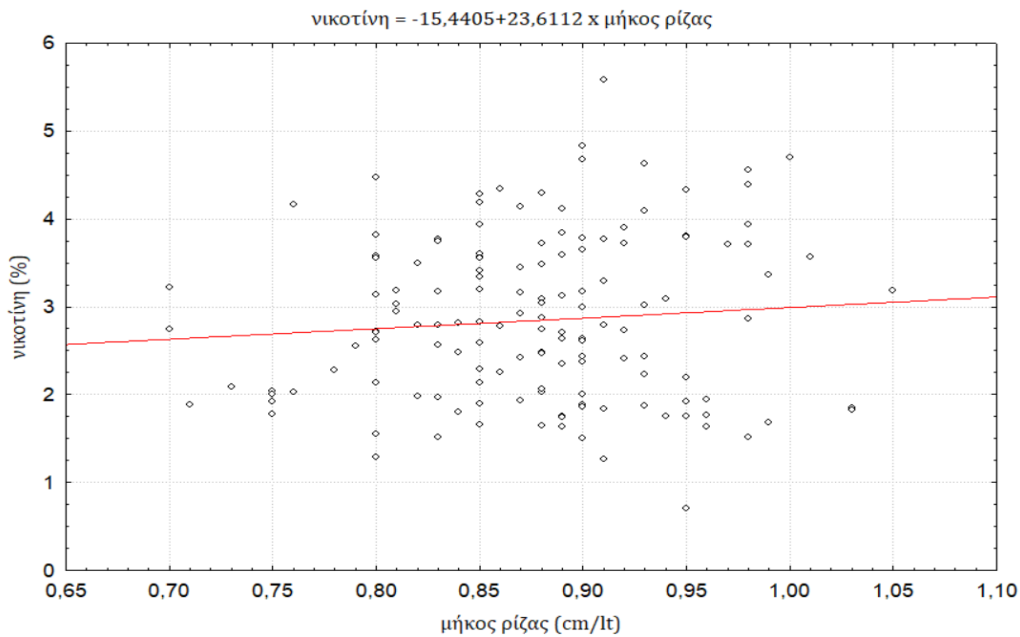
$$\text{μήκος ρίζας} = 0,4517 + 0,0369 \times \text{οργανική ουσία} + 0,0059 \times \text{εδαφικό πορώδες}$$



Σχήμα 5.2.4.1. Πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ του μήκους ρίζας, του εδαφικού πορώδους και της οργανικής ουσίας.

Η σημαντικότητα του ριζικού συστήματος ειδικά στην καλλιέργεια καπνού έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί το βασικό όργανο σύνθεσης της νικοτίνης. Τα αλκαλοειδή είναι σημαντικές ενώσεις που βρίσκονται στα φυτά *Nicotiana*, απαραίτητες για την άμυνα των φυτών κατά των φυτοφάγων. Το κύριο αλκαλοειδές του *Nicotiana tabacum*, η νικοτίνη, παράγεται στις ρίζες και μετατοπίζεται στα φύλλα (Zenker et al, 2019). Η νικοτίνη σχηματίζεται από μια πυρρολιδίνη και έναν δακτύλιο πυριδίνης σε μια διαδικασία που περιλαμβάνει πολλά ένζυμα. Μετά τη σύνθεση στα κύτταρα του φλοιού της ρίζας, είναι γνωστό ότι ένα σύνολο μεταφορέων μεταφέρει τη νικοτίνη προς τα πάνω, στο εναέριο μέρος του φυτού όπου αποθηκεύεται στα φύλλα. Επιπλέον, η νικοτίνη μπορεί να μεταβολιστεί στα φύλλα, συνθέτοντας τη νορνικοτίνη μέσω μιας διαδικασίας απομεθυλίωσης (Hibi et al., 1994).

Κατανοούμε λοιπόν πως υπάρχει στενή σύνδεση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος με την σύνθεση και συγκέντρωση της νικοτίνης στα φύλλα του καπνού. Στην παρούσα εργασία, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση του μήκους της ρίζας με την περιεκτικότητα των φύλλων σε νικοτίνη, με $R^2=0,13$, $R= 0,36$ και $p= 0,025$.



Σχήμα 5.2.4.2. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ περιεκτικότητας νικοτίνης στα φύλλα και του μήκους ρίζας.

5.3. Αποδόσεις (ξηρό βάρος φύλλων kg/στρ.)

Η συνολική απόδοση ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων τύπων καπνού και είναι υψηλότερη για τα καπνά αμερικάνικου τύπου και χαμηλότερη για τα ανατολικού τύπου. Σε μια δεδομένη κατηγορία η απόδοση ποικίλλει επίσης ανάλογα με την ποικιλία, ενώ και μεταξύ ίδιων ποικιλιών, οι αποδόσεις καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητα φύτευσης, τη γονιμότητα του εδάφους, τις βροχοπτώσεις και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

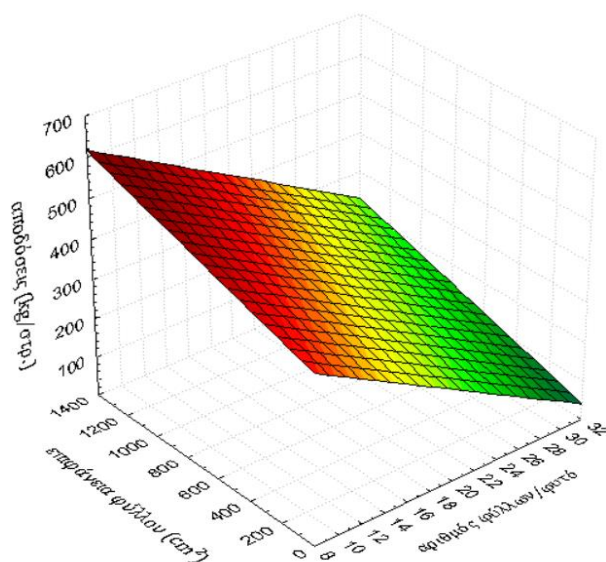
Οι δύο παράγοντες παραλλακτικότητας, λίπανση και ποικιλία, επηρέασαν σε μεγαλύτερο και μικρότερο βαθμό τις τελικές αποδόσεις σε ξηρό βάρος του καπνού. Όσον αφορά στις διαφορετικές λιπάνσεις που εφαρμόστηκαν, οι επεμβάσεις με κομπόστ και κοπριά, στο πέρας της τριετίας, έδωσαν κατά μέσο όρο, στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερες αποδόσεις, κατά 20% περίπου, με 381 kg/στρ. και 371 kg/στρ., αντίστοιχα, από τις επεμβάσεις με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα, που κυμάνθηκαν από 312 kg/στρ. ως 325 kg/στρ., αντίστοιχα. Επιπλέον, οι Butorac et al., (1995) ανέφεραν ότι τα οργανικά λιπάσματα είχαν ένα προφανές πλεονέκτημα σε σχέση με τη προσθήκη ανόργανων λιπασμάτων αφού είχαν θετική επίδραση στην απόδοση και την ποιότητα των φύλλων καπνού.

Όσον αφορά στην ποικιλία, η ποικιλία Βιρτζίνια υπερέχει των υπόλοιπων ποικιλιών, με μέσο όρο αποδόσεων στην τριετία διεξαγωγής του πειράματος, με 591 kg/στρ, ενώ ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αγρινίου, με 296 kg/στρ., Κατερίνη Σ53, με 292 kg/στρ. Επίσης, οι Bilalis et al., (2009) έχουν αναφέρει υψηλή απόδοση της ποικιλίας Βιρτζίνια (408-505 kg/στρ.) ύστερα από εφαρμογή κοπριάς, σε καλλιέργεια καπνού που αρδεύεται με σύστημα στάγδην, που ξεπερνούσε κατά πολύ τις αποδόσεις

ανατολικών ποικιλιών καπνού. Πιο συγκεκριμένα, η απόδοση καπνού στην ποικιλία Βιρτζίνια ήταν πάντοτε υψηλότερη (21,50-30,38%) από εκείνη των ανατολικών ποικιλιών. Παράλληλα, πρέπει να σημειωθεί, ότι παρουσιάστηκε σημαντική αύξηση των αποδόσεων από το πρώτο ως το τρίτο έτος σε όλες τις ποικιλίες, με τη μεταβολή να είναι της τάξης του 40%. Αυτή η αύξηση στις αποδόσεις, σχετίζεται σημαντικά, με ορισμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού όπως ο η επιφάνεια φύλλου.

Στη μελέτη των Camas et al, (2009), αναφέρεται ότι η αύξηση του αριθμού των φύλλων ανά φυτό δεν είναι σημαντικός παράγοντας για την αύξηση των αποδόσεων στον καπνό. Οι Kurt και Ayan, (2014) ανέφεραν ότι καθώς η εφαρμοζόμενη δόση οργανικών λιπασμάτων αυξήθηκε, το ίδιο συνέβη και με την επιφάνεια των φύλλων. Στην παρούσα μελέτη, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση της επιφάνειας φύλλου με τις αποδόσεις και αρνητική συσχέτιση μεταξύ αριθμού φύλλων και αποδόσεων, επιβεβαιώνοντας τις παραπάνω θεωρήσεις. Βάσει των συσχετίσεων αυτών, διαμορφώθηκε το παρακάτω διάγραμμα πολλαπλής παλινδρόμησης μεταξύ των αποδόσεων, της επιφάνειας φύλλου ($R= 0,51, R^2= 0,27, p= 0,000$) και του αριθμού φύλλων των φυτών ($R= -0,43, R^2= 0,18, p= 0,002$).

$$\text{αποδόσεις} = 555,8884 - 16,1343 \times \text{αριθμός φύλλων} + 0,1367 \times \text{επιφάνεια φύλλου}$$



. Πολλαπλή παλινδρόμηση μεταξύ των αποδόσεων, της επιφάνειας φύλλου και του αριθμού φύλλων/φυτό..

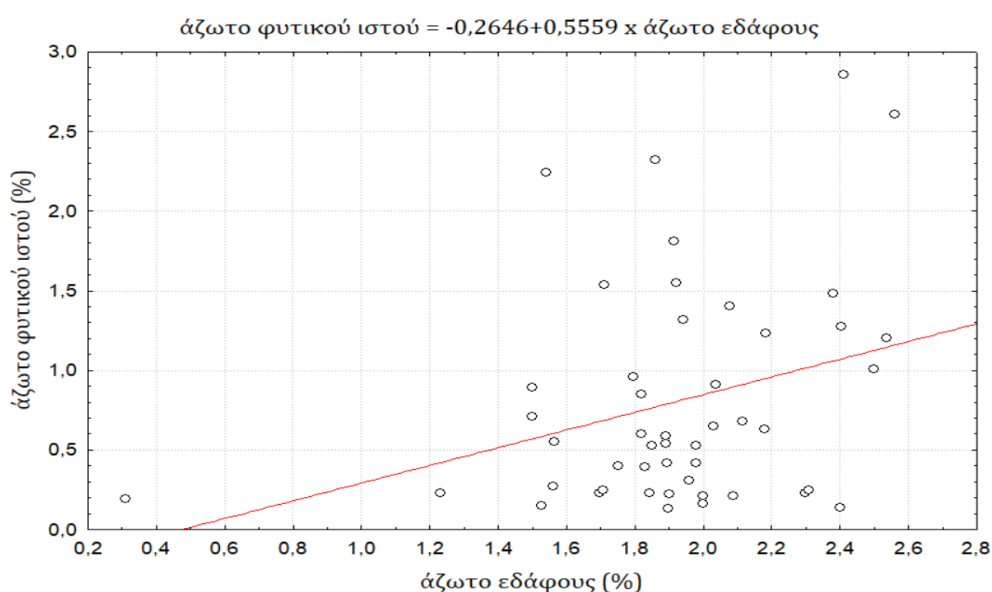
5.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

5.4.1. Άζωτο φυτικού ιστού

Μεταξύ των στοιχείων που είναι απαραίτητα για την εμπορική παραγωγή καπνού, κανένα δεν έχει τόσο έντονη επίδραση ούτε απαιτεί το βαθμό προσοχής στις πρακτικές λίπανσης όπως το άζωτο. Από το στάδιο των σποροφύτων έως την τελική συγκομιδή, το καθεστώς αζώτου του εδάφους επηρεάζει την

ανάπτυξη των φυτών περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Όσον αφορά στον χρόνο απορρόφησης, τη μορφή στην οποία απορροφάται, τη συγκέντρωση στο φύλλο σε διάφορα στάδια ανάπτυξης, και σε πολλές άλλες πτυχές, ο ρόλος του αζώτου στην ανάπτυξη και τις ιδιότητες του φύλλου καπνού είναι μείζονος σημασίας.

Από τα μακροθρεπτικά συστατικά που απαιτούνται από τα φυτά, το άζωτο καταναλώνεται στις μεγαλύτερες ποσότητες, καθώς είναι απαραίτητο για τη βιοσύνθεση αμινοξέων και δευτερογενών μεταβολιτών (Maathuis, 2009). Αν και η επαρκής παροχή αζώτου σε καλλιέργειες είναι θεμελιώδης για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των καλλιεργειών, η κακή διαχείρισή του, όπως η υπερβολική εφαρμογή, μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερη αποδοτικότητα χρήσης αζώτου και μόλυνση των υπόγειων υδάτων εξαιτίας της έκπλυσης (Jaynes et al., 2001). Σε πληθώρα μελετών έχει φανεί ότι η επάρκεια αζώτου στο έδαφος οδηγεί σε αύξηση της συγκέντρωσης αζώτου στα φύλλα (Camas et al., 2009; Bilalis et al., 2010). Επίσης, οι Ju et al. (2008), ανέφεραν ότι η ανοργανοποίηση του εδαφικού αζώτου στα στάδια της καθυστερημένης ανάπτυξης του καπνού ήταν ένας σημαντικός παράγοντας που επηρέαζε τη συσσώρευση αζώτου στα φύλλα και μετέπειτα την περιεκτικότητά σε νικοτίνη στα φύλλα καπνού. Στην παρούσα εργασία, παρατηρήθηκε, αν και ασθενής, θετική συσχέτιση του εδαφικού αζώτου με τη συγκέντρωση αζώτου στα φύλλα, με $R^2=0,09$, $R= 0,31$ και $p= 0,03$, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 5.4.1.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ του εδαφικού αζώτου και του αζώτου φυτικού ιστού.

Η συγκέντρωση αζώτου στα φύλλα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, ενώ ο παράγοντας ποικιλία είχε σημαντική επίδραση. Η υψηλότερη συγκέντρωση αζώτου παρουσιάστηκε στην ποικιλία Βιρτζίνια και τα τρία πειραματικά έτη, με μέσο όρο για την τριετία, 1,29%, και ακολούθησαν, η ποικιλία Μπασμάς, με 0,96%, η ποικιλία Κατερίνη Σ53, με 0,78%, και τέλος, η ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου, με 0,48%.

Η επαρκής συγκέντρωση αζώτου στον ιστό των φύλλων για τα καπνά Βιρτζίνια έχει αναφερθεί ότι κυμαίνεται από 3,5% έως 5,5% (Bryson and Mills, 2014). Ωστόσο, οι Haghghi et al. (2011) παρατήρησαν περιεκτικότητα σε άζωτο στα φύλλα καπνού να κυμαίνεται από 2-4% και τα συμπτώματα ανεπάρκειας να εμφανίζονται όταν το άζωτο πέφτει κάτω από 1,5%. Στην παρούσα μελέτη, παρόλο που η καλλιέργεια, όσον αφορά και στις τέσσερις ποικιλίες που μελετήθηκαν, δεν παρουσίασε συμπτώματα έλλειψης αζώτου, οι συγκεντρώσεις στον φυτικό ιστό ήταν αρκετά χαμηλές και για τις τέσσερις ποικιλίες. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να συνδεθούν με τις αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις νικοτίνης που σημειώθηκαν σε όλες τις ποικιλίες, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω.

5.4.2. Νικοτίνη

Η θρέψη είναι σημαντική για την ανάπτυξη και την απόδοση του καπνού, καθώς και για τη σύνθεση και συσσώρευση νικοτίνης. Κάθε βασικό θρεπτικό συστατικό παίζει αναπόσπαστο ρόλο στην ανάπτυξη του καπνού, αλλά κανένα δεν είναι τόσο σημαντικό για την παραγωγή νικοτίνης όσο το άζωτο (Collins and Hawks, 1993). Η πρόσληψη του αζώτου πραγματοποιείται κυρίως στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης, πριν από την αφαίρεση της κορυφής του βλαστού, (Ju et al. 2008), ενώ η νικοτίνη συντίθεται κυρίως σε μεταγενέστερα στάδια, στις ρίζες του καπνού πριν να μετατοπιστεί στα φύλλα (Collins and Hawks, 1993).

Οι καλλιεργητικές πρακτικές, η γονιμότητα του εδάφους, η πυκνότητα φύτευσης, το κορυφολόγημα και οι αρδεύσεις επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε νικοτίνη σε όλα τα μέρη του φυτού.

Στην παρούσα μελέτη, η συγκέντρωση νικοτίνης στα φύλλα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, ενώ ο παράγοντας ποικιλία είχε σημαντική επίδραση. Η υψηλότερη συγκέντρωση νικοτίνης, παρατηρήθηκε στα καπνά ανατολικού τύπου, κυρίως στην ποικιλία Μπασμά και Κατερίνη Σ53, και ακολούθησαν τα Μυρωδάτα Αργινίου και η ποικιλία Βιρτζίνια, με μέσο όρο για την τριετία, 3,7%, 3,1%, 2,4% και 2%, αντίστοιχα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις νικοτίνης που παρατηρήθηκαν, υπερέχουν των τυπικών συγκεντρώσεων για την κάθε ποικιλία. Κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο, παρουσιάστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις νικοτίνης στα καπνά ανατολικού τύπου, με στατιστικά σημαντική μεταβολή για τις ποικιλίες Μπασμάς και Κατερίνη Σ53, όπου κατά το τρίτο έτος μειώθηκε η περιεκτικότητα, ενώ στις ποικιλίες Μυρωδάτα Αργινίου και Βιρτζίνια, δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή.

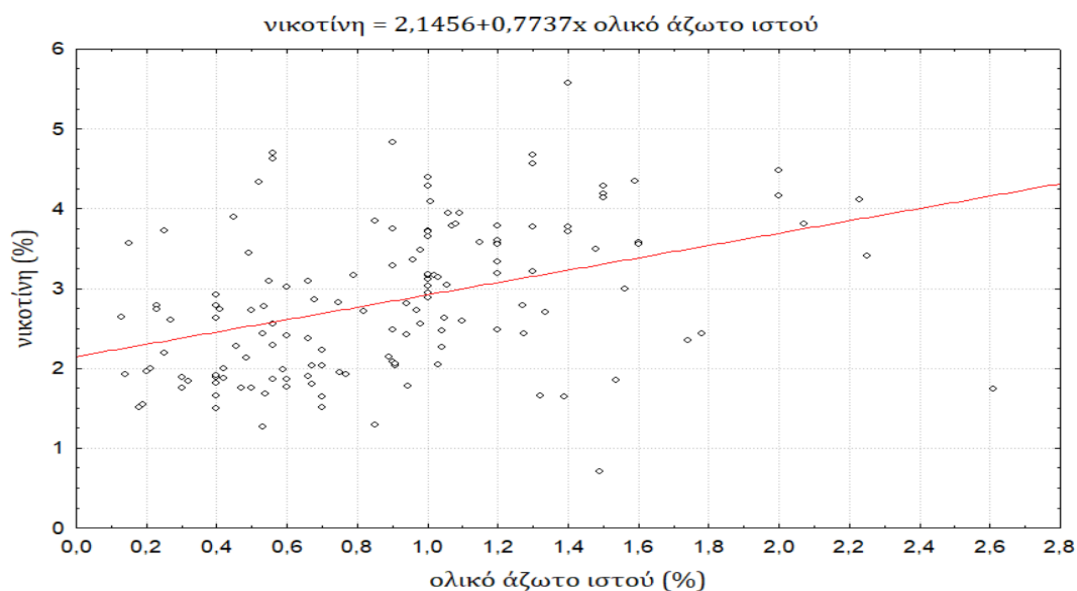
Η νικοτίνη είναι ένα αλκαλοειδές, το οποίο παράγεται μόνο στον καπνό, και αντιπροσωπεύει περίπου το 95% της συνολικής περιεκτικότητάς του σε αλκαλοειδή (Hashimoto and Yamata, 1994). Σε μη κορυφολογημένα φυτά καπνού, η συγκέντρωση νικοτίνης στα φύλλα είναι μόνο 0,1-1% της ξηρής μάζας της. Η σύνθεσή της διεγείρεται από μηχανικούς τραυματισμούς και θεωρείται μηχανισμός άμυνας του φυτού. Η

απομάκρυνση της κορυφής του βλαστού, έχει παρατηρηθεί ότι προκαλεί σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης νικοτίνης σε διάφορα όργανα (Xi et al., 2008).

Επίσης, η χαμηλή περιεκτικότητα αζώτου στα φύλλα, μπορεί να σηματοδοτεί μεταγενέστερη χρήση του υπάρχοντος αζώτου που έχει προσληφθεί από τα φυτά, για σύνθεση νικοτίνης, ύστερα από την πρακτική κορυφολογήματος. Η ποσότητα αζώτου που χρησιμοποιείται για τη σύνθεση νικοτίνης αντιπροσωπεύει το 5-6% του συνολικού αζώτου, αν και έχει παρατηρηθεί αύξηση αυτού του ποσοστού μετά από αφαίρεση της κορυφής του βλαστού, ειδικά στα φύλλα, ανεξάρτητα από το επίπεδο αζώτου που παρέχεται, ενώ έχει διαπιστωθεί μετακίνηση/ επανασυγκέντρωση του περιεχόμενου αζώτου στον φυτικό ιστό που συνδέεται με τη διαδικασία σύνθεσης νικοτίνης (Xi et al., 2008).

Παράλληλα, η αυξημένη συγκέντρωση νικοτίνης κατά το πρώτο έτος, πιθανότατα συνδέεται με την ανομβρία που παρατηρήθηκε το εν λόγω έτος, και την υδατική καταπόνηση που υπέστησαν τα φυτά, σε σχέση με τα δύο επόμενα έτη όπου το κλίμα ήταν πιο υγρό, με πληθώρα βροχοπτώσεων. Οι Cakir και Cebib (2006), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υδατικό stress κυρίως στα όψιμα στάδια ανάπτυξης, οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας της νικοτίνης στα φύλλα, ενώ μπορεί να προκαλέσει και καθυστέρηση στην ωρίμανση του καπνού.

Τα επίπεδα νικοτίνης και αζώτου στον φυτικό ιστό συνδέονται στενά μεταξύ τους και ακολουθούν παρόμοια πρότυπα συσσώρευσης στο φυτό (Weybrew et al., 1953). Πράγματι, και στην παρούσα μελέτη, βρέθηκε υψηλός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της περιεκτικότητας σε νικοτίνη και της περιεκτικότητας σε άζωτο φυτικού ιστού, με $R^2=0,83$, $R= 0,91$ και $p= 0,000$, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Σχήμα 5.4.2.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας της νικοτίνης και του ολικού αζώτου.

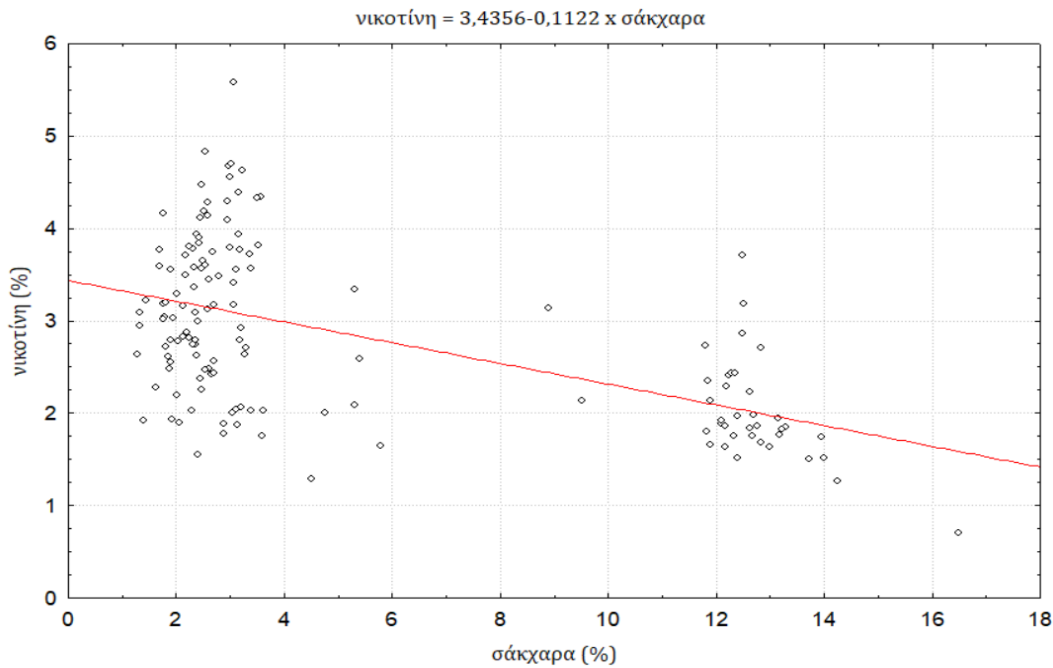
Παρατηρούμε όμως διαφοροποιήσεις στην αναλογία νικοτίνης/αζώτου, μεταξύ των ποικιλιών. Πιο συγκεκριμένα, η αναλογία αυτή για τις ποικιλίες ανατολικού τύπου είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την αναλογία στα καπνά Βιτζίνια. Οι Weybrew et al. (1953), παρατήρησαν, ότι σε επάρκεια αζώτου στο

έδαφος, νικοτίνη και βλάστηση αυξάνονται, αλλά η ανάπτυξη τελικά θα φτάσει κάποια στιγμή στο μέγιστο ενώ η νικοτίνη συνεχίζει να παράγεται με αποτέλεσμα να εμφανίζεται συνεχής αύξηση της περιεκτικότητας στα φύλλα και κατέληξαν στο ότι ο ρυθμός σύνθεσης της νικοτίνης, διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από γενετικούς παράγοντες και η συγκέντρωση νικοτίνης στα φύλλα αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της ποικιλίας.

5.4.3. Σάκχαρα

Αρκετοί παράγοντες επηρεάζουν τη συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα, όπως οι προσβολές από έντομα (αφίδες) – έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του ποσοστού σακχάρων σε προσβεβλημένα φύλλα, η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων – κυρίως έλλειψη βορίου μπορεί να μειώσει σημαντικά την περιεκτικότητα σακχάρων, και σε μεγαλύτερο βαθμό, ο χρόνος συγκομιδής των φύλλων - ειδικά για τις ποικιλίες ανατολικού τύπου, έχει παρατηρηθεί ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση σακχάρων στα φύλλα, σημειώνεται πριν την εμπορική ωρίμανση, και μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, ενώ παρατηρείται σημαντική μείωση και κατά τη διάρκεια της αποξήρανσης (Tso, 1972).

Στην παρούσα μελέτη, όσον αφορά στη συγκέντρωση σακχάρων στο φυτικό ιστό η λίπανση δεν είχε στατιστικά σημαντική επίδραση, σε αντίθεση με τον παράγοντα ποικιλία όπου σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές. Η υψηλότερη συγκέντρωση σακχάρων, σημειώθηκε στην ποικιλία Βιρτζίνια και ο μέσος όρος της τριετίας διαξαγωγής των πειραμάτων, ανήλθε στο 12,7%, ενώ ακολούθησαν, η ποικιλία Μπασμάς με 3,3%, η ποικιλία Μυρωδάτα Αγρινίου με 2,7%, και τέλος, η ποικιλία Κατερίνη με 2,4%. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα των καπνών Βιρτζίνια κυμαίνεται από 12-22%, ενώ για τις ποικιλίες ανατολικού τύπου, από 10-20% (Leffngwell, 1999). Έχει παρατηρηθεί σε αρκετές μελέτες αρνητική συσχέτιση μεταξύ των σακχάρων και της νικοτίνης στα φύλλα, καθώς η σχέση μεταξύ σύνθεσης σακχάρων και σύνθεσης νικοτίνης χαρακτηρίζεται ως ανταγωνιστική. Επίσης, σε πείραμα των Khrshna et al. (2009) όπου, παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση νικοτίνης, σε επεμβάσεις με κοπριά και κομπόστ, η αναλογία σακχάρων μειώθηκε, ενώ κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μέσω οργανικών λιπασμάτων βελτιώθηκε η παραγωγικότητα, η οικονομική απόδοση του καπνού και η κατάσταση γονιμότητας του εδάφους. Πράγματι, παρατηρήθηκε και στο πείραμά μας, αρνητική συσχέτιση μεταξύ της νικοτίνης και των σακχάρων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, με $R^2 = 0,291$, $r = -0,540$ και $p = 0,000$.



Σχήμα 5.4.3.1. Γραμμική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας νικοτίνης και των σακχάρων.

5.4.4. Φωσφορικά φυτικού ιστού

Ο φώσφορος επηρεάζει την ανάπτυξη των ριζών, την πρώτη ανάπτυξη του φυτού, και την ποιότητα των πρώτων φύλλων - βελτιώνει το χρώμα και την ποιότητα των φύλλων· συντηρητική εφαρμογή επιταχύνει την ανάπτυξη και την ωρίμανση (McCants and Woltz, 1967). Οι ρίζες του καπνού απορροφούν όχι μόνο η υψηλή ποσότητα ανόργανου φωσφόρου, αλλά και οργανικών κλασμάτων σε υψηλή συγκέντρωση φωσφορικών ενώσεων, οι οποίες παρατηρούνται και στα φύλλα (Bozhinova, 2016). Γενικά, τα φυτά μπορούν να προσλαμβάνουν τον φώσφορο από εδαφικό διάλυμα ακόμη και χαμηλής περιεκτικότητας σε φώσφορο. Ωστόσο, η περιεκτικότητα των κυττάρων του φυτού σε φώσφορο είναι συνήθως πολλαπλάσια της αντίστοιχης του εδαφικού διαλύματος. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η πρόσληψη του φωσφόρου από τα φυτά γίνεται με τρόπο «ενεργητικό», δηλ. σε κατεύθυνση που είναι αντίθετη προς την βαθμίδα συγκέντρωσης του φωσφόρου και ικανότητα της ενεργητικής πρόσληψης του φωσφόρου, διαφέρει από φυτό σε φυτό και ακόμη από ποικιλία σε ποικιλία (Σιδηράς, 1997). Στην παρούσα μελέτη δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών του καπνού, αλλά στον παράγοντα λίπανση σημειώθηκαν διαφοροποιήσεις.

Η υψηλότερες συγκεντρώσεις φωσφορικών, παρουσιάστηκαν στις επεμβάσεις με κοπριά και ανόργανο λίπασμα, με 697 και 651 ppm, αντίστοιχα, ενώ αρκετά μικρότερες ήταν οι συγκεντρώσεις στις επεμβάσεις του μάρτυρα και κομπόστ, με 500 και 504 ppm, αντίστοιχα, χωρίς όμως να σημειώνεται έλλειψη φωσφόρου.

Παράκτω ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας των συσχετίσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών εδάφους, των αγρονομικών χαρακτηριστικών, των αποδόσεων και των ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού που παρατηρήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Πίνακας 5.1. Συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των χαρακτηριστικών εδάφους, των αγρονομικών χαρακτηριστικών, των αποδόσεων και των ποιοτικών χαρακτηριστικών καπνού.

	Οργανική Ουσία	Ανθρακικό ασβέστιο	pH	Φωσφορικά εδάφους	Άζωτο εδάφους	Πορώδες εδάφους	Ύψος φυτών	Αριθμός φύλλων	Επιφάνεια φύλλου	Μήκος ρίζας	Αποδόσεις (Ξηρό Βάρος Φύλλων)	Τέφρα	Φωσφορικά φυτ. Ιστού	Άζωτο φυτικού ιστού	Νικοτίνη	Σάκχαρα
Οργανική Ουσία	1,00															
Ανθρακικό ασβέστιο	0,19	1,00														
pH	0,04	-0,05	1,00													
Φωσφορικά εδάφους	0,33*	0,17	0,18	1,00												
Άζωτο εδάφους	0,77***	0,20	0,06	0,04	1,00											
Πορώδες εδάφους	0,47**	-0,35	0,06	0,23	0,00	1,00										
Ύψος φυτών	0,22**	-0,05	0,10	0,03	-0,22	0,25	1,00									
Αριθμός φύλλων	0,11	0,25	0,07	-0,01	-0,21	-0,05	0,45	1,00								
Επιφάνεια φύλλου	0,01	-0,17	0,00	-0,04	-0,09	-0,03	-0,07	-0,38	1,00							
Μήκος ρίζας	0,46**	-0,15	0,01	0,23	-0,10	0,37**	0,18*	0,00	-0,01	1,00						
Αποδόσεις (Ξηρό Βάρος Φύλλων)	0,07	-0,14	0,10	0,04	-0,10	0,24	-0,04	-0,43**	0,51***	0,14	1,00					
Τέφρα	-0,07	-0,19	0,00	-0,03	-0,22	0,27	0,05	-0,20	0,20	0,12	0,11	1,00				
Φωσφορικά φυτ. Ιστού	0,04	0,15	0,27	0,15	-0,21	0,04	-0,08	-0,04	-0,06	-0,09	-0,19	0,16	1,00			
Άζωτο φυτικού ιστού	0,08	0,04	0,12	0,13	0,31**	-0,10	-0,08	-0,34	0,32	0,01	0,47	0,08	0,03	1,00		
Νικοτίνη	0,12	0,09	0,08	-0,02	0,00	0,02	0,01	0,47	-0,38	0,36*	-0,53	-0,09	-0,02	0,91***	1,00	
Σάκχαρα	0,08	-0,07	0,07	0,12	0,07	-0,01	-0,29	-0,64	0,50	0,01	0,78	0,02	-0,09	0,58	-0,54**	1,00

Όπου: ns: μη σημαντική (not significant) και *, **, *** σημαντική τιμή σε $p < 0,05$, $0,01$ και $0,001$, αντίστοιχα.

6. Σύνοψη

Η απόδοση, η ποιότητα και η χρησιμότητα του καπνού εξαρτώνται από τρεις σημαντικούς παράγοντες: το γενετικό δυναμικό μιας ποικιλίας, τις περιβαλλοντικές συνθήκες της παραγωγής και τις ειδικές καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόζονται σε κάθε καλλιέργεια. Όλα τα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής δείχνουν ότι κάθε παράγοντας συμβάλλει στην αποδοτικότητα της παραγωγής και είναι δύσκολο να διακρίνεις ποιος είναι πιο σημαντικός. Το γενετικό δυναμικό κάθε ποικιλίας καπνού περιέχει θεωρητικά κάποια όρια στην εμφάνιση ενός συγκεκριμένου χαρακτηριστικού γνωρίσματος.

Η απαίτηση για βιολογική καλλιέργεια καπνού “κερδίζει” ολοένα και περισσότερο έδαφος. Παγκοσμίως αυξάνεται το ενδιαφέρον καλλιέργειας βιολογικού καπνού, καθώς σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την επιστημονική ομάδα του Central Tobacco Research Institute (CTRI) διαπιστώθηκε ότι τα φύλλα καπνού που καλλιεργήθηκαν με βιολογικό τρόπο περιείχαν λιγότερες επικίνδυνες και τοξικές ουσίες, ενώ ταυτόχρονα το τελικό άρωμα του καπνού παρέμεινε στα ίδια επίπεδα.

Τα οφέλη από την κατανάλωση φυσικών ή βιολογικών προϊόντων δεν έχουν πάψει να επηρεάζουν τις επιλογές των καταναλωτών από όλες τις γωνίες του κόσμου. Η απόκτηση δημοτικότητας τάσεων που προωθούν τη χρήση βιολογικών προϊόντων έναντι συμβατικών έχει επίσης καταφέρει να αλλάξει τις προτιμήσεις των καπνιστών για τον καπνό. Η άνοδος της παγκόσμιας ζήτησης για βιολογικό καπνό σηματοδοτεί την αύξηση της συνείδησης τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για την προστασία και διατήρηση της αειφορίας του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με πρόσφατες αναφορές, περίπου 12.320 τόνοι βιολογικού καπνού καταναλώθηκαν παγκοσμίως μέχρι το τέλος του 2018. Η ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς βιολογικού καπνού, σε όρους όγκου, προβλέπεται να καταγράψει έναν ρυθμό ανάπτυξης 6,2% και να φτάσει τους 22.463 τόνους προς το τέλος του 2026. Με τον καπνό να είναι μία από τις πιο κερδοφόρες καλλιέργειες, οι παραγωγοί από όλο τον κόσμο υιοθετούν εύκολα τεχνικές βιολογικής γεωργίας για να συμμετάσχουν στην ανάπτυξη της παγκόσμιας αγοράς βιολογικών καπνών.

Η καλλιέργεια καπνού με τις αρχές της βιολογικής γεωργίας εκτός της μικρότερης επικινδυνότητας, έχει και πλεονεκτήματα όπως: αύξηση της γονιμότητας των εδαφών, ελαχιστοποίηση της έκθεσης των παραγωγών σε τοξικά χημικά, αύξηση της βιοποικιλότητας, μείωση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και ποταμών, μείωση του κόστους παραγωγής (λιγότερες εισροές) και τέλος αυξημένη τιμή πώλησης του προϊόντος.

Στην παρούσα μελέτη οι θετικές επιδράσεις των πρακτικών βιολογικής γεωργίας που βασίστηκαν στις μορφές οργανικών λιπάνσεων, τόσο στο εδαφικό περιβάλλον των φυτών, όσο και στα ποσοτικά και κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά του καπνού, ήταν εμφανής.

- Πιο συγκεκριμένα, με τις καλλιεργητικές πρακτικές που εφαρμόστηκαν, οι παράμετροι του εδάφους επηρεάστηκαν θετικά, τόσο στις επεμβάσεις με οργανικά λιπάσματα όσο και στην επέμβαση με ανόργανο λίπασμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της οργανικής ουσίας, του πορώδους, του ολικού αζώτου και του φωσφόρου του εδάφους, όπως αποτυπώνονται στον παρακάτω πίνακα.

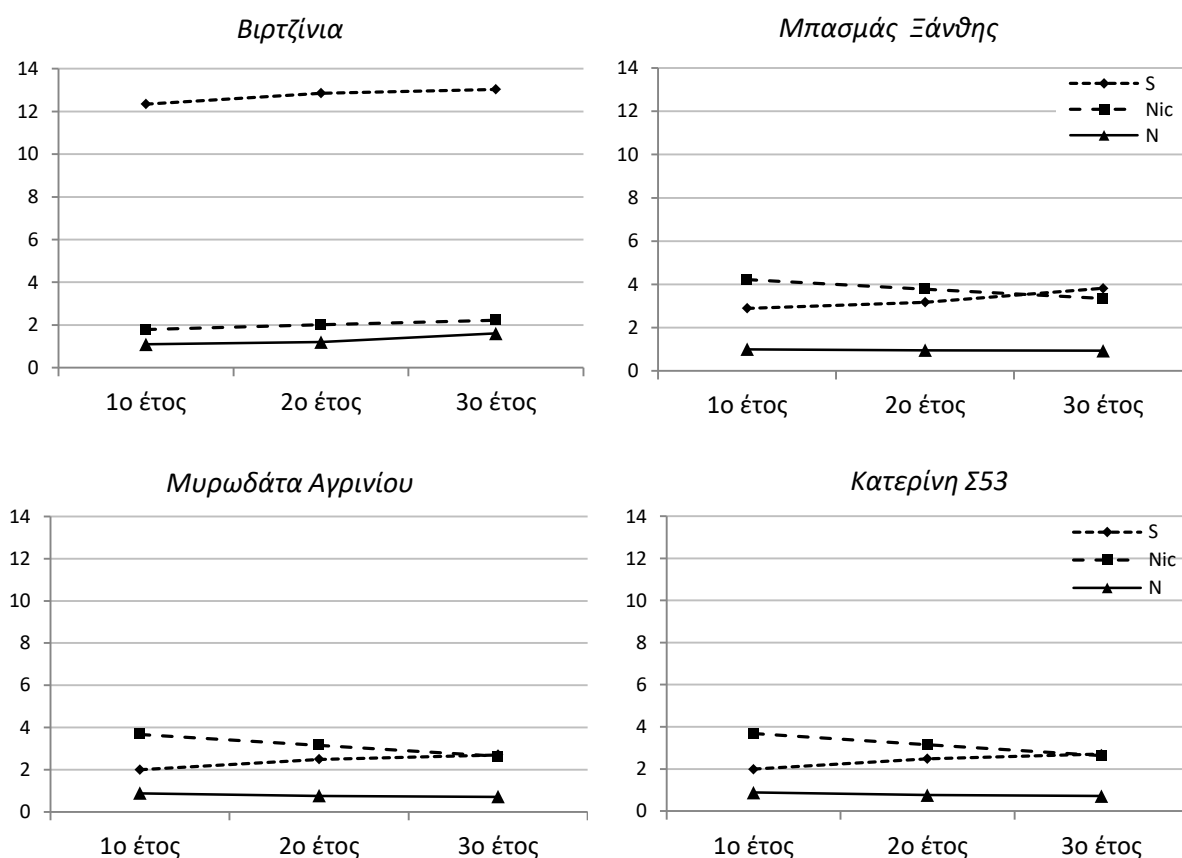
Πίνακας 6.1. Ποσοστιαία μεταβολή των εδαφικών παραμέτρων (οργανική ουσία, εδαφικό πορώδες, εδαφικό άζωτο, εδαφικός φώσφορος) στο πέρας της τριετίας για τις επεμβάσεις του παράγοντα λίπανση.

	<i>Μάρτυρας</i>	<i>NPK</i>	<i>Κοπριά</i>	<i>Κομπόστ</i>
<i>Οργανική Ουσία</i>	+2,70%	+1,70%	+23,00%	+16,00%
<i>Εδαφικό Πορώδες</i>	+15,00%	+5,00%	+25,00%	+20,00%
<i>Εδαφικό Άζωτο (N)</i>	+3,00%	+13,00%	+4,00%	+14,00%
<i>Εδαφικός Φώσφορος (P)</i>	+16,00%	+25,00%	+19,00%	+7,50%

- Όσον αφορά στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του καπνού, σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης (κυρίως στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του φυτού) και μεταξύ των ποικιλιών. Το ύψος και ο αριθμός φύλλων ανά φυτό παρουσίασαν παρόμοια αποτελέσματα και για τους δύο παράγοντες. Οι επεμβάσεις με κομπόστ και ανόργανο λίπασμα έδωσαν τα υψηλότερα φυτά και τα φυτά με μεγαλύτερο αριθμό φύλλων ενώ με βάση την ποικιλία, οι ποικιλίες ανατολικού τύπου είχαν στατιστικά σημαντικά υψηλότερα φυτά και μεγαλύτερο αριθμό φύλλων από την ποικιλία Βιρτζίνια και τα τρία έτη διεξαγωγής του πειράματος. Το μέγεθος φύλλου δεν επηρεάστηκε από τις διαφορετικές μορφές λίπανσης. Η ποικιλία Βιρτζίνια έδωσε φυτά με μεγαλύτερη επιφάνεια φύλλου από αυτή των ανατολικών ποικιλιών. Το μήκος ρίζας παρουσίασε σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, με τις επεμβάσεις του κομπόστ και της κοπριάς να υπερέχουν, έναντι των επεμβάσεων με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα.
- Οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φύλλων καπνού παρουσίασαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επεμβάσεων λίπανσης, με τις επεμβάσεις με κομπόστ και κοπριά να υπερέχουν κατά 20% από τις επεμβάσεις με ανόργανο λίπασμα και του μάρτυρα. Όσον αφορά στην ποικιλία, η ποικιλία Βιρτζίνια υπερείχε των υπόλοιπων ποικιλιών, ενώ ακολούθησαν οι ποικιλίες Μυρωδάτα Αργινίου, Κατερίνη Σ53 και Μπασμάς. Αξίζει να σημειωθεί η σημαντική αύξηση των αποδόσεων που παρατηρήθηκε σε όλες τις ποικιλίες, στο πέρας της τριετίας, και ιδιαίτερα στην ποικιλία Βιρτζίνια, όπου είχε τη μεγαλύτερη μεταβολή. Μία σημαντική παράμετρος για την βιομηχανική αξία του καπνού είναι οι αποδόσεις σε νικοτίνη ανά στρέμμα. Και εδώ η ποικιλία Βιρτζίνια είχε τις μεγαλύτερες τιμές με στατιστικά σημαντική διαφορά από τις ποικιλίες ανατολικού τύπου καθώς η παράμετρος αυτή σχετίζεται σημαντικά με τις αποδόσεις σε ξηρό

βάρος. Επίσης, στην ποικιλία Βιρτζίνια σημειώθηκε η μεγαλύτερη αύξηση αποδόσεων σε νικοτίνη (55%), στο πέρας της τριετίας.

- Αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ο παράγοντας λίπανση δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επεμβάσεων για το ολικό άζωτο, τη νικοτίνη και τα σάκχαρα, παρά μόνο για τον περιεχόμενο φώσφορο στα φύλλα. Οι επεμβάσεις με κοπριά και ανόργανο λίπασμα έδωσαν φυτά με την υψηλότερη περιεκτικότητα σε φώσφορο. Αντιθέτως, παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση του αζώτου, της νικοτίνης και των σακχάρων, μεταξύ των διαφορετικών ποικιλιών. Στις ποικιλίες ανατολικού τύπου, Μπασμάς, Κατερίνη Σ53 και Μυρωδάτα Αγρινίου τα επίπεδα νικοτίνης ήταν σημαντικά υψηλότερα από ότι στην ποικιλία Βιρτζίνια, σε αντιπαράβολή με την συγκέντρωση σακχάρων και αζώτου, όπου η ποικιλία Βιρτζίνια συγκέντρωσε τα μεγαλύτερα ποσοστά, όπως αυτά παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 6.1. Συγκέντρωση σακχάρων (S), νικοτίνης (Nic) και αζώτου (N) στον φυτικό ιστό των τεσσάρων ποικιλιών καπνού στο πέρας της τριετίας 2016- 2018.

7. Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

Adediran JA, Taiwo LB, Sobulo RA, Idowu OJ. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition*, 27: 1163-1181.

Andraski, T. W., and Bundy, L. G. 2008. Corn residue and nitrogen source effects on nitrogen availability in no-till corn. *Agron. J.* 100, 1274–1279.

Atalay, Y. 2007. The Effect of Different Fertilizers on the Mineral Contents of Some Vegetable Plants Grown in Organic Farming. Dumlupınar University Graduate School of Science Engineering and Technology, Master Thesis (unpublished). 69 p. Kütahya.

Ballari, M.H. 2005. Tabaco Virginia: Aspectos ecofisiológicos de la nutrición en condiciones de cultivo. Editorial Alejandro Graziani, Cordoba, Argentina.

Bending, G.D., M.K. Turner, F. Rayns, M.C. Marx, and M. Wood. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology & Biochemistry*. 36:1785- 1792.

Bilalis, D., Karkanis, A., Efthimiadou, A., Konstantas, A.R. and Triantafyllidis, V. 2009. Effects of irrigation system and green manure on yield and nicotine content of Virginia (Flue-cured) organic tobacco (*Nicotiana tabacum*), under Mediterranean conditions. *Ind. Crops Prod.* 29:388-394.

Black, C. A., and Goring, C. A. I. 1953. In “Soil and Fertilizer Phosphorus in Crop Nutrition” (W. H. Pierre and A. G. Norman, eds.), *Agronomy*, Vol. 4, pp. 123-152. Academic Press, New York.

Boukcim, H., Plassard, C., 2003. Juvenile nitrogen uptake capacities and root architecture of two open-pollinated families of *Picea abies*. Effects of nitrogen source and ectomycorrhizal symbiosis. *Journal of plant physiology* 160, 1211-1218.

Bozhinova, Radka. 2016. Effect of long-term phosphorus fertilization on the mineral composition of oriental tobacco. 22. 386-390.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. *The Nature and Properties of Soils*. Thirteenth Ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. pp.543-589.

Bruns, H.A. 2012. *Concepts in crop rotations*. INTECH Open Access Publisher.

Bryson, G. and Mills, H. 2014. *Plant Analysis Handbook IV*, Micro-Macro Publishing: Athens, GA.

Bundy, L., Meisinger, J. 1994. Nitrogen availability indices. *Methods of Soil Analysis: Part 2—Microbiological and Biochemical Properties*, 951-984.

Bush, L.P. 1999. Alkaloid biosynthesis. In: D.L. Davis and M.T. Nielsen, editors, Tobacco: Production, chemistry, and technology. Blackwell Sci., London, UK. p. 285–291.

Butorac, A., Mesić, M., Butorac, J., Turšić, I., Bašić, F., Vuletić, N. and Berdin, M. 1995. Influence of Biopost and Organo upon flue-cured tobacco grown on semigley. II. Chemical composition of tobacco leaf and changes in the chemical soil complex. *Journal of Agromomy and Crop Science* 175(5):307-316.

Cakir, R., Cebib, U., 2006. Growth and dry matter accumulation dynamics of flue cured tobacco under different soil moisture regimes. *J. Agron.* 5(1), 79-86.

Camas N, Caliskan O, Odabas MS, Ayan AK, 2009. The Effects of Organic Originated Fertilizer Doses on Yield and Quality of Esendal Tobacco Cultivar. Turkey VIII. Field Crops Con. 251-254

Canfield, D.E., Glazer, A.N., Falkowski, P.G., 2010. The evolution and future of earth's nitrogen cycle. *Science* 330, 192–196.

Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H., Pierce, F.J., 1997. Concepts of soil quality and their significance. In: Gregorich, E.G., Carter, M.R. (Eds.), *Soil Quality for Crop Product*. Elsevier Science Publisher, Amsterdam, Netherlands, pp. 1–19.

Chamberlain, W. J., R. F. Severson, and M. G. Stepherson. 1984. Levels of N - nitrosornicotine in tobaccos grown under varying agronomic conditions. *Tob. Sci.* 28:156-158.

Chapin, I.I.I.F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M., 2012. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Springer-Verlag, New York.

Cheng S, Tang Y, Gong CR, Dou YQ, Yang P, Yang ZL, Xue LB, Li C. 2007. Study on the leaf properties and curing characteristics of flue-cured tobacco leaves in Damianshan. *ChinTob Sci.* 28(2):31-37.

Clark, S., K. Klonsky, P. Livingston and S. Temple. 1999. Crop-yield and economic comparisons of organic, low-input, and conventional farming systems in California's Sacramento Valley. *American Journal of Alternative Agriculture* 14: 109-121.

Collins, W.K., and S.N. Hawks, Jr. 1993. *Principles of flue-cured tobacco production*. North Carolina State Univ., Raleigh.

Collins, W.K., G.L. Jones, and W.W. Bates, Jr. 1965. Performance of fluecured tobacco varieties for certain nitrogenous constituents and reducing sugars. *Tob. Sci.* 9:38–43.

Davalieva, K., I. Maleva, K. Filiposki, O. Spiroski, G. Efremov. 2010. Genetic Variability of Macedonian tobacco varieties determined by microsatellite marker analysis. *Diversity* 2: 439-449.

Delate, K., M. Duffy, C. Chase, A. Holste, H. Friedrich and N. Wantate, 2003. An economic comparison of organic and conventional grain crops in a long-term agroecological research (LTAR) site in Iowa. *American Journal of Alternative Agriculture* 18: 59.

Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA, pp. 3–21.

Earles, R. and P. Williams. 2005. *Sustainable Agriculture: An Introduction*. ATTRA, the National Sustainable Agriculture Information Service. H. Michels. National Center for Appropriate Technology (NCAT).

Elliot, J.M. and M.E. Back. 1963. Effects of potassium and chlorine on the production of tobacco seedlings. *Can. J. Soil. Sci.* 43, 268-274.

Elliot, J.M., and W.A. Court. 1978. The effects of applied nitrogen on certain properties of flue-cured tobacco and smoke characteristics of cigarettes. *Tob. Sci.* 22:54–58.

Epstein, E., 1972. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Erismann, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z., Winiwarter, W., 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1, 636-639.

Fisher, L.R. 2019. North Carolina State University: Flue-cured tobacco guide 2019 AG-187. Rev. ed. North Carolina Coop. Ext., Raleigh.

Flower, K.C. 1999. Field practices. In: D.L. Davis and M.T. Nielsen, editors, *Tobacco: Production, chemistry, and technology*. Blackwell Sci., London, UK. p. 76–103.

Food, Agriculture, Conservation and Trade Act of 1990 FACTA. 1990. Title XVI, Subtitle A. Government Printing Office, Washington, DC U.S.A.

Francis, C. 2009. New Process and players in the nitrogen cycle: the microbial ecology and anaerobic process and archaeal ammonia oxidation. *The ISME Journal* 1: 19-27.

Franzluebbers A.J., 2011. Stratification of Soil Porosity and Organic Matter. In: Gliński J., Horabik J., Lipiec J. (eds) *Encyclopedia of Agrophysics*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht

Gabriel, D.; Salt, S.M.; Kunin, W.E.; Benton, T.G. 2013. Food Production Vs. Biodiversity: Comparing Organic and Conventional Agriculture. *Journal of Applied Ecology*, Volume 50, Issue 2: 355-364.

Galloway, J.N., Cowling, E.B., 2002. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31, 64-71.

Gastal, F., Lemaire, G., 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53, 789-799.

Gier, L. 1940. Root Systems of Bright Tobacco. *American Journal of Botany*, 27(9), 780-787. Retrieved July 6, 2020, from www.jstor.org/stable/2436905.

Gill, K., Jarvis, S., Hatch, D., 1995. Mineralization of nitrogen in long-term pasture soils: effects of management. *Plant and Soil* 172, 153-162.

Gilliam, J.W., Logan, T.J. and Breadbent, F.E. 1985. Fertilizer use in relation to the environment. *Fert. Technology and Use*, 3rd ed, SSSA, p. 561-588.

Goncalves, J., Carlyle, J., 1994. Modelling the influence of moisture and temperature on net nitrogen mineralization in a forested sandy soil. *Soil Biology and Biochemistry* 26, 1557-1564.

Greene, C., 2007. Data Track the Expansion of International and U.S. Organic Farming. *Amber Waves, The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*.

Gurumurthy, K.T. and T.S. Vageesh. 2007. Leaf yield and nutrient uptake by FCV tobacco as influenced by K and Mg nutrition. *Karnataka J. Agric. Sci.* 20, 741-744.

Haghighi, H.; Daliri, M.S.; Mobaser, H.R.; Moosavi, A.A. 2011. Effect of different nitrogen and potassium fertilizer levels on quality and quantity yield of flue cured tobacco. *World Appl. Sci. J.* 15, 941–946.

Hashimoto T, Yamada Y. Alkaloid biogenesis: Molecular aspects. 1994. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:257–285.

Haynes, R., Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 123–137.

Herrero, E.V., J.P. Mitchell, W.T. Lanini, S.R. Temple, E.M. Miyao, R.D. Morse, and E. Campiglia. 2001. Use of cover crop mulches in a no-till furrow-irrigated processing tomato production system. *HortTechnology*. 11(1):43-48.

Hibi N, Higashiguchi S, Hashimoto T, Yamada Y. 1994. Gene expression in tobacco low-nicotine mutants. *Plant Cell* 6:723–735.

Houlton B.Z., Morford S.L. 2015. A new synthesis for terrestrial nitrogen inputs. *Soil Sc.* 1: 381-397.

<https://ec.europa.eu/eurostat>. 2019. Agriculture, forestry and fishery statistics. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

<https://www.statista.com/statistics/261173/leading-countries-in-tobaccoproduction/2018>

<https://www.who.int/tobacco/en/atlas/2017>

Huang, B., Sun, W., Zhao, Y., Zhu, J., Yang, R., Zou, Z., ... Su, J. 2007. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices. *Geoderma*, 139(3-4), 336–345.

Huntley, EE.; Collins, EE.; Swisher, M.E. 2013. Effects of Organic and Conventional Farm Practices on Soil Quality. University of Florida [Online]; <http://www.nal.usda.gov/afsic/nsfc/39.htm>

Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Karlen, D. L., Cambardella, C. A., and Meek, D. W. 2001. Nitrate Loss in Subsurface Drainage as Affected by Nitrogen Fertilizer Rate. *J. Environ. Qual.* 30: 1305-14.

Jing, Xu, Liu HaiLun, He WenXiang, Xing ShaoFeng, Gao YaJun, Deng XiaoCheng. 2010. Effects of soil fertilization on soil chemical properties and tobacco quality. *Journal of Northwest A & F University - Natural Science Edition* Vol.38 No.4 pp.86-90.

Jodidi S.I., 1911. The chemical nature of the organic nitrogen in the soil. *J. Am. Chem. Soc.*, 33: 1226-1241.

Ju Xiao-Tang, Chao Feng-Chun, Li Chun-Jian, Jiang Rong-Feng, P. Christie and Zhang Fu-Suo. 2008. Yield and Nicotine Content of Flue-Cured Tobacco as Affected by Soil Nitrogen Mineralization. *Soil Science Society of China. Pedosphere* 18(2): 227-235

Ju, X.T., Chao, F.C., Li, C.J., Jiang, R.F., Christie, P. and Zhang, F.S. 2008. Yield and nicotine content of flue-cured tobacco as affected by soil nitrogen mineralization. *Pedosphere* 18:227-235.

Kafi M (2002) *Cumin, Technology, production and processing*. Center of Excellence for Special Crops. Ferdowsi University OF Mashhad Press: 19-33.

Karlen, D.L., Hurley, E.G., Andrews, S.S., Cambardella, C.A., Meek, D.W., Duffy, M.D., Mallarino, A.P., 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. *Agron. J.* 98, 484–495.

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., Cruse, R.M., 1994. Crop rotations for the 21st century. In: Donald, L.S. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 1-45.

Kay, B. D., and VandenBygaart, A. J., 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research*, 66, 107–118.

Knicker H., 2011. Soil organic N — an under-rated player for C sequestration in soils? *Soil Biol. Biochem.*, 43, 1118-1129.

Konstantinou, E., Fotopoulou, F., Drosos, A., Dimakopoulou, N., Zagoriti, Z., Niarchos, A., Poulas, K. (2018). Tobacco-specific nitrosamines: A literature review. *Food and Chemical Toxicology*, 118, 198–203.

Kuepper, G. and L. Gegner. 2004. Organic Crop Production Overview. *Fundamentals of Sustainable Agriculture*, Retrieved July 21, 2008, from <http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/organiccrop.pdf>

Kurt, D. and Ayan, A.K. 2014. Effect of the Different Organic Fertilizer Sources and Doses on Yield in Organic Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Production. *J. Agri. Fac. Gaziosmanpasa Uni.* 31 (2):7-14.

Lefngwell, J.C. 1999. Basic chemical constituents of tobacco leaf and differences among tobacco types. In: D.L. Davis and M.T. Nielsen, editors, *Tobacco: Production, chemistry, and technology*. Blackwell Sci., London, UK. p. 265–284.

Lewis, R.S. 2018. Potential mandated lowering of nicotine levels in cigarettes: A plant perspective. *Nicotine Tob. Res.* 21(7):991–995.

Liebman, M. and Ohno, T. 1996. Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth: Application for weed management, *Adv. Soil Science*.

Lu, Y.X., C.J. Li, and F.S. Zhang. 2005. Transpiration, potassium uptake and flow in tobacco as affected by nitrogen forms and nutrient levels. *Ann. Bot.* 95, 991-998.

Maathuis, F. J. M. 2009. Physiological Functions of Mineral Macronutrients. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12: 250-8.

MacKown C.T. and T.G. Sutton. 1997. Recovery of fertilizer nitrogen applied to Burley tobacco. *Agron. J.* 89: 183–189.

Marambe, B. and R. Sangakkara. 1988. Evaluation of different nitrogen fertilizer techniques on emergence and growth of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seedlings. *J. Agron. Crop. Sci.* 161: 273–276.

Marchetti, R., F. Castelli, and R. Contillo. 2006. Nitrogen requirements for flue-cured tobacco. *Agron. J.* 98, 666-674.

Marschner, H., Marschner, P. 2012. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.

Marynak, K.L., D.G. Gammon, B.A. King, B.R. Loomis, E.B. Fulmer, T.W. Wang, and T. Rogers. 2017. National and state trends in sales of cigarettes and e-cigarettes, US, 2011–2015. *Am. J. Prev. Med.* 53:96–101.

Maw, B. W. and B. G. Mullinix. 1992. Comparing six models of various complexity for calculating leaf area from measurements of leaf width and length. *Tob. Sci.* 36: 40–42.

McCants C.B. and W.G. Woltz. 1967. Growth and mineral nutrition of tobacco. *Adv. Agron.* 19: 211–269.

Miner, G.S. 1980. Effect of harvest method and related management practices on flue-cured tobacco II: Total N, total alkaloids, reducing sugars and particulate matter index. *Tob. Sci.* 24:81–84.

Miner, G.S. and M.R. Tucker. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing tobacco. pp. 645-657. In: Westerman, R.L. (ed.). *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. Soil Science Society of America Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI.

Moustakas, N. K. and Ntzanis, H. 1998. Estimating flue-cured tobacco leaf area from linear measurements under Mediterranean conditions. *Agr. Med.*, Vol. 128, 226-231.

Mulvaney, R. L., Khan, S. A., and Ellsworth, T. R. 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J. Environ. Qual.* 38, 2295–2314.

National Research Council. 1993. *Soil and water quality: An agenda for agriculture*. National Academy Press, Washington, DC.

North Carolina Cooperative Extension Service. 2008. *Burley Tobacco Guide*. AG-376. Published by North Carolina Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Life Sciences.

Ohno, T., & Crannell, B. S. 1996. Green and Animal Manure-Derived Dissolved Organic Matter Effects on Phosphorus Sorption. *Journal of Environment Quality*, 25(5), 1137.

Organic Trade Association. 2008. NOSB Definition of Organic. Retrieved September 15, 2008, from <http://www.ota.com/standards/nosb/definition.html>

Parker, R.G. 2009. Evaluation of nitrogen sources and rates on yield and quality of modern flue-cured tobacco cultivars. PhD thesis. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Peedin, G.F., and C.B. McCants. 1977. Influence of soil applications of calcium on selected agronomic and chemical characteristics of fluecured tobacco. *Tob. Sci.* 21:17–21.

Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Christ, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267, 1117–1123.

Poffenbarger, H. J., Sawyer, J. E., Barker, D. W., Olk, D. C., Six, J., and Castellano, M. J. (2018). Legacy effects of long-term nitrogen fertilizer application on the fate of nitrogen fertilizer inputs in continuous maize. *Agricult. Ecosyst. Environ.* 265, 544–555.

Pretty, J.N., Brett, C., Gee, D., Hine, R.E., Mason, C.F., Morison, J.I.L., Raven, H., Rayment, M.D., van der Bijl, G., 2000. An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agric. Syst.* 65, 113–136.

Ramsey S. Lewis, Robert G. Parker, David A. Danhower, Karen Andres, Anne M. Jack, D. Scott Whitley, and Lowell P. Bush. 2012. Impact of Alleles at the Yellow Burley (Yb) Loci and Nitrogen Fertilization Rate on Nitrogen Utilization Efficiency and Tobacco-Specific Nitrosamine (TSNA) Formation in Air-Cured Tobacco. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60 (25): 6454-6461

Raper, C.D., Jr., and C.B. McCants. 1970. Performance of flue-cured tobacco on selected soil nitrogen availability regimes. *Tob. Sci.* 14:22–25.

Reed, T.D., C.S. Johnson, P.J. Semtner, and C.A. Wilkinson. 2011. Flue-cured tobacco production guide. Virginia Cooperative Extension Service, North Carolina State University, Raleigh, NC.

Rogers, J.D., and A.R. Mitchem. 1976. Physical properties of leaf as indicators of chemical and smoking properties. *Recent Adv. Tob. Sci.* 2:112–126.

Royo L., W. 2008. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad: tabaco. SQM, Santiago.

Rosen, C.J. and Allan, D.L. 2007. Exploring the Benefits of Organic Nutrient Sources for Crop Production and Soil Quality. American Society of Horticulture Science. *HortTechnology* 17:4, 422-430.

Russell, A. E., Cambardella, C. A., Laird, D. A., Jaynes, D. B., and Meek, D. W. 2009. Nitrogen fertilizer effects on soil carbon balances in Midwestern US agricultural systems. *Ecol. Appl.* 19, 1102–1113. doi: 10.1890/07-1919.1

Sabahi H (2006) Effect of integrated organic and chemical fertilizers application on biological activity, soil physicochemical characters and canola yield on Zir-Ab region (Sari). Ph. Thesis. Tarbiat Modares University.

Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T., 2004. Soil quality management, synthesis. In: Schjonning, P., Elmholt, S., Christensen, B.T.(Eds.), *Managing Soil Quality: Changes in Modern Agriculture.* pp.315–333.

Sfikas, A. 1990. Oriental tobacco: another type of tobacco. Tobacco: meeting the challenge. Symposium 1990, Kallithea, Greece CORESTA (Centre de Cooperation pour les Recherches Scientifiques du Tabac, Paris) Abstract A03: 9-23.

Shmuk, A.A. 1953. The chemistry and technology of tobacco. Pishchepromizdat, Moscow, Russia.

Sierra, J., 1997. Temperature and soil moisture dependence of N mineralization in intact soil cores. *Soil Biology and Biochemistry* 29, 1557-1563.

Sifola, M., and L. Postiglione. 2003. The effect of nitrogen fertilization on nitrogen use efficiency of irrigated and non-irrigated tobacco (*nicotiana tabacum* L.). *Plant and Soil*, 252(2), 313-323.

Sims, J.L. and K.L. Wells. 1985. Liming and fertilizing burley tobacco AGR-49. University of Kentucky. October 1985.

Smil, V., 2004. *Enriching the earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production.* MIT press.

Smith, P., Powelson, D.S., Smith, J.U., Falloon, P., Coleman, K., 2000. Meeting Europe's climate change commitments: quantitative estimates of the potential for carbon mitigation by agriculture. *Glob. Change Biol.* 6, 525–539.

Smith, W. 2009. Managing nutrients. pp. 58-81. In: Flue-cured tobacco guide. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Song Z, Wang J, Sun M, Wu J, Gong C and Liu G, 2016. Effects of organic fertilizer applications on starch changes in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves during maturation. *Soil Sci. Plant Nutri.* 62(2):173-179

Spedding, T.A., C. Hamel, G.R. Mehuys, and C.A. Madramootoo. 2004. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. *Soil Biology and Biochemistry.* 36:499-512.

Sterner, R. W., and Elser, J. J. 2002. *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements From Molecules to the Biosphere.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Stevens, W. B., Hoefl, R. G., and Mulvaney, R. L. 2005. Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study. *Agron. J.* 97, 1046–1053.

Tasbasli, H., B. Zeytin, E. Aksoy, HM. Konuskan, 2003. *General Principles of Organic Agriculture.* T.C. Ministry of Agriculture and Rural Areas. Presidency of Research, Planning, Coordination Association, 118 p. Ankara.

Tisdall, J., Oades, J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of soil science* 33, 141-163.

Townsend, A.R., Howarth, R.W., Bazzaz, F.A., Booth, M.S., Cleveland, C.C., Collinge, S.K., Dobson, A.P., Epstein, P.R., Holland, E.A., Keeney, D.R., 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 240-246.

Trewavas, S., 2001. Urban myths of organic farming. *Nature* 410: 409-410.

Trumbore, S. E. 1997. Potential responses of soil organic carbon to global environmental change. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 94, 8284–8291.

Tso, T.C. 1999. Seed to smoke. In: D.L. Davis and M.T. Nielsen, editors, *Tobacco: Production, chemistry, and technology.* Blackwell Sci, London, UK. p. 1–31.

USDA. Gov. U.S. Department of Agriculture. 2013. Web. <http://www.nal.usda.gov/history-art-and-biography/history-agriculture> .

Van Der Krift, T.A., Berendse, F., 2001. The effect of plant species on soil nitrogen mineralization. *Journal of Ecology* 89, 555-561

Wahlberg, I., A. Wiernik, A., Christakopoulos, and L. Jonhansson. 1999. Tobacco-specific nitrosamines. A multidisciplinary research area. *Agro. Food Industry Hi-tech.* July/August:23-28.

Walker, T. W., and Adams, A. F. R. 1959. Studies on soil organic matter. *Soil Science: Vol.* 87, issue 1, p: 1-10.

Wardle, D.A., G.W. Yeates, K.S. Nicholson, K.I. Bonner, and R.N. Watson. 1999. Response of soil microbial biomass dynamics, activity and plant litter decomposition to

agricultural intensification over a seven-year period. *Soil Biology and Biochemistry*. 31:1707-1720.

Wernsman, E.A., and D.F. Matzinger. 1968. Time and site of nicotine conversion in tobacco. *Tob. Sci.* 12:226–228.

Weybrew, J.A., G.L. Jones, T.J. Mann, W.G. Woltz, T.B. Hutcheson, C.J. Nusbaum, and C.H.M. van Bavel. 1953. Factors affecting the nicotine content of flue-cured tobacco. Res. Rep. 8. North Carolina State College, Raleigh.

Weybrew, J.A., and W.G. Woltz. 1975. Production factors affecting chemical properties of the flue-cured leaf. *Tob. Int.* 177(6):46–48.

White, K.D., 1970. Fallowing, crop rotation, and crop yields in Roman times. *Agricultural History*, 281-290.

Wiernik, A., A. Christakopoulos, L. Johansson, and I. Wahlberg. 1995. Effects of air-curing on the chemical composition of tobacco. Svenska Tobaks AB, Department Resarca, S-118 84 Stockholm Sweden. 39-80.

Wilkinson, W.C., L.R. Fisher, W.D. Smith, and D.L. Jordan. 2008. Effects of stand loss, planting date, and replanting method on yield and quality of flue-cured tobacco. *Tob. Sci.* 47:44–52. doi:10.3381/1965.

World Health Organization. 2015. Advisory note: Global nicotine reduction strategy. WHO Study Group on Tobacco Product Regulation (TobReg), Geneva, Switzerland.

Xi, X., Li, C., & Zhang, F. 2008. Tobacco plants can use nitrogen taken up before mechanical wounding to synthesize nicotine afterwards. *Plant signaling & behavior*, 3(2), 87–90.

Xinming; MA, Guoshun, L., Xiaochun, W., Jiheng, NI. 2001. Effects of different types of soil on tobacco root development. CORESTA Meeting, Agronomy/Phytopathology, Cape Town, POST 01.

Xu ZC, Liu GS, Liu JH, Jin WH, Shi SC, Niu DJ, Zhu ZY (2005) Analysis of ecological factors and quality of flue-cured tobacco leaves in Tongshan tobacco-growing areas. *Acta Ecol Sin.* 25(7):1748-1753.

Yang, T.-Z., L.-M. Lu, W. Xia, and J.-H. Fan. 2007. Characteristics of potassium-enriched, flue-cured tobacco genotype in potassium absorption, accumulation, and in-ward potassium currents of root cortex. *Agric. Sci. China.* 6, 1479-1486.

Zech, W., Senesi, N., Guggenberger, G., Kaiser, K., Lehmann, J., Miano, T.M., Miltner, A., Schroth, G., 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma* 79, 117-161.

Zenkner, F.F., Margis-Pinheiro, M. and Cagliari, A. 2019. Nicotine Biosynthesis in *Nicotiana*: A Metabolic Overview. *Tobacco Science*: Vol. 56, No. 1, pp. 1-9.

Zhang, P., L. Li, G. Pan, and J. Ren. 2006. Soil quality changes in land degradation as indicated by soil chemical, biochemical and microbiological properties in a karst area of southwest Guizhou, China. *Environ. Geol.* 51:609-619.

Zhao, Z., C. Li, Y. Yang, and F. Zhang. 2010. Why does potassium concentration in flue-cured tobacco leaves decrease after apex excision? *Field Crops Res.* 116, 86-91.

Zimmer, G. F., 2000. *Nature's Way: The Soil-Plant System*. In: (Eds.) *The Biological Farmer*. Acres USA, Austin, TX: 25.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Θεριός, Ι., 1996. *Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα*. Εκδόσεις Δεδούση. Θεσσαλονίκη.

Μπιλάλης, Δ., 1999. Μελέτη συστημάτων εδαφοκατεργασίας-σποράς με και χωρίς λίπανση, σε φυτικές και εδαφικές παραμέτρους σε διετή αμειψισπορά. Διδακτορική διατριβή, Εργαστήριο Γεωργίας. Γ.Π.Α., Αθήνα

Σιδηράς, Ν. 1997. Προβλήματα θρέψης βιοκαλλιεργειών. Η σημασία της χλωρής λίπανσης. *Περιοδικό ΔΗΩ*, Σ.3, Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος, 31-42.

8. Λίστα Δημοσιεύσεων

1. Tabaxi I., Roussis I., Karydogianni S., Kakabouki I., Kalivas A., Folina A., Bilalis D. 2020. *Effect of chloride content in irrigation water on yield and chemical composition of leaves of three oriental tobacco (Nicotiana tabacum L.) cultivars*. J. Elem., 25(2): 581-594.
2. Tabaxi I., Zisi Ch., Karydogianni S., Folina A., Kakabouki I., Kalivas A., Bilalis D. 2020. *Effect of organic fertilization on quality and yield of oriental tobacco (Nicotiana tabacum L.) under Mediterranean conditions*. Asian J. of Agriculture and Biology. *In press*.
3. Tabaxi I., Kakabouki I., Zisi Ch., Karydogianni S., Folina A., Kalivas A., Bilalis D. 2020. *Effect of organic fertilization on soil characteristics, yield and quality of Virginia Tobacco in Mediterranean area*. Emirates Journal of Food and Agriculture. *In press*.

