



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση της αλατότητας και της αζωτούχου λίπανσης
στην απόδοση και χημική σύσταση ποικιλιών βασιλικού
(*Ocimum basilicum* L.)**

Κυριάκος Παπαδόπουλος



Επιβλέπων Καθηγητής: Πετρόπουλος Σπύρος

Βόλος, Φεβρουάριος 2023

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση της αλατότητας και της αζωτούχου λίπανσης
στην απόδοση και χημική σύσταση ποικιλιών βασιλικού
(*Ocimum basilicum* L.)**

**The effect of salinity and nitrogen fertilization on the
quality and chemical composition of basil cultivars
(*Ocimum basilicum* L.)**

Κυριάκος Παπαδόπουλος

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Πετρόπουλος Σπύρος (επιβλέπων): Αναπληρωτής Καθηγητής Λαχανοκομίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Παυλή Ουρανία (μέλος): Επίκουρος Καθηγήτρια Γενετικής Βελτίωσης Φυτών, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δαναλάτος Νικόλαος (μέλος): Καθηγητής Γεωργίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα ευχαριστήσω τον κύριο Πετρόπουλο Σπύρο, Αναπληρωτή καθηγητή Λαχανοκομίας και επιβλέποντα της διπλωματικής μου, για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια του κατά την διάρκεια του πειράματος και της συγγραφής της παρούσας εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ την κα. Παυλή και τον κο. Δαναλάτο για τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρωτίστως την οικογένειά μου και τους φίλους μου, για την αμέριστη στήριξη και τις συμβουλές τους όλα τα προηγούμενα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την φίλη μου και συνάδελφο Μπέμπη Μαρία, για τις πολύωρες συζητήσεις σχετικά με την συγγραφή της παρούσας εργασίας και τη γενικότερη υποστήριξη της στην ακαδημαϊκή μου πορεία.

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

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract.....	3
1. Εισαγωγή.....	5
1.1 Βασιλικός	5
1.2. Άζωτο	22
1.3. Αλατότητα	29
1.4. Σκοπός της εργασίας	35
2. Υλικά και Μέθοδοι	36
2.1. Περιγραφή πειράματος	36
2.2. Ποικιλίες.....	39
2.3. Προετοιμασία διαλυμάτων αζώτου και αλάτων	39
2.4. Συγκομιδή	40
2.5. Ζύγιση.....	40
2.6. Μέτρηση χρώματος	40
2.6. Προσδιορισμός συστατικών	41
2.7. Επεξεργασία δεδομένων – Στατιστική ανάλυση	44
3. Αποτελέσματα.....	46
3.1. Άζωτο	46
3.2. Αλατότητα	62
4. Συζήτηση	76
4.1. Άζωτο	76
4.2. Αλατότητα	81
5. Συμπεράσματα.....	87
Βιβλιογραφία.....	89
Ελληνική	89
Ξενόγλωσση.....	90

Περίληψη

Ο βασιλικός (*Ocimum basilicum* L.), είναι ένα μονοετές, ποώδες φυτό που ανήκει στην οικογένεια Lamiaceae. Στη σύγχρονη καλλιέργεια του βασιλικού η λίπανση συμβάλλει καθοριστικά στην τελική απόδοση των φυτών, με πρωταρχικό συστατικό το άζωτο. Η κατάλληλη χρήση του αζώτου μπορεί να επηρεάσει δραστικά τόσο την ποσότητα, όσο και την ποιότητα της καλλιέργειας. Ακόμη, τα επίπεδα της αλατότητας αποτελούν συχνά περιοριστικό παράγοντα της ανάπτυξης των φυτών.

Στην παρούσα εργασία, διερευνήθηκε η επίδραση αυτών των δύο παραγόντων σε φυτά βασιλικού. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες βασιλικού (Red Basil, Dark Opal, Basilico Rosso και Μύτικας). Σκοπός του πειράματος ήταν να διερευνηθεί το κατά πόσο επηρεάζει η αζωτούχος λίπανση και το επίπεδο αλατότητας, την τελική απόδοση των ποικιλιών και την χημική σύσταση αυτών. Για να γίνει αυτό, η λίπανση με άζωτο χωρίστηκε σε 4 διαφορετικές μεταχειρίσεις με αυξανόμενη ποσότητα N (0, 200, 400 και 600 ppm N), ενώ για τον προσδιορισμό της επίδρασης της αλατότητας εφαρμόστηκαν 3 μεταχειρίσεις, με αυξανόμενα επίπεδα αλατότητας (ηλεκτρικής αγωγιμότητας 1,8, 3 και 4,5 dS/m). Ακολούθησε ζύγισμα, χρωματομετρία, ταυτοποίηση και ποσοτικός προσδιορισμός των κύριων συστατικών σε φύλλα βασιλικού.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αλληλεπίδραση γονότυπου-αζωτούχου λίπανσης είχε σημαντική επίδραση στην απόδοση και στις περισσότερες παραμέτρους που αναλύθηκαν. Η περιεκτικότητα των φύλλων σε τοκοφερόλες αυξήθηκε σταθερά με την αύξηση της ποσότητας N. Τα οργανικά οξέα φάνηκε να επηρεάζονται θετικά με την αύξηση του επιπέδου του διαθέσιμου N, ενώ η περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες αρνητικά, στις περισσότερες περιπτώσεις. Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) ήταν η κύρια κατηγορία λιπαρών οξέων που ανιχνεύθηκε. Όλες οι ποικιλίες παρουσίασαν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ελεύθερα σάκχαρα στο μεγαλύτερο επίπεδο αζωτούχου λίπανσης, αλλά στα υπόλοιπα επίπεδα δεν υπήρξε μία σταθερή τάση.

Από την άλλη μεριά, το επίπεδο της αλατότητας φάνηκε να μην επηρεάζει την απόδοση, εκτός από την ποικιλία Red Basil που στο υψηλό επίπεδο αλατότητας παρουσίασε σημαντική πτώση. Η θρεπτική αξία, με εξαίρεση την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, αυξήθηκε με την αύξηση της αλατότητας, ενώ η ενεργειακή αξία μειώθηκε. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα ελεύθερα σάκχαρα αυξήθηκαν υπό αλατούχες συνθήκες, ενώ παρατηρήθηκαν μειωτικές τάσεις για τα κύρια οργανικά οξέα και τις τοκοφερόλες σε όλες τις ποικιλίες. Τα κύρια λιπαρά οξέα ήταν το α-λινολενικό, το λινολεϊκό και το παλμιτικό οξύ, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται κάποια σταθερή τάση, ενώ οι κυριότερες πολυφαινόλες ήταν το σαγερινικό οξύ και η eriodictyol-O-malonylhexoside. Τέλος, το χημικό προφίλ των ποικιλιών που μελετήθηκαν επηρεάστηκε τόσο από την αλατότητα, όσο και από το γονότυπο.

Λέξεις – κλειδιά

Βασιλικός, αζωτούχος λίπανση, απόδοση, ποικιλίες, αλατότητα, χημική σύνθεση

Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual, herbaceous plant that belongs to the Lamiaceae family. Modern cultivational techniques in basil focus mainly on balancing nitrogen input to achieve maximum plant yield and avoid environmental consequences at the same time. The correct use of nitrogen fertilizers can drastically affect both the quantity and the quality of basil. Furthermore, salinity levels are often a limiting factor in plant growth.

The scope of this thesis was to determine the effect of these two factors. Four different varieties of basil were used (Red Basil, Dark Opal, Basilico Rosso and Mitikas). The purpose of the experiment was to investigate whether nitrogen fertilization and saline conditions affect the total yield of these varieties. To do this, nitrogen fertilization input was divided into 4 different treatments with an increasing amount of N. In order to determine the effect of salinity, 3 treatments were created, with increasing level of salts. This was followed by weighing, chromatometry, identification and quantification of the main components in basil leaves.

The results showed that in all varieties, nitrogen application and its interaction with each genotype had a significant effect on total yield and most of the tested parameters. The content of tocopherols in the leaves increased steadily with the increasing amount of N. Organic acids appeared to be positively affected by increasing the level of available N, while the content of polyphenols was affected negatively, in most cases. Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) were the main identified class of fatty acids. All cultivars showed the highest content of free sugars at the highest level of nitrogen fertilization, but at the other levels there was no consistent trend.

On the other hand, salinity levels did not seem to affect the yield, except for the variety Red Basil, which at the high level of salinity showed a significant decline. Nutritional value, except for protein content, was increased by salinity, while energy value was decreased. In most cases, free sugars increased under saline conditions, while decreasing trends were observed for the main organic

acids and tocopherols in all cultivars. The main fatty acids were α -linolenic, linoleic and palmitic acids, while no consistent trend was observed and the main polyphenols were sageric acid and eriodictyol-O-malonylhexoside. Finally, the chemical profile of the varieties studied was influenced by both salinity and genotype.

Keywords

Basil, nitrogen fertilization, yield, chemical composition, salinity

1. Εισαγωγή

1.1 Βασιλικός

Ο βασιλικός (*Ocimum basilicum* L.) είναι ένα αρωματικό φυτό με μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και αποτελεί τη σημαντικότερη ευρέως καλλιεργούμενη εμπορική καλλωπιστική καλλιέργεια. Το φυτό έχει περιγραφεί από την αρχαιότητα, συγκεκριμένα από τον Διοσκουρίδη, με το όνομα όκιμον (η λέξη αυτή προέρχεται από το ρήμα «όζειν», δηλαδή μυρωδιά). Το όνομα του γένους *Ocimum*, που περιεγράφηκε από τον Λιναίο το 1.753 μ.Χ. για πρώτη φορά, είναι η λατινική απόδοση του ελληνικού ονόματος του φυτού όκιμον.

Σήμερα, ο βασιλικός καλλιεργείται σε πολλές Ασιατικές και Μεσογειακές χώρες, με εκτεταμένη καλλιέργεια στην Γαλλία, την Αίγυπτο, την Ουγγαρία, τη Βουλγαρία, την Ινδία, την Ινδονησία, το Μαρόκο, τις Η.Π.Α., την Ελλάδα και το Ισραήλ (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012). Τα προϊόντα του βασιλικού είναι η χλωρή και ξηρή δρόγη, καθώς και το αιθέριο έλαιο. Το αιθέριο έλαιο που εξάγεται από τις διάφορες ποικιλίες βασιλικού είναι εξαιρετικής οικονομικής σημασίας, με πολλές ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γαλλία, η Γερμανία και πολλές άλλες, να είναι πρώτες σε εξαγωγές παγκοσμίως (Hiltunen & Holm, 1999). Είναι δύσκολο να εξαχθούν παγκόσμια στατιστικά δεδομένα για την παραγωγή αποξηραμένου βασιλικού, καθώς μεγάλο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής καταναλώνεται σε τοπικό επίπεδο αντί να εξάγεται. Αυτό παρατηρείται έντονα σε ορισμένες ασιατικές και μεσογειακές περιοχές.

Τα τελευταία χρόνια, οι Η.Π.Α. είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής βασιλικού. Η συνολική εισαγωγή αποξηραμένων φύλλων βασιλικού από την Ολλανδία είναι περίπου 80 τόνοι/έτος, την Γερμανία 200 τόνοι/έτος, το Ηνωμένο Βασίλειο 250 τόνοι/έτος, και την Γαλλία 300-350 τόνοι/έτος (Pushrangadan & George, 2012).

1.1.1. Καταγωγή – Εξάπλωση

Ο βασιλικός (στα αγγλικά basil, γνωστός και ως γλυκός βασιλικός) είναι ένα αρωματικό και φαρμακευτικό φυτό το οποίο είναι γνωστό από την αρχαιότητα. Η καταγωγή του θεωρείται ότι είναι η τροπική και η υποτροπική ζώνη της Αφρικής και της νοτιοανατολικής Ασίας (Simon, 1995), με πιθανό πρώτο κέντρο εξάπλωσης την Ινδία, όπου εκεί οι χρήσεις του είναι γνωστές εδώ και χιλιετίες (Pushrangadan & George, 2012). Ωστόσο, υπάρχουν αναφορές για την καλλιέργεια του φυτού στην Αίγυπτο πριν από 3.000 χρόνια (Πετρόπουλος, 2016).

Η εξάπλωση του βασιλικού προχώρησε σταδιακά στη Μέση Ανατολή, τη Μεσόγειο, την υπόλοιπη Ευρώπη, ακόμα και την Αμερική. Σήμερα καλλιεργείται σε πολλές ασιατικές χώρες, με κύριους εξαγωγείς (για την Ευρωπαϊκή αγορά) την Γαλλία, την Ιταλία, το Μαρόκο, το Ισραήλ και την Αίγυπτο. Υπάρχει επίσης σημαντική παραγωγή βασιλικού στην Καλιφόρνια (ΗΠΑ) (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2019).

1.1.2. Βοτανική Ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση ποικιλιών

Το γένος *Ocimum* ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών (Lamiaceae) και περιλαμβάνει περισσότερα από 50 είδη, εκ των οποίων ο βασιλικός (*Ocimum basilicum* L.) είναι αυτό που έχει το μεγαλύτερο εμπορικό ενδιαφέρον. Σύμφωνα με το ITIS (Integrated Taxonomic Information System, 2022) η ταξινόμηση που έχει επικρατήσει είναι αυτή που παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Το είδος αυτό παρουσιάζει έντονο πολυμορφισμό και εύκολη στραυρογονιμοποίηση, γεγονός που οδηγεί στην ύπαρξη πάρα πολλών ποικιλιών (άνω των 60), με



Εικόνα 1 Βλαστός βασιλικού. Παρατηρείται η ανθοταξία και τα ανώτερα φύλλα. Πηγή: [Basil](#) (2022)

μεγάλη ποικιλομορφία μεγέθους, χρώματος, σχημάτων των φύλλων και των άνθων, αλλά και χημικής σύστασης των αιθέριων ελαίων.

Πίνακας 1. Συστηματική ταξινόμηση σύμφωνα με το Integrated Taxonomic Information System, Πηγή: [ITIS](#) (2022)

Βασίλειο:	Plantae
Φύλο:	Tracheophyta
Κλάση:	Magnoliopsida
Τάξη:	Lamiales
Οικογένεια:	Lamiaceae
Γένος:	<i>Ocimum</i>
Είδος:	<i>Ocimum basilicum</i> L.

Μετά από αιώνες καλλιέργειας του, ο βασιλικός έχει υποστεί πάρα πολλές γενετικές βελτιώσεις, ώστε να μπορέσουν να αξιοποιηθούν τα χαρακτηριστικά των διάφορων ποικιλιών για χρήση στη μαγειρική, για διακοσμητικούς σκοπούς, ή για το άρωμα τους, το οποίο έχει οδηγήσει στην ύπαρξη πολλών χημειότυπων (Κουτσός, 2011). Αναλόγως της σύστασης των ποικιλιών του βασιλικού σε αιθέρια έλαια γίνεται η κατάταξη τους σε τέσσερις χημειότυπους:

1. τον ευρωπαϊκό – με κύρια συστατικά τη λιναλοόλη (40%) και την μεθυλοκαβικόλη (25%),
2. το χημειότυπο Reunion – με κύριο συστατικό τη μεθυλοκαβικόλη (85%) και κάποια ίχνη λιναλοόλης,
3. τον τροπικό χημειότυπο – με κύρια συστατικά τον κινναμικό μεθυλεστέρα, την λιναλοόλη και την μεθυλοκαβικόλη, και
4. το χημειότυπο τύπου Java – με κύρια συστατικά την ευγενόλη και την λιναλοόλη.

Η ποικιλία *O. basilicum* var. *genovese* (ευρωπαϊκού χημειοτύπου) είναι αυτή με το μεγαλύτερο εμπορικά ενδιαφέρον και είναι η κύρια ποικιλία που καλλιεργείται στη Γαλλία και την Ιταλία. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται διάφορες ποικιλίες, όπως ο Ελληνικός βασιλικός (πολύ μικρά φύλλα), ο μαυρομίτικος (φύλλα

και άνθη σκούρου ιώδους χρώματος) και ο σγουρός (μεγάλα και σγουρά φύλλα) (Κουτσός, 2011). Εκτός του γλυκού βασιλικού, που είναι το πιο διαδεδομένο είδος, σε διάφορες περιοχές καλλιεργούνται και άλλα είδη. Όπως είναι το *O. sanctum* (holy basil), *O. canum*, *O. americanum*, *O. x citriodorum* (lemon basil), *O. kilimandscharicum* (camphor basil), *O. gratissimum* (tree basil), *O. suave*, *O. crispum*, και *O. minimum* (bush basil) (Πετρόπουλος, 2016).

1.1.3. Βοτανικά χαρακτηριστικά

Το *O. basilicum* είναι ένα ετήσιο, διακλαδιζόμενο, ποώδες φυτό με μέσο ύψος που κυμαίνεται από 0,6 έως 0,9 μ. και έχει πασσαλώδη ρίζα με πολλές διακλαδώσεις. Το χρώμα των φύλλων του είναι γενικότερα πράσινο, αλλά υπάρχουν πολλές ποικιλίες που έχουν έως και ανοιχτό μοβ χρώμα. Οι βλαστοί του έχουν τετράγωνη διατομή, είναι λείοι και μπορεί να φέρουν αραιό τρίχωμα. Τα φύλλα του βασιλικού είναι απλά, αντίθετα διατεταγμένα στο βλαστό με μέσο μήκος που κυμαίνεται από 2,5 έως 5 εκ., έχουν σχήμα ωοειδές και οξεία άκρη με λοβωτά ή οδοντωτά περιθώρια. Ο μίσχος είναι περίπου 1,3-2,5 εκ. σε μήκος και τα φύλλα είναι γνωστό ότι έχουν αρκετούς λιπώδεις αδένες που εκκρίνουν πολύ πτητικό, αρωματικό λάδι. Η ταξιανθία του βασιλικού είναι βοτρυοειδής, τα άνθη είναι μικρά και συνήθως λευκά ή λευκορόδινα. Επιπλέον, οι σπόροι είναι μικροί, μαύροι και ελλειψοειδείς (Bilal Alia et al., 2012).

1.1.4. Ποικιλίες

Το γένος *Ocimum*, που ονομάζεται γενικά βασιλικός, είναι γνωστό για την μεγάλη ποικιλομορφία του. Το *Ocimum* περιλαμβάνει περισσότερα από 30 είδη φυτών από τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Ασίας, της Αφρικής και της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής, αλλά το κύριο κέντρο ποικιλομορφίας φαίνεται να είναι η Αφρική (Paton, 1992). Οι περισσότερες εμπορικές ποικιλίες βασιλικού, που διατίθενται στην αγορά, ανήκουν στο είδος *O. basilicum*. Η Darrah Helen (1974) ταξινόμησε τις ποικιλίες *O. basilicum* σε επτά τύπους:

1. ψηλοί και λεπτοί τύποι, οι οποίοι περιλαμβάνουν την ομάδα του γλυκού βασιλικού

2. πλατύφυλλοι και πιο ογκώδεις τύποι, συμπεριλαμβανομένου του «ιταλικού» βασιλικού
3. νάνοι τύποι, οι οποίοι κοντά και μικρά φύλλα, όπως ο βασιλικός τύπου «Bush» (ελ. «θάμνος»)
4. συμπαγείς τύποι, που ονομάζονται επίσης, *O. basilicum* var. *thyrsoiflora*, που συνήθως αποκαλείται «ταϊλανδέζικος» βασιλικός.
5. τύποι *purpurascens*, βασιλικοί με μωβ χρώμα που έχουν την κλασική γλυκιά γεύση βασιλικού
6. μωβ τύποι όπως το «Dark Opal», ένα υβρίδιο μεταξύ *O. basilicum* και *O. forskolei*, το οποίο έχει φύλλα σε σχήμα λοβού, με άρωμα γλυκού βασιλικού μαζί με γαρύφαλλο
7. τύποι *citriodorum*, που περιλαμβάνει βασιλικούς με γεύση λεμόνι

Πέραν από τους παραδοσιακούς τύπους βασιλικού, έχουν εισαχθεί νέα είδη *Ocimum* στο εμπόριο κηπευτικών της Βόρειας Αμερικής, τα οποία εμφανίζουν νέες χρήσεις στη μαγειρική και τη διακόσμηση. Ωστόσο, οι διαειδικές διασταυρώσεις και το φαινόμενο της πολυπλοειδίας (Harley et al., 1992), καθιστούν πολύπλοκη την κατανόηση των γενετικών συγγενειών μεταξύ πολλών βασιλικών (Grayer et al., 1996, Simon et al., 1999).

1.1.5. Οικολογικές απαιτήσεις

1.1.5.1. Θερμοκρασία και Φως

Λόγω της προέλευσης του, ο βασιλικός προτιμάει ήπιο και ζεστό κλίμα. Είναι πολύ ευαίσθητος στο ψύχος και σε θερμοκρασίες μικρότερες από 7 °C υφίσταται καταπόνηση, ενώ σε δυσμενέστερες συνθήκες, όπως αυτές του παγετού, το φυτό καταστρέφεται (σε ψυχρές χρονιές με αυξημένη υγρασία δεν αναπτύσσεται καθόλου) (Βογιατζή-Καμβούκου, 2018; Κουτσός, 2011). Σύμφωνα με αυτά, η καλλιέργεια του βασιλικού ενδείκνυται για περιοχές με ήπιο και σύντομο σε διάρκεια χειμώνα και σχετικά δροσερό καλοκαίρι, ώστε να επιτευχθεί εκτεταμένη βλαστική περίοδος (Σκουμπρής, 1990). Μπορεί να καλλιεργηθεί σε θερμοκρασίες 7-30 °C, με άριστη θερμοκρασία τους 25 °C (Κουτσός, 2011). Επιπλέον, έχει μεγάλες απαιτήσεις σε ηλιοφάνεια και με φωτοπεριοδι-

κόηηηα 10-12 ώρες επιηυγχάνεηαι η ευρωζηά ηων φυτών, ηα οηοία ηαρουζηάηουν ηεγαλύηερο αριθμό ηλευρικών διαηλαδώσεων, φύλλων και ανθέων σε σύγκριση ηε φυτά ηου ηαλλιεργούνται υπό συνθήηες σκίασης. Ακόηα, ο σηημαηισμός ηων ανθέων επηηρεάζεηαι ηεηικά από ηις ηεγάλες ηηέρες, οι οηοίες ωστόσο δεν είναι αηαρηάηητες ηια ηην άνθηση ηων φυτών (Πεηρόηουλος, 2016).

1.1.5.2. Νερό

Ο βασιηικός έηει υψηλές απαιήσεις σε νερό, ηι' αυτό και οι ετήσιες βροηοητώσεις ηια ηην ηηηική ηαλλιέργεια ηου θα ηρέηει να φτάνουν ηουλάχισηον ηα 700 mm. Εάν δεν ιηανοηοιούνται οι ανάηκες ηων φυτών σε νερό, θα ηρέηει να εφαρηόηονται ηολλές και συηνές αρδεύσεις, διόηι ηα φυτά ηαρουζηάηουν ευαισηησία ηην έλλειψη νερού σε κάθε στάδιο ηης ανάηηυξης ηους (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012).

1.1.5.3. Έδαφος

Ο βασιηικός ηπορεί να ευδοηιήσει σε ηοικιλία εδαφών και σε ηεγάλο εύρος εδαηικού pH, ηου ηυηαίνεται από 4,3 έως 8,2, αλλά οι βέληισηες συνθήηες επιηυγχάνονται σε pH 6,4 (Pushrangadan & George, 2012). Επιηπλέον, ο βασιηικός αναηπύσσειηα ηαλύηερά σε εδάφη, ηα οηοία ηεημαίνονται ηρήγορα ηην άνοιξη, είναι ηαλώς στραγγιηόμεηα και αεριηόμεηα, γόνιηα, ηε υψηλή ηεριεηηηόηηηα σε οργανική ουσία και ηε ελαφηριά έως μέση εδαηική σύσταση (αημώδη-αηηοηηλώδη) (Καησιώηης & Χαηηοηούλου, 2019). Ανηηέηως, η ανάηηυξη ηου δεν είναι ιηανοηοιηηική σε αρηιηώδη εδάφη, λόγω ηης ηακής στραγγιηης ηου ηα ηαρηαηηίηει (Κουησός, 2011).

1.1.6. Καλλιέργεια βασιηικού

Η ηαλλιέργεια ηου βασιηικού ηπορεί να ηίηει είτε οηο ηωράφι είτε σε ηεημοηήηιο.

1.1.6.1. Προετοιμασία εδάφους

Η προετοιμασία του εδάφους έχει ως κύριο σκοπό το σπάσιμο των τυχόν αδιαπέραστων από το νερό βαθύτερων στρωμάτων του εδάφους, την καταπολέμηση των ζιζανίων, την καταστροφή υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας, την αύξηση της οργανικής ουσίας με την προσθήκη εδαφοβελτιωτικών, καθώς και την ισοπέδωση της επιφανείας. Σε ήδη καλλιεργημένα αγροτεμάχια, το βαθύ όργωμα δεν είναι απαραίτητο καθώς οι ρίζες τους βασιλικού φθάνουν σε μέτριο βάθος (50-60 εκ.) σε σχέση με άλλες πολυετείς καλλιέργειες. Το όργωμα πραγματοποιείται κατά την περίοδο του καλοκαιριού ή του φθινοπώρου. Με αυτόν τον τρόπο καταστρέφονται τα ζιζάνια και παραχώνονται τα υπολείμματα των προηγούμενων καλλιεργειών, προκειμένου να αποικοδομηθούν και να εμπλουτίσουν το έδαφος με οργανική ουσία. Μετά το όργωμα και πριν την φύτευση μπορεί να γίνει ισοπέδωση του χωραφιού με «καλλιεργητή» και να ψιλοχωματιστεί με φρέζα. Ακόμα, αν γίνει η διαμόρφωση του χωραφιού με μια ελαφριά κλίση και στραγγιστικά έργα θα βοηθούσαν πάρα πολύ καθώς ο βασιλικός απαιτεί καλή στράγγιση του εδάφους (Μαλούπα, Γρηγοριάδου, Λάζαρη, & Κρίγκας, 2013).

1.1.6.2. Πολλαπλασιασμός και εγκατάσταση

Ο βασιλικός πολλαπλασιάζεται με σπόρο ο οποίος προέρχεται από απομονωμένες καλλιέργειες για την εξασφάλιση της γενετικής καθαρότητας.

1.1.6.2.1. Απευθείας σπορά

Πειράματα έχουν δείξει ότι η απευθείας σπορά είναι πιο αποτελεσματική, πιο οικονομική και επιφέρει μεγαλύτερο κέρδος από την παραγωγή σπορόφυτων ξεχωριστά σε φυτώριο και στη συνέχεια τη μεταφύτευση τους στο χωράφι (Pushrangadan & George, 2012). Η απευθείας σπορά πραγματοποιείται την άνοιξη με το πέρας των παγετών, με το χέρι ή με σπартική μηχανή κρεμμυδιού η οποία θεωρείται κατάλληλη για τον βασιλικό. Για τη σπορά ενός στρέμματος απαιτούνται 200-600 g σπόρου (Πετρόπουλος, 2016), οι οποίοι μπορούν να αναμιχθούν με ξηρή άμμο για την εξασφάλιση ομοιόμορφης κατανομής

(Pushrangadan & George, 2012). Το ποσοστό βλαστικότητας του σπόρου πρέπει να είναι 80-95%, ενώ σπόροι με ποσοστό μικρότερο του 70% δεν θα πρέπει να σπέρνονται. Ακόμα, για να διασφαλιστεί ένα ποσοστό βλάστησης της τάξης του 80-90%, οι σπόροι θα πρέπει να σπέρνονται σε βάθος 3-6 χιλ. και με απόσταση 5 εκ. μεταξύ τους (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012). Μετά τη σπορά, εφόσον επικρατήσουν θερμοκρασίες μεταξύ 13 και 15 °C, με ιδανική τους 20 °C, παρατηρείται η ανάδυση των φυταρίων σε 8-14 ημέρες. Τέλος, μετά την ανάδυση γίνεται αραίωμα των φυταρίων για να επιτευχθεί η επιθυμητή πυκνότητα φυτών (Πετρόπουλος, 2016).

1.1.6.2.2. Μεταφύτευση σπορόφυτων

Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή η πρώιμη καλλιέργεια, μια εναλλακτική μέθοδος είναι η ανάπτυξη σπορόφυτων σε θερμοσπορεία ή θερμοκηπιακά σπορεία πριν τη μεταφορά και τη μεταφύτευση τους στον αγρό. Η σπορά γίνεται είτε σε στο έδαφος, είτε σε δίσκους σποράς, στους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί κορυφολόγημα των σπορόφυτων πριν τη μεταφύτευση τους. Αυτό αποσκοπεί στην ενθάρρυνση της ανάπτυξης των φυτών και στο σχηματισμό περισσότερων πλευρικών βλαστών. Στη συνέχεια, όταν αποκτήσουν το κατάλληλο ύψος (περίπου 15 εκ.), μεταφυτεύονται στον αγρό, το οποίο συμβαίνει σε περίπου 4-6 εβδομάδες (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012). Η μεταφύτευση πραγματοποιείται είτε με το χέρι, είτε με κατάλληλες μηχανές, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφύτευση του καπνού (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2022).

1.1.6.2.3. Αγενής πολλαπλασιασμός με μοσχεύματα

Μία ακόμα αξιόπιστη μέθοδος για τον πολλαπλασιασμό του βασιλικού, είναι αυτή που πραγματοποιείται με μοσχεύματα από βλαστούς μητρικών φυτών. Τα τμήματα του βλαστού που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό βρίσκονται πάνω από τον 5^ο κόμβο από την κορυφή του και φέρουν 4-5 ζεύγη φύλλων. Μετά την κοπή τους από το μητρικό φυτό πρέπει να τοποθετηθούν σε νερό και να παραμείνουν εκεί 15-20 ημέρες, ώσπου να ριζοβολήσουν (Πετρόπουλος, 2016).

1.1.6.3. Πυκνότητα φύτευσης

Η πυκνότητα φύτευσης καθορίζεται από το σκοπό της καλλιέργειας. Αν προορίζεται για την παραγωγή αιθέριου ελαίου και ξηρή δρόγης συνίσταται υψηλή πυκνότητα, ενώ για την παραγωγή φυτών με μακριά στελέχη και μεγαλύτερα φύλλα που θα κατευθυνθούν στο εμπόριο για νωπή κατανάλωση, συνίσταται μικρότερη πυκνότητα φύτευσης. Οι συνιστώμενες αποστάσεις κυμαίνονται από 10 έως 30 εκ. επί της γραμμής και από 50 έως 100 εκ. μεταξύ των γραμμών. Οι αποστάσεις που θα εφαρμοστούν εξαρτώνται από τον διαθέσιμο καλλιεργητικό εξοπλισμό και από την τελική χρήση του προϊόντος όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ακόμα, σε μηχανοποιημένη καλλιέργεια μπορούν να εφαρμοστούν δίδυμες γραμμές, σε αναχώματα με πλάτος από 50 έως 120 εκ. Έτσι, ο πληθυσμός των φυτών ανέρχεται από 6.000 έως 9.000 φυτά ανά στρέμμα (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012).

1.1.6.4. Άρδευση

Στην περίπτωση που οι ετήσιες βροχοπτώσεις δεν καλύπτουν τις ανάγκες του φυτού, τότε η άρδευση θα πρέπει να εφαρμόζεται με τέτοιο τρόπο ώστε το νερό να φθάνει στο έδαφος χωρίς να βρέχει το φύλλωμα και τέτοιοι τρόποι είναι: με στάγδην άρδευση ή με αυλάκια (Κουτσός, 2011). Με αυτούς τους τρόπους άρδευσης, οι πιθανότητες ανάπτυξης ασθενειών που προσβάλλουν τα φύλλα του φυτού είναι μικρότερες, γιατί το φύλλωμα παραμένει στεγνό (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012). Επίσης, αν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, το πότισμα θα πρέπει να πραγματοποιείται μέρα παρά μέρα (Κουτσός, 2011). Ο όγκος του νερού που απαιτείται εβδομαδιαία για την άρδευση ενός στρέμματος, κυμαίνεται από 30 έως 40 m³ (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2019).

1.1.6.5. Λίπανση

Η λίπανση που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους, τη χημική ανάλυση του εδάφους και από τις λιπάνσεις που έχουν εφαρμοστεί στην

προηγούμενη καλλιέργεια. Η υπερβολική λίπανση του βασιλικού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανάπτυξης του, αλλά παράλληλα θα επιφέρει μείωση της γεύσης του. Ο βασιλικός ανταποκρίνεται καλά σε μέτρια γονιμότητα, ενώ η ποσότητα λιπασμάτων που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από τα αποτελέσματα που θα δώσει η ανάλυση του εδάφους (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012).

Το φυτό έχει ανάγκη κυρίως από τα τρία βασικά θρεπτικά στοιχεία (N, P και K) σε αναλογία 1:1:1 και από Mg, ενώ τα υπόλοιπα απαραίτητα θρεπτικά ιχνοστοιχεία (Ca, S, Fe, Cu, Zn, Cl, B, Mo, Mn, Na και Co) βρίσκονται συνήθως σε επάρκεια για τον βασιλικό, σε ένα μέσης σύστασης καλλιεργούμενο έδαφος. Η λίπανση εφαρμόζεται κυρίως ως βασική, με τις απαιτούμενες μονάδες λίπανσης να είναι 20-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) ανά στρέμμα, ενώ απαιτούνται και μερικές μονάδες επιφανειακής λίπανσης N (περίπου 5-10 μονάδες ανά στρέμμα) (Δόρδας, 2012). Η εφαρμογή της επιφανειακής λίπανσης πραγματοποιείται μετά από κάθε κοπή (Πετρόπουλος, 2016). Η εφαρμογή μεγαλύτερης ποσότητας αζώτου θα αυξήσει τη βιομάζα των φύλλων και θα βελτιώσει το χρώμα του υπέργειου μέρους (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2019).

Εάν ο βασιλικός καλλιεργείται για αιθέριο έλαιο, θα πρέπει να λιπαίνεται με φειδώ, καθώς η υπερβολική αζωτούχος λίπανση μπορεί μειώσει τα αρωματικά έλαια (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012). Επιπλέον, σύμφωνα με τον Hornok (1983), μέτρια επίπεδα N και υψηλά επίπεδα P μπορούν να αυξήσουν την περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια.

1.1.7. Ζιζάνια

Η παρουσία ζιζανίων ανάμεσα στα φρέσκα ή ξερά φύλλα βασιλικού μειώνει την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος των ζιζανίων είναι ένα σημαντικό μέρος των συστημάτων παραγωγής βασιλικού. Το πρόβλημα των ζιζανίων σε πληθυσμούς αγρών υψηλής πυκνότητας υπάρχει κυρίως μέχρι την πρώτη συγκομιδή, αργότερα τα φυτά καλύπτουν το χωράφι και καταστέλλουν την ανάπτυξη των ζιζανίων. Η καταπολέμηση των ζιζανίων γίνεται γενικά μηχανικά, αφού σχετικά λίγα ζιζανιοκτόνα είναι εγκεκριμένα για την καλλιέργεια βασιλικού (Hiltunen & Holm, 1999).

1.1.9. Χημική σύσταση

Ο βασιλικός (sweet basil) χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά και είναι γνωστό ότι έχει χαμηλή θερμιδική αξία. Πρόκειται για μια πλούσια πηγή μετάλλων και βιταμίνης Α. Τα φύλλα φρέσκου βασιλικού βάρους περίπου 1 g περιέχουν 4,6 mg καλίου, 1,54 mg ασβεστίου, 38,64 IU βιταμίνης Α, και λιγότερες από μία θερμίδες ενέργειας (kcal), μαζί με μια μικρή ποσότητα βιταμίνης C, φυτικών ινών, πρωτεϊνών, μετάλλων και πολλών άλλων χημικών συστατικών (Hanif et al., 2011).

Η χαρακτηριστική μυρωδιά του βασιλικού αποδίδεται κυρίως στην εκτεταμένη ύπαρξη πτητικών αιθέριων ελαίων, τα οποία εντοπίζονται κυρίως στα φύλλα και είναι γνωστό ότι περιέχουν μεγάλες ποσότητες αλδευδών, τερπενίων και φαινολών. Το έλαιο που λαμβάνεται από τους σπόρους ονομάζεται στα αγγλικά "fixed oil" και αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από λιπαρά οξέα. Ορισμένες άλλες χημικές ενώσεις που απαντώνται στο βασιλικό περιλαμβάνουν τις τανίνες, σαπωνίνες, γλυκοσίδες, αλκαλοειδή, καροτένια και ασκορβικό οξύ. Ορισμένα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου των φυτών που ανήκουν στο γένος *Ocimum* είναι η ευγενόλη, το δ-καδινένιο, η ευκαλυπτόλη, η δ-γκουρτζουνένη (d-gurjunene), η λιναλοόλη, η α-μπισαμπολόλη, η α-τερπινεόλη, και πολλές ακόμα (Hanif et al., 2011).

Όσον αφορά τη σύνθεση των συστατικών στα φυτά του βασιλικού, επικρατούν τα εξής: έλαια (18%-26%), τριγλυκερίδια (94%-98%), παλμιτικό οξύ (6,1%-11,0%), ελαϊκό οξύ (8,5%-13,3%), λινολεϊκό οξύ (17,8%-31,3%) και λινολενικό οξύ (43,8%-64,8%) (Angers et al., 1996).

1.1.9.1. Σάκχαρα

Τα σάκχαρα που εντοπίζονται στον βασιλικό είναι η φρουκτόζη, η γλυκόζη, η σακχαρόζη και η τρεχαλόζη (Fernandes et al., 2019; Pereira et al., 2015). Τα σάκχαρα αυτά χρησιμοποιούνται από τον βασιλικό, όπως και σε όλα τα φυτά, ως ενέργεια για την ανάπτυξη τους. Η ενέργεια αυτή παράγεται μέσω της φωτοσύνθεσης. Η παραγόμενη αυτή ενέργεια αποτελεί προϊόν του μεταβολισμού των υδατανθράκων (συγκεκριμένα των σακχάρων) και χρησιμοποιείται

στη συνέχεια για την ανάπτυξη των φυτών, την αντιμετώπιση καταπονήσεων ή αποθηκεύεται όταν βρίσκεται σε περίσσεια (Eveland & Jackson, 2012).

Με τον όρο σάκχαρα γίνεται αναφορά κυρίως στους μόνο- και δισακχαρίτες. Από τους μονοσακχαρίτες οι πιο βασικοί είναι η γλυκόζη και η φρουκτόζη, οι οποίοι βρίσκονται στο μέλι, στα φρούτα και στα λαχανικά. Από την άλλη, οι βασικοί δισακχαρίτες είναι η σακχαρόζη, γνωστή κοινώς ως ζάχαρη, και η λακτόζη (Macdonald, 2020).

1.1.9.2. Οργανικά οξέα

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν προηγηθεί, τα οργανικά οξέα που μπορούν να ανιχνευθούν στον βασιλικό είναι το οξαλικό οξύ, το κινικό οξύ, το μηλικό οξύ, το σικιμικό οξύ, κιτρικό οξύ, το φουμαρικό οξύ και το ασκορβικό οξύ (Carocho et al., 2016, Fernandes et al., 2019). Τα οργανικά οξέα αποτελούν προϊόντα των φυσιολογικών, βιοχημικών και μεταβολικών διεργασιών των κυττάρων και απαντώνται φυσικώς σε μια ποικιλία φυτών. Επίσης, είναι από τα σημαντικότερα φυτοχημικά στα λαχανικά και είναι υπεύθυνα για τη γεύση και την οσμή των τροφίμων, ενώ έχουν μεγάλη σημασία λόγω της αυξημένης αντιοξειδωτικής τους δράσης (Priecina & Karklina, 2015).

Ακόμα, πιθανολογείται πως έχουν ρόλο ως μεταβολικά ενεργές διαλυμένες ουσίες στην οσμωτική ρύθμιση και στην διατήρηση της ισορροπίας της περισσειας κατιόντων. Αποτελούν βασικά συστατικά των μηχανισμών που αντιμετωπίζουν τις ελλείψεις θρεπτικών συστατικών, της ανοχής στα μέταλλα και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυτού-μικροβίου (Ló Pez-Bucio et al., 2000).

1.1.9.3. Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα (fatty acids, FAs) είναι απαραίτητα μακρομόρια που υπάρχουν σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Στον βασιλικό συγκεκριμένα έχουν οι Fernandes et al., (2019) είχαν ανιχνεύσει 20 διαφορετικά λιπαρά οξέα. Τα οποία επιτρέπουν την αποθήκευση της περίσσειας παραγόμενης ενέργειας, καθώς επίσης συμμετέχουν στη δομή των κυτταρικών μεμβρανών. Ακόμα, υπάρχουν αυξανόμενα στοιχεία ότι τα FAs και τα παράγωγα τους αποτελούν

μόρια σηματοδότησης, καθώς συμμετέχουν στις διαδικασίες αντίληψης και αντιμετώπισης διαφόρων βιοτικών καταπονήσεων που μπορεί να οφείλονται σε ζώα, έντομα, μικρόβια και φυτά (Cury-Boaventura & Curi, 2005).

Στα φυτά, τα FAs ρυθμίζουν μια ποικιλία αποκρίσεων σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, όπως την ανοχή στις καταπονήσεις της αλατότητας, της ξηρασίας και των βαρέων μετάλλων, καθώς και την άμυνα απέναντι σε έντομα και φυτοφάγα ζώα (Tumlinson & Engelberth, 2008, Urchurch, 2008).

1.1.9.4. Τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες

Οι τοκοφερόλες και οι τοκοτριενόλες είναι λιποδιαλυτά μόρια που ανήκουν στην ομάδα ενώσεων της βιταμίνης E και παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διατροφή και την υγεία του ανθρώπου. Επίσης, είναι απαραίτητες για μια σειρά από λειτουργίες στα φυτά, όπως για την διατήρηση της ακεραιότητας των μεμβρανών. Οι τοκοφερόλες βρίσκονται στα πράσινα (φωτοσυνθετικά) μέρη των φυτών, ενώ οι τοκοτριενόλες εντοπίζονται κυρίως στους σπόρους. Αυτές οι ενώσεις έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες, επομένως προστατεύουν το φυτό από το οξειδωτικό στρες και προστατεύουν τα λιπίδια και άλλα συστατικά των μεμβρανών (Munné-Bosch & Alegre, 2002).

Όπως έχει παρατηρηθεί από τους Fernandes et al., (2019) και τους Sgherri et al., (2010), στον βασιλικό μπορούν να εντοπιστούν και τα τέσσερα ισομερή της τοκοφερόλης. Οι α- και γ-τοκοφερόλες είναι συνήθως οι κυρίαρχες μορφές και έχουν μια πληθώρα λειτουργιών στα φυτά. Παρέχουν φωτοπροστασία για τους χλωροπλάστες, αυξάνουν την ακαμψία των μεμβρανών, μπορεί να επηρεάσουν την ενδοκυτταρική σηματοδότηση και να ρυθμίζουν τη συγκέντρωση δραστικών μορφών του οξυγόνου και φυτικών ορμονών που ελέγχουν την αύξηση και την ανάπτυξη φυτών και την απόκριση στην καταπόνηση (Munné-Bosch & Alegre, 2002).

1.1.10. Συγκομιδή και Απόδοση

Στο εύκρατο κλίμα της Κεντρικής Ευρώπης η καλλιεργητική περίοδος διαρκεί συνήθως από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο (Hiltunen & Holm, 1999).

Ο χρόνος και ο τρόπος συγκομιδής εξαρτώνται από την χρήση για την οποία προορίζεται το προϊόν. Όταν καλλιεργείται για χλωρή ή ξηρή δρόγη, η συγκομιδή γίνεται πριν την άνθηση και λόγω της ταχύτατης αναβλάστησης του βασιλικού μπορεί να γίνουν συνολικά 3-4 συγκομιδές τον χρόνο. Τα φυτά αυτά κόβονται στο ύψος των 10-15cm και η συλλογή τους γίνεται με δρεπάνι, με κόσσα ή με χορτοκοπτική μηχανή (Δόρδας, 2012).

Όταν, από την άλλη καλλιεργείται για την παραλαβή του αιθέριου ελαίου, η συγκομιδή πραγματοποιείται κατά την πλήρη άνθηση και ο αριθμός των συγκομιδών είναι 6-7 τον χρόνο. Σε αυτή την περίπτωση, συλλέγονται μόνο οι ταξιανθίες και η συλλογή γίνεται με το χέρι, το οποίο αυξάνει το κόστος της καλλιέργειας (Δόρδας, 2012).

Και στις δύο περιπτώσεις ο βασιλικός συγκομίζεται νωρίς το πρωί μετά την εξάτμιση των σταγόνων της δρόσου και λίγο πριν την έντονη ηλιοφάνεια για να εξασφαλιστεί μέγιστη περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια. Το συγκομιζόμενο υλικό μεταφέρεται αμέσως σε σύστημα ψύξης, όπου αποθηκεύεται σε θερμοκρασία 12–14 °C (Hiltunen & Holm, 1999).

Ο πλατύφυλλος βασιλικός, υπό κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης, μπορεί να αποδώσει, έως και 2 τόνους χλωρής δρόγης ανά στρέμμα ανά συγκομιδή. Με την ξήρανση της, η ποσότητα της ξηρής δρόγης ανέρχεται στο 20% του νωπού βάρους, ενώ στην περίπτωση του αιθέριου ελαίου, η απόδοση μπορεί να φτάσει τα 4 κιλά ανά στρέμμα (Κατσιώτης & Χατζοπούλου, 2019).

1.1.11. Επεξεργασία

Η ποιότητα, το άρωμα και το χρώμα του τελικού προϊόντος του βασιλικού επηρεάζεται πολύ από την ξήρανση, καθώς και από άλλες μετασυλλεκτικές μεταχειρίσεις (Hiltunen & Holm, 1999).

1.1.11.1. Ξήρανση

Συμβατικά, ο βασιλικός ξηραίνεται κρεμώντας τις πλυμένες δέσμες σε σκιασμένο και στεγνό μέρος ή απλώστε σχολαστικά ανάμεσα σε φύλλα χαρτιού

ή πετσέτα για αποφυγή αποχρωματισμού και οξείδωσης. Ωστόσο, στέγνωμα με ζεστό αέρα με τεχνητή μέθοδο χρησιμοποιείται μόνο για βιομηχανικές εφαρμογές. Τα φύλλα του βασιλικού πρέπει να στεγνώσουν αμέσως μετά τη συγκομιδή, καθώς μακροχρόνια έκθεση σε υπαίθριο χώρο έχει ως αποτέλεσμα το σκούρο μεταχρωματισμό των φύλλων λόγω οξείδωσης. Η ξήρανση πρέπει να γίνεται κατά προτίμηση σε θερμοκρασία κάτω των 40 °C για ελαχιστοποίηση της απώλειας εξαιρετικά πτητικών αιθέριων ελαίων και όλων των βιοδραστικών συστατικών (Werker et al., 1993). Ο σκοπός της παραπάνω διαδικασίας είναι η μείωση της περιεχόμενης υγρασίας του φυτικού υλικού στο όριο του 8-10% (Hiltunen & Holm, 1999).

Κατά τη διαδικασία ξήρανσης, τα φύλλα δεν πρέπει να τεμαχίζονται, καθώς μπορεί να χαθεί μια τεράστια ποσότητα αιθέριου ελαίου μαζί με μερικά σημαντικά χημικά συστατικά. Το στέγνωμα είναι προτιμότερο να γίνεται σε σκιά αντί για ξήρανση στον ήλιο, καθώς η έντονη θέρμανση μπορεί να προκαλέσει απώλεια όλων των αρωματικών ενώσεων και πτητικών συστατικών (Pushrangadan & George, 2012).

1.1.11.2. Απόσταξη

Το έλαιο του βασιλικού διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το μέρος του φυτού που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή τα άνθη ή τα φύλλα. Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο εμφανίζεται στο στάδιο της ανθοφορίας, όταν το φυτό κόβεται σε κλαδιά μήκους 12–20 εκ. με τα άνθη στην κορυφή. Το έλαιο που παράγεται μόνο από άνθη θεωρείται υψηλότερης ποιότητας και κατ'επέκταση είναι πιο ακριβό (Bonpardeaux, 1992).

Η απόσταξη του βασιλικού πραγματοποιείται γενικά σε σταθερά αποστακτήρια διακοπτόμενης λειτουργίας. Η διαδικασία απόσταξης που χρησιμοποιείται για τον βασιλικό είναι παρόμοια με πολλών άλλων εμπορικών μπαχαρικών και αιθέριων ελαίων. Η διάρκεια της απόσταξης είναι μία με μιάμιση ώρα. Συνήθως χρησιμοποιείται νωπή ύλη για την απόσταξη, αλλά μπορεί να γίνει και με ημίξηρη ή ξηρή ύλη επίσης. Εδώ τονίζεται πως τόσο η απόδοση του φυτού όσο και η περιεκτικότητα σε έλαιο ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τη γονιμό-

τητα του εδάφους, τις διαδικασίες συγκομιδής, καθώς και τις εποχικές συνθήκες. Ο φωτεινός, ηλιόλουστος καιρός, αμέσως πριν τη συγκομιδή, αυξάνει την περιεκτικότητα σε λάδι ενώ ο νεφοσκεπής και βροχερός καιρός τη μειώνει. Επίσης το μεσοδιάστημα μεταξύ της τελευταίας άρδευσης και του χρόνου συγκομιδής είναι πολύ σημαντικό. Εάν το διάστημα είναι μεγαλύτερο, η περιεκτικότητα σε λάδι αυξάνεται (Putievsky & Galambosi, 1999).

1.1.12. Προστιθέμενη αξία

Τα φύλλα του βασιλικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με πολλά άλλα βότανα όπως αρκεύθος, θυμάρι, σκόρδο, δεντρολίβανο, μαντζουράνα, φασκόμηλο, ρίγανη, πιπέρι, πάπρικα, μαϊντανό και μουστάρδα για να χρησιμοποιηθούν ως επικάλυψη και αρωματικός παράγοντας σε σούπες, στιφάδο, γέμιση, ρύζι, κρέας, λαχανικά, ψητό κοτόπουλο και τηγανητό ψάρι. Ο βασιλικός είναι ένα σημαντικό συστατικό για την παρασκευή ποτών, λικέρ, ξυδιού, λαδιού, τσαγιού, τυριών και μαρμελάδας. Οι ποικιλίες *cinnamon basil* και *lemon basil* χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν τη γεύση σε επιδόρπια. Τα μεγαλύτερα φύλλα βασιλικού κόβονται, σχίζονται, ή πολτοποιούνται πριν από την κατανάλωση ή την προσθήκη σε ζυμαρικά, ρύζι, σαλάτες και μια σειρά από πιάτα για χορτοφάγους. Οι βλαστοί του βασιλικού μπορούν να προστεθούν ως αρωματικός παράγοντας σε θαλασσινά, κοτόπουλο, κρέας στον ατμό, σούπες και διάφορα ποτά. Τα άνθη του βασιλικού είναι βρώσιμα και μπορεί να προστεθούν απευθείας σε πιάτα και σαλάτες για γαρνίρισμα στο τέλος του μαγειρέματος για μέγιστη μυρωδιά και γεύση. Οι χρήσεις του βασιλικού είναι άφθονες και ποικίλες, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποτά, λικέρ, τσάι από βότανα, στιφάδο, σάλτσες, ντρέσινγκ, ψάρια, λαχανικά, και κρέας. Χρησιμοποιείται ευρέως τόσο για βιομηχανικές όσο και για οικιακές εφαρμογές κατά την παρασκευή *pesto* με ποικίλους συνδυασμούς ξηρών καρπών, ελαίου, σκόρδο, τυρί και βασιλικού (Simon et al., 1999, Tilebeni, 2011).

1.1.13. Χρήσεις

Οι χρήσεις και οι εφαρμογές του βασιλικού είναι ποικίλες, από γαστρονομικές έως θρησκευτικές (Tilebeni, 2011). Το αιθέριο έλαιο διαφόρων ειδών βασιλικού είναι γνωστό ότι έχει πιθανές εντομοκτόνες ιδιότητες όταν αναμειγνύονται με άλλους διαλύτες, π.χ. το *Ocimum gratissimum* δείχνει 100% απωθητικότητα έναντι της οικιακής μύγας (Nahak et al., 2011). Ομοίως, το αιθέριο έλαιο του *O. basilicum* έδειξε ισχυρές επιδράσεις απωθητικότητας κατά του *Tribolium castaneum*, κοινώς γνωστό ως κόκκινο σκαθάρι αλεύρου (Nahak et al., 2011).

Παραδοσιακά, ο βασιλικός χρησιμοποιείται ως αναλγητικό και για την θεραπεία μυκητολογικών λοιμώξεων, του πονοκεφάλου, καθώς και της ακμής (Adiguzel et al., 2005). Το *O. basilicum* έχει χρησιμοποιηθεί επίσης σε παραδοσιακά κινεζικά φάρμακα για την αγωγή κατά της ελονοσίας, του ακανόνιστου εμμηνορροϊκού κύκλου, της ανορεξίας, της αρθρίτιδας, του έλκους στα ούλα και των νεφρικών παθήσεων (Deng et al., 2007).

Στην Ελλάδα καλλιεργείται πολύ ως διακοσμητικό φυτό, χρησιμοποιείται στη μαγειρική ως μυρωδικό και σε μικρή κλίμακα ως σαλατικό. Ακόμη, τα άνθη και τα φύλλα του μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή αφεψήματος, το οποίο έχει τονωτικές και διουρητικές ιδιότητες, κατά του στομαχόπνου, ενώ καταπολεμά τις εντερικές παθήσεις, τους πονοκεφάλους και την ημικρανία. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αλκοολούχο μίγμα για την επούλωση επιδερμικών τραυμάτων.

Ο βασιλικός χρησιμοποιείται και στην σαπωνοποιία, την αρωματοποιία, την παρασκευή ποτών και για την λήψη διαφόρων αρωματικών συστατικών που περιέχει. Με την απόσταξη (με ατμό), των φύλλων και των ανθέων λαμβάνεται το αιθέριο έλαιο βασιλικέλαιο, το οποίο περιέχει διάφορα δραστικά συστατικά και κυρίως την αλκοόλη λιναλοόλη σε ποσοστό 32 - 40 %.

1.2. Άζωτο

Το άζωτο είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη και αύξηση των φυτών. Η απουσία αυτού του θρεπτικού στοιχείου μπορεί να περιορίσει σημαντικά την απόδοση μιας καλλιέργειας. Ο ρόλος του στην βιοχημεία του φυτού είναι πρωταρχικός, καθώς είναι βασικό συστατικό των ενζύμων, των δομικών πρωτεϊνών, της χλωροφύλλης, των νουκλεϊκών οξέων, των κυτταρικών τοιχωμάτων και μιας μεγάλης ποικιλίας άλλων κυτταρικών συστατικών (Harper, 1994).

1.2.1. Άζωτο και διατροφή του πληθυσμού

Η χρήση λιπασμάτων στη γεωργία είναι το κλειδί για την παραγωγή επαρκούς τροφής (συμπεριλαμβανομένης της ζωοτροφής για ζώα) για τη διατήρηση του παγκόσμιου ανθρώπινου πληθυσμού (περίπου 8 δισεκατομμύρια) και για να επιτραπεί η συνεχιζόμενη ταχεία ανάπτυξη του (Bacon, 1995).

Το άζωτο σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά είναι απαραίτητο για τη φυτική παραγωγή και η εφαρμογή λιπασμάτων N, που παράγονται βιομηχανικά, έχει επιτρέψει την τεράστια και άνευ προηγουμένου επέκταση του ανθρώπινου πληθυσμού στον κόσμο και της προσφοράς τροφίμων (Bacon, 1995; Evans, 1998).

1.2.2. Ιστορία του αζώτου

Κατά ένα μεγάλο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, η παροχή N ήταν περιορισμένη με αποτελέσματα τη μικρότερη παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που εξακολουθεί να υπάρχει στη γεωργία, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενα κράτη. Οι γεωργικές πρακτικές που πραγματοποιούνται για την εν μέρη κάλυψη των ελλείψεων σε N, είναι η εφαρμογή ζωικής κοπριάς στον αγρό, η αγρανάπαυση και η καλλιέργεια ψυχανθών (Evans, 1998).

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η εφαρμογή χημικών λιπασμάτων N έχει αυξηθεί σημαντικά. Από το 1966 έως το 1977, η χρήση αζωτούχων λιπασμά-

των είχε σημειώσει αύξηση της τάξης του 70% στις ανεπτυγμένες (βιομηχανικές) γεωργικές χώρες και 200% στις αναπτυσσόμενες (λιγότερο βιομηχανικές) χώρες. Έχει παρατηρηθεί ότι η ευρεία χρήση του N κατά τη δεκαετία του 1970 σχετιζόταν άμεσα με το χαμηλό κόστος του αζωτούχου λιπάσματος, το οποίο συνεπάγεται το οικονομικό όφελος των παραγωγών (Bacon, 1995).

1.2.3. Ο βιοχημικός και φυσιολογικός ρόλος του N στις καλλιέργειες

Τα φυτά χρειάζονται το N κυρίως για τη σύνθεση των δομικών και των ενζυματικών πρωτεϊνών. Με την σειρά τους, τα ένζυμα είναι υπεύθυνα για τη σύνθεση άλλων πρωτεϊνών, αλλά και όλων των μεταβολικών ενδιάμεσων, των συστατικών της κυτταρικής δομής και αποθήκευσης, συμπεριλαμβανομένων των υδατανθράκων, των λιπιδίων και των χρωστικών. Αυτές οι ενώσεις απαιτούνται για την ανάπτυξη των κυττάρων και των οργάνων, καθώς και για την παραγωγή συστατικών που συμβάλλουν στην απόδοση (Lemaire et al., 1992, Lawlor, 1995). Κάποια από αυτά τα συστατικά έχουν ιδιαίτερη διατροφική σημασία για τον άνθρωπο και για τα ζώα, γιατί δεν μπορούν να τα συνθέσουν από μόνα τους, όπως κάποιες πρωτεΐνες και κυρίως ορισμένα αμινοξέα. Η ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και η συσσώρευση πρωτεϊνών, υδατανθράκων, λιπιδίων κ.λπ. καθαρίζονται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των οργάνων ενός φυτού και, συνεπώς, από τις κυτταρικές και υποκυτταρικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο εκάστοτε όργανο (Evans, 1983). Έτσι, η κατανόηση των λειτουργιών του φυτού σε κυτταρικό επίπεδο είναι το κλειδί στην κατανόηση της σχέσης μεταξύ του N και της καλλιέργειας. Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 1) δίνεται μια γενική εικόνα του πώς κατανέμεται το άζωτο μέσα σε έναν φυτικό οργανισμό.



Εικόνα 2. Στο παραπάνω διάγραμμα δίνεται μια γενική εικόνα του πώς κατανέμεται το άζωτο στα φύλλα των φυτών C₃. Πηγή: (Evans, 1989).

1.2.4. Αύξηση και ανάπτυξη φυτών

Η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης επιδρά σημαντικά όχι μόνο στην αύξηση της ποσότητας της παραγόμενης βιομάζας, αλλά και στα μεμονωμένα όργανα, επηρεάζοντας το μέγεθος, την αναλογία τους και τη δομή τους (Greenwood et al., 1991; Sinclair & Hone, 1989).

Πιο συγκεκριμένα για τα φύλλα, οι ποσότητες του N έχουν πολύ μεγάλη επίδραση στο κάθε φύλλο μεμονωμένα, τόσο στα φύλλα που βρίσκονται στους κύριους όσο και στους δευτερογενείς βλαστούς. Η περιοχή του ελάσματος αυξάνεται αναλογικά με την ποσότητα του N, έως ότου φτάσει στο μέγιστο όριο του μεγέθους (Grindlay, 1997; Lawlor et al., 1988, 1989), το οποίο θα εξαρτηθεί και από άλλους παράγοντες (π.χ. νερό, θερμοκρασία) (Gastal et al., 1992).

Η παραγωγή περισσότερων και μεγαλύτερων κυττάρων στο φυτό είναι μείζονος σημασίας. Για παράδειγμα, σε συνθήκες έλλειψης N, η επιφάνεια των φύλλων θα υποστεί μια μείωση της τάξης του 50%, το οποίο σχετίζεται με την μείωση του 40% του αριθμού των κυττάρων ανά φύλλο και με μια μείωση περίπου 30% του κυτταρικού όγκου (Lawlor et al., 1989). Αυτό, υποδηλώνει μεγαλύτερη ευαισθησία του σχηματισμού των μεριστωματικών κυττάρων έναντι της αύξησης του όγκου τους.

1.2.5. Διαθεσιμότητα αζώτου και απαιτήσεις καλλιέργειας

Το άζωτο μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά σε τρεις κύριες μορφές, τα NO_3^- (νιτρικά ανιόντα), τα NH_4^+ (κατιόντα αμμωνίου) και το N_2 (διάζωτο) το οποίο προσλαμβάνεται μέσω των συμβιωτικών μυκόρριζων. Το N απορροφάται γρήγορα και αποτελεσματικά από τα φυτά όταν το ριζικό τους σύστημα έρχεται σε επαφή με τις απαιτούμενες μορφές (NO_3^- και NH_4^+), ακόμη και όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα. Για την αποτελεσματική απορρόφηση των ποσοτήτων N που απαιτείται από τα φυτά, είναι αναγκαίο να έχει σχηματιστεί ένα καλά εκτεταμένο και πυκνό ριζικό σύστημα, καθώς και οι συγκεντρώσεις του N γύρω από την ρίζα να βρίσκονται σε επάρκεια (Bock & Hergert, 1991).

Η ποσότητα N που προσλαμβάνεται από μια καλλιέργεια και η αποτελεσματικότητα της χρήσης του στη φυτική παραγωγή δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθώς επίσης και την επάρκεια του N (Bacon, 1995).

Αυτό σημαίνει ότι υπό συνθήκες, όπως τα πολύ ξηρά ή τα κατακλυσμένα ή τα κρύα εδάφη, μειώνεται παρά πολύ η αποτελεσματικότητα της απορρόφησης. Επίσης, εάν έχουν εφαρμοστεί υπερβολικά μεγάλες ποσότητες N στο έδαφος, το φυτό μπορεί να φτάσει στα όρια του κορεσμού, ακόμη και σε καλλιέργειες με καλά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα και με αποτελεσματικούς μηχανισμούς απορρόφησης. Συνεπώς, η αποτελεσματικότητα της απορρόφησης του N και της χρήσης του, μειώνεται με την αύξηση της ποσότητας του N που εφαρμόζεται. Επομένως, η αποτελεσματικότητα της πρόσληψης του N από τα φυτά ποικίλει, καθώς η διαθεσιμότητα του στον αγρό και η πρόσληψη του από τα φυτά εξαρτώνται από πληθώρα παραγόντων (Bock & Hergert, 1991).

1.2.6. Τροφοπενία και τοξικότητα αζώτου

Η χαμηλή διαθεσιμότητα N στα φυτά γίνεται αντιληπτή από την παρουσία συγκεκριμένων συμπτωμάτων, όπως είναι η χλώρωση ή ο κιτρινοπράσινος μεταχρωματισμός των φύλλων, λόγω της μειωμένης σύνθεσης της χλωροφύλλης. Τα συμπτώματα αυτά είναι εντονότερα στο κάτω μέρος του φυτού (στα

γηραιότερα φύλλα). Εκτός των χρωματικών αλλοιώσεων των φύλλων, η έλλειψη του N προκαλεί την εμφάνιση μικρών φύλλων (μικροφυλλία) και το μειωμένο σχηματισμό βλαστών και διακλαδώσεων στο φυτό (Harper, 1994).

Αντίθετα, το φυτό μπορεί να υποστεί ζημιές από την υπερβολική συγκέντρωση των αμμωνιακών κατιόντων (NH_4^+), η οποία είναι η πιο τοξική μορφή που μπορεί να έχει το N σε ένα φυτό (Goyal & Huffaker, 1984). Αρκετές φορές είναι δύσκολο να διαχωριστούν τα συμπτώματα της τοξικότητας του N από αυτά που προκαλούνται στο φυτό λόγω της αλλαγής του εδαφικού pH. Γενικά, η τοξικότητα φαίνεται να είναι συχνότερη στη ρίζα, απ' ό,τι στο υπέργειο μέρος του φυτού (Bennett et al., 1964). Τα περισσότερα φυτά βέβαια, ανέχονται υψηλά επίπεδα NO_3^- χωρίς καμία φυσιολογική διαταραχή. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις τοξικότητας νιτρικών σε φυτά φράουλας, όπου παρατηρείται καφέ και ιώδης μεταχρωματισμός στα άκρα των φύλλων (Jackson, 1972).

1.2.7. Μορφές αζώτου και παράγοντες πρόσληψης

Η πρόσληψη των NO_3^- και NH_4^+ μπορεί να επηρεαστεί από τους εξωτερικούς παράγοντες, όπως την θερμοκρασία, το επίπεδο O_2 και το pH της ριζόσφαιρας, και από τους εσωτερικούς παράγοντες, όπως την κατάσταση του N και των υδατανθράκων. Επίσης, η πρόσληψη αυτών εξαρτάται από τα φυτικά είδη και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών. Η πρόσληψη της κάθε μορφής αζώτου επηρεάζεται διαφορετικά από τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν. Επομένως, είναι δυνατό να προκύψουν διαφορετικοί συνδυασμοί της πρόσληψης του N και κατ' επέκταση της ανάπτυξης του φυτού.

Σημαντική είναι η διαφορά μεταξύ της πρόσληψης των NO_3^- και NH_4^+ , σε διαφορετικό εδαφικό pH. Τα NH_4^+ , παρουσιάζουν το μέγιστο της πρόσληψης τους σε ουδέτερες τιμές του pH, ενώ αυτή μειώνεται καθώς το pH γίνεται πιο όξινο (Magalhaes & Huber, 1989; Vessey et al., 1990). Συνεπώς, η περιορισμένη πρόσληψη των NH_4^+ σε χαμηλό pH, μπορεί να στρεσάρει το φυτό και να μειωθεί η ανάπτυξη του, όταν τα NH_4^+ είναι η μόνη μορφή N με την οποία παρέχεται στο φυτό (Magalhaes & Huber, 1989; Tolley-Henry & Raper, 1986). Το αντίθετο συμβαίνει για τα NO_3^- , όπου σε τιμές pH περίπου 4-5 επιτυγχάνεται η

γρηγορότερη πρόσληψη, ενώ αντίστοιχα μειώνεται σε υψηλότερες τιμές του pH (Hageman, 1984).

Εκτός από τους εδαφικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, το στάδιο της ανάπτυξης των φυτών επηρεάζει τις αναλογίες πρόσληψης μεταξύ των NO_3^- και NH_4^+ . Ορισμένα στοιχεία δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια της πρώιμης βλαστικής ανάπτυξης, τα NH_4^+ απορροφώνται γρηγορότερα από ότι τα NO_3^- , ενώ καθώς προχωράει η ανάπτυξη συμβαίνει το αντίστροφο (Hageman, 1984).

1.2.8. Αποτελεσματικότητα της χρήσης αζώτου

Η μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα της χρήσης του N σε βιοχημικές διεργασίες παρατηρείται όταν το N βρίσκεται σε μεγάλη έλλειψη, προκαλώντας την αναστολή αύξησης και ανάπτυξης των φυτών, καθώς η ζωνή βλάστηση έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την εξοικονόμηση του N (Lawlor et al., 1988).

Αντίθετα, εάν η παροχή του N υπερβαίνει την απαιτούμενη για τη διατήρηση του δυνητικού ρυθμού ανάπτυξης, τότε δεν παράγεται περαιτέρω ξηρή μάζα ανά μονάδα επιπλέον N, αλλά παρατηρείται η συσσώρευση μεγαλύτερων ποσοτήτων αζώτου σε μη παραγωγικά συστατικά του φυτού. Έτσι, η αποδοτικότητα της χρήσης N είναι μικρή όταν η ποσότητα του N είναι άπλετη και μειώνεται σταδιακά, καθώς αυξάνεται περαιτέρω η παροχή N (Lawlor et al., 2001).

Για την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των εισροών αζώτου, είναι απαραίτητη μια πιο δυναμική προσέγγιση, κατά την οποία η εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων (αλλά και των λιπασμάτων γενικότερα) βασίζεται στο ιστορικό της καλλιέργειας και στην επιθυμητή παραγωγή και ποιότητα απόδοσης (Sinclair & Hone, 1989; van Keulen et al., 1989).

1.2.9. Γονότυπος – Αζωτο

Διαφορετικές ποικιλίες που καλλιεργούνται στην ίδια τοποθεσία (δηλαδή επηρεάζονται από τους ίδιους περιβαλλοντικούς παράγοντες) μπορούν να παρουσιάσουν διαφορετικά μοτίβα απόκρισης στην αζωτούχο λίπανση. Ωστόσο, αυτό θα ήταν πιο εμφανές υπό ελεγχόμενες συνθήκες (π.χ. σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια ή ακόμα καλύτερα στην υδροπονία) (Gentry & Below, 1993).

Από βοτανικής οπτικής, τα φυτά μπορούν να διαφέρουν ως προς την αξιοποίηση του N με δύο βασικούς τρόπους: με βάση το πόσο N χρειάζεται το φυτό για να παράγει την μέγιστη απόδοση ή με βάση το χρόνο, δηλαδή σε ποιο στάδιο του βιολογικού κύκλου του θα λάβει το φυτό το N (Pessarakli, 2001).

Αν και οι ποικιλίες που απαιτούν μεγάλες ποσότητες N είναι ικανές να παράγουν τις υψηλότερες αποδόσεις, οι ποικιλίες που έχουν απαίτηση σε χαμηλά επίπεδα N μπορούν να δώσουν μεγαλύτερες αποδόσεις σε σχέση με τις ποικιλίες υψηλών απαιτήσεων N σε εδάφη με χαμηλή συγκέντρωση N. Όσον αφορά την δεύτερη κατηγορία, δηλαδή ποικιλίες που διαφέρουν ως προς τον χρόνο που λαμβάνουν το N, ορισμένες ποικιλίες συσσωρεύουν το μεγαλύτερο μέρος του N πριν από την ανθοφορία, ενώ άλλες μπορεί να έχουν σημαντική συσσώρευση N μετά από το στάδιο της ανθοφορίας (Pessarakli, 2001).

1.3. Αλατότητα

1.3.1. Γενικά στοιχεία

Με τον όρο αλατότητα περιγράφεται η κατάσταση κατά την οποία τα διαλυτά άλατα συσσωρεύονται στο διάλυμα (έδαφος ή νερό), σε ένα επίπεδο που έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αύξηση και ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών (Childs & Hanks, 1975).

Η αλατότητα αποτελεί έναν παράγοντα καταπόνησης σε περισσότερες από 100 χώρες και επηρεάζει δυσμενώς την διαβίωση των ανθρώπων, καθώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα μείωσης της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών. Η έκταση των εδαφών που καταπονούνται από την αλατότητα ανέρχεται περίπου στα 8,31 δισεκατομμύρια στρέμματα σε όλο τον κόσμο. Από αυτά, τα 3,97 δισεκατομμύρια (47,8%) είναι αλατούχα και τα υπόλοιπα 4,34 δισεκατομμύρια στρέμματα (52,2%) είναι αλκαλικά (Sharma, 2014; Sharma & Chaudhari, 2012). Από το σύνολο της καλλιεργούμενης γης, περίπου 7,7 δισεκατομμύρια στρέμματα παραγωγικής γης βρίσκονται υπό την επίδραση της αλατότητας ή της αλκαλικότητας, η οποία προβλέπεται να επεκταθεί σε πολλά μέρη του κόσμου λόγω της εντατικής χρήσης της γης, ιδιαίτερα σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές (Srivastava et al., 2019).

Σε αυτό το σημείο θεωρείται χρήσιμο να αναφερθούν κάποιες διαφορές μεταξύ των αλατούχων και των αλκαλικών εδαφών.

Στα αλατούχα εδάφη:

- το pH του κορεσμένου χώματος είναι μικρότερο από 8,2 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity – EC) είναι μεγαλύτερη από 4 dS/m στους 25 °C (Nandal & Hooda, 2013),
- το ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου (exchangeable sodium percentage – ESP) είναι περίπου 15 (Sharma, 2014),
- το Na είναι γενικά το κυρίαρχο διαλυτό κατιόν, αλλά το εδαφικό διάλυμα περιέχει επίσης υψηλές ποσότητες δισθενών κατιόντων, π.χ. Ca και Mg (Nandal & Hooda, 2013).

Στα αλκαλικά εδάφη:

- το pH του κορεσμένου χώματος είναι μεγαλύτερο από 8,2 και η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι μικρότερη από 4 dS/m στους 25 °C, αλλά μπορεί να είναι μεγαλύτερη εάν υπάρχουν σημαντικές ποσότητες Na_2CO_3 (Nandal & Hooda, 2013),
- το ποσοστό ανταλλάξιμου νατρίου είναι μεγαλύτερο 15 (Sharma, 2014),
- το Na είναι το κυρίαρχο διαλυτό κατιόν, ενώ τα κατιόντα Ca και Mg βρίσκονται σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση στο έδαφος, καθώς καθιζάνουν λόγω του υψηλού pH του εδάφους (Nandal & Hooda, 2013).

1.3.2. Αλατότητα και έδαφος

Η ποιότητα των εδαφών παγκοσμίως, φαίνεται να μειώνεται δραστικά με το πέρασ των χρόνων, λόγω δυσμενών αλλαγών στις φυσικές, χημικές και βιολογικές τους ιδιότητες. Η αλάτωση των εδαφών είναι ένας από τους λόγους που οδηγούν σε αυτές τις δυσμενείς αλλαγές και ορίζεται ως η συσσώρευση υδατοδιαλυτών αλάτων στο έδαφος. Στα παραπάνω άλατα περιλαμβάνονται τα ιόντα καλίου (K^+), το μαγνήσιο (Mg^{2+}), το ασβέστιο (Ca^{2+}), το χλωριούχο ανιόν (Cl^-), το θειικό ανιόν (SO_4^{2-}), το ανθρακικό ανιόν (CO_3^{2-}), το όξινο ανθρακικό ανιόν (HCO_3^-) και το νάτριο (Na^+). Ακόμα, η συσσώρευση νατρίου ονομάζεται νατρίωση ή αλκαλίωση. Η υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της δομής του εδάφους, η οποία, λόγω έλλειψης οξυγόνου, καθίσταται ανίκανη να εξασφαλίσει την ανάπτυξη των φυτών (Nandal & Hooda, 2013).

1.3.3. Επίδραση στη φυσιολογία των φυτών

Με την αυξημένη αλατότητα επέρχεται η ιοντική καταπόνηση (κυρίως λόγω Na^+ και Cl^-), η οσμωτική καταπόνηση και οι δευτερογενείς καταπονήσεις, όπως η διαταραχή θρεπτικών στοιχείων και το οξειδωτικό στρες για τα γλυκόφυτα (Zhu, 2002).

Η ιοντική καταπόνηση λαμβάνει χώρα με τρεις τρόπους:

1. Παρατηρούνται δυσκολίες στην πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ των ιόντων Cl^- , Na^+ και άλλων ιόντων, π.χ. ο ανταγωνισμός του Na^+ με το K^+ .
2. Υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων Na^+ και Cl^- μέσα στα κύτταρα προκαλούν σταδιακή διαταραχή στην κυτταρική ιοντική ομοιόσταση. Αυτό με την σειρά του προκαλεί παρεμπόδιση της μετακίνησης άλλων ιόντων, όπως τα ιόντα K^+ , από τον αποπλάσματικό χώρο προς το εσωτερικό των κυττάρων.
3. Επίσης, η αυξημένη συγκέντρωση Na^+ προκαλεί την άνοδο του pH του κυτταροπλάσματος, διότι αυξάνει την δραστηριότητα των μεμβρανικών πρωτεϊνικών αντλιών. Η άνοδος αυτή, έχει ως αποτέλεσμα τη δραστηριοποίηση ενζύμων του κυτταρικού μεταβολισμού, το οποίο σε συνδυασμό με την κατανάλωση ATP (λόγω της λειτουργίας των αντλιών) επιφέρει τελικά την έλλειψη ενέργειας (Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, & Νικολόπουλος, 2012).

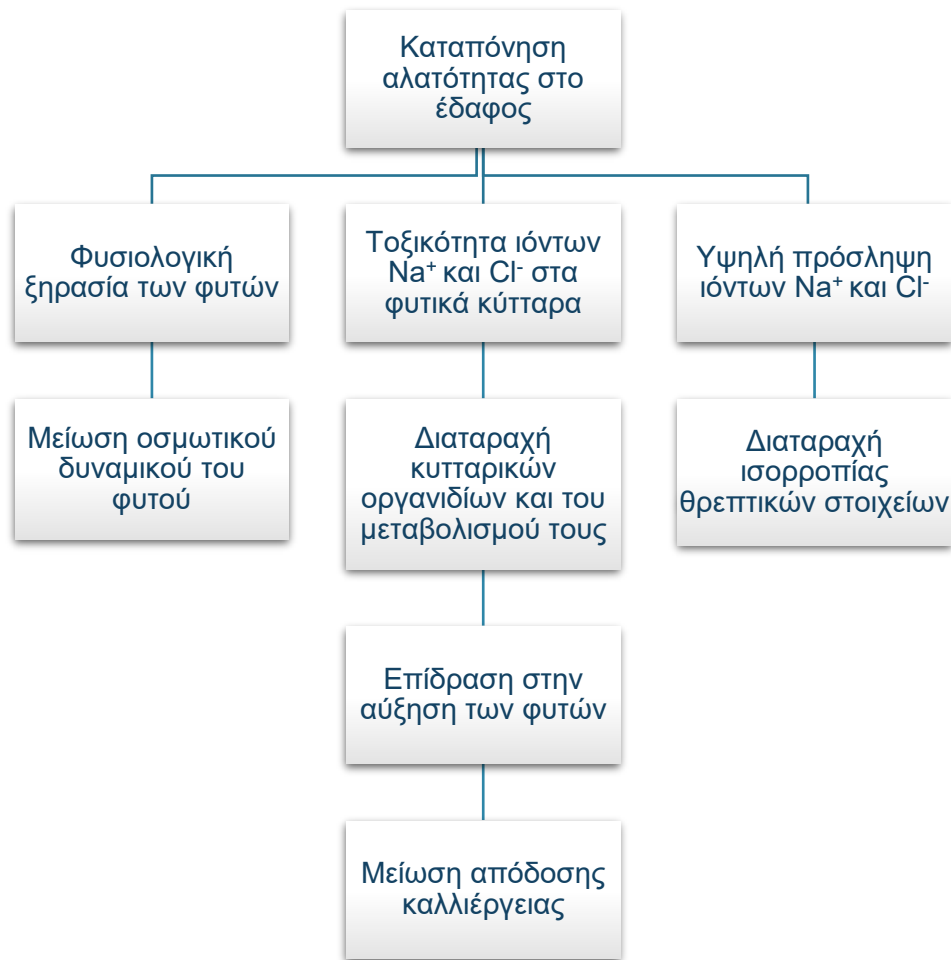
Λόγω αυτών, η υψηλή συγκέντρωση διαλυτών αλάτων επηρεάζει τα φυτά καθ' όλη τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου, από το στάδιο της βλάστησης μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης τους (Gharraei et al., 2011). Αυτά τα άλατα επηρεάζουν αρνητικά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών, καθώς καταστρέφοντας τις θυλακοειδείς μεμβράνες του χλωροπλάστη πυροδοτούν την αδρανοποίηση του ETS (σύστημα μεταφοράς ηλεκτρονίων) και κατ' επέκταση την φωτοφωσφορυλίωση και μειώνουν τη συγκέντρωση της χλωροφύλλης και άλλων φωτοσυνθετικών χρωστικών, όπως τα καροτενοειδή (Mittal et al., 2012, Omoto et al., 2010). Επίσης, επηρεάζουν δυσμενώς την πίεση σπαραγγής, ιδιαίτερα στην περιοχή των φύλλων, προκαλώντας το κλείσιμο των στομάτων και την μείωση του ρυθμού διαπνοής (Chaves et al., 2002, 2009).

Αρκετοί ερευνητές (Wang et al., 2012; Zhang et al., 2006) έχουν παρατηρήσει πως υπό συνθήκες υψηλής αλατότητας αυξήθηκε η συσσώρευση του ABA (αμπσισικό οξύ), το οποίο φαίνεται να είναι μία από τις κύριες αιτίες του κλεισίματος των στομάτων των φυτών που αναπτύσσονται υπό αυτές τις συνθήκες. Η αυξημένη συσσώρευση του ABA μπορεί να επηρεάσει την αποπό-

λωση των αποφρακτικών κυττάρων των στομάτων και την παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου. Η παραγωγή ROS (δραστικών μορφών οξυγόνου) επηρεάζεται από την υπερβολική παραγωγή υπεροξειδίου του υδρογόνου και προκαλεί το οξειδωτικό στρες των φυτών (Viswanathan Chinnusamy et al., 2006a, 2006b).

Ακόμα, η υψηλή συγκέντρωση διαλυτών αλάτων στο έδαφος προάγει το οσμωτικό στρες των φυτών, το οποίο ευθύνεται για τη μείωση της πρόσληψης του νερού και των θρεπτικών συστατικών και κατ' επέκταση για τον κυτταρικό θάνατο σε ορισμένες περιπτώσεις (Munns, 2002).

Επιπλέον, η υψηλή συγκέντρωση ιόντων Na^+ προκαλεί ανταγωνισμό μεταξύ των ιόντων Na^+ και K^+ για την πρόσληψη τους από τα φυτά, το οποίο επηρεάζει δυσμενώς τις μεταβολικές διεργασίες που εξαρτώνται από το K^+ και διαταράσσει την ακεραιότητα των μεμβρανών των ριζών (Evelin et al., 2009, Grattan & Grieve, 1999). Το κάλιο δρα ως συμπαραγοντας για πολλά ένζυμα και απαιτείται για την σύνδεση του tRNA στα ριβοσώματα κατά τη διάρκεια της πρωτεϊνοσύνθεσης. Όμως, η αντικατάσταση των ιόντων K^+ με ιόντα Na^+ προκαλεί αλλαγές στη διαμόρφωση των πρωτεϊνών και κατά συνέπεια επηρεάζονται αρνητικά τόσο οι βιοχημικές όσο και οι μεταβολικές διεργασίες των φυτών. Εκτός αυτών, η υψηλή συγκέντρωση ιόντων νατρίου μπορεί να οδηγήσει στη φυσιολογική ξηρασία των φυτών καθώς και στην τοξικότητα από τα ιόντα αυτά (Evelin et al., 2009; Zhu, 2002).



Εικόνα 3 Σχηματική απεικόνιση των επιπτώσεων της υψηλής εδαφικής αλατότητας στα φυτά. Το στρες αλατότητας προκαλεί φυσιολογική ξηρασία στα φυτά, διαταραχή ισορροπίας στη σύνθεση των θρεπτικών συστατικών και τοξικότητα, λόγω ιόντων Na^+ και Cl^- , οδηγώντας

1.3.4. Στρατηγικές αντιμετώπισης της καταπόνησης από υψηλή αλατότητα

Η αντιμετώπιση της καταπόνησης αλατότητας από τα φυτά συμβαίνει κυρίως με δύο στρατηγικές, με την αποφυγή και την ανθεκτικότητα.

Τα φυτά που επιλέγουν την πρώτη στρατηγική ονομάζονται ρυθμιστές αλατότητας και παρεμποδίζουν την είσοδο των ιόντων Na^+ και Cl^- στο εσωτερικό των ευαίσθητων κυττάρων, ιδίως αυτών των κυττάρων του φωτοσυνθετικού ιστού. Η πραγματοποίηση της στρατηγικής αυτής μπορεί να συμβεί μέσω τριών μηχανισμών:

1. Ορισμένα φυτικά είδη επιτρέπουν την είσοδο του αλατιού από τις ρίζες, αλλά το οδηγούν προς εξειδικευμένους αλατώδεις αδένες των φύλλων, οι οποίοι το εκκρίνουν.
2. Από την άλλη υπάρχουν ορισμένοι ρυθμιστές αλατότητας που δεν επιτρέπουν την είσοδο του και το απομονώνουν εξωτερικά των ριζών.
3. Ο τρίτος μηχανισμός αναφέρεται στα γλυκόφυτα, όπου ανάμεσα σε αυτά συμπεριλαμβάνονται πολλά είδη καλλιεργούμενων φυτών. Αυτά, προσλαμβάνουν το αλάτι μέσω των ριζών, αλλά κατά τον έλεγχο που πραγματοποιούν στα κύτταρα του ξυλώδους παρεγχύματος αποτρέπουν την υπερσυσσώρευση του και τη μεταφορά του μέσω των αγγείων του ξύλου προς το υπέργειο μέρος (Καραμπουρνιώτης, Λιακόπουλος, & Νικολόπουλος, 2012).

Τα φυτά που επιλέγουν τη δεύτερη στρατηγική ονομάζονται συσσωρευτές άλατος και έχουν αναπτύξει μια πληθώρα βιοχημικών και μοριακών μηχανισμών για να μπορούν να αντιμετωπίσουν την καταπόνηση αυτή. Τα βιοχημικά μονοπάτια που οδηγούν σε προϊόντα και διαδικασίες που βελτιώνουν την ανοχή στην παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ιόντων είναι πιθανό να δρουν προσθετικά και συνεργιστικά. Τα παραπάνω περιλαμβάνουν:

1. την επιλεκτική συσσώρευση ή αποκλεισμό ιόντων,
2. την διαμερισματοποίηση των ιόντων σε κυτταρικό επίπεδο και σε επίπεδο ολόκληρου του φυτού,
3. τον έλεγχο της πρόσληψης των ιόντων από τις ρίζες και της μεταφοράς τους στα φύλλα,
4. την αλλαγή της φωτοσυνθετικής οδού και της δομής των μεμβρανών,
5. την σύνθεση συμβατών οσμωλυτών και
6. την επαγωγή αντιοξειδωτικών ενζύμων και φυτικών ορμονών (Parida & Das, 2005).

1.4. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση του αζώτου, της αλατότητας και των διαφορετικών γονοτύπων στην ανάπτυξη και τη χημική σύσταση του βασιλικού. Για να γίνει αυτό, εξετάστηκαν τέσσερις διαφορετικές ποικιλίες βασιλικού, τρεις με κόκκινο χρώμα φύλλων και μια με πράσινο. Επιπλέον, για τον προσδιορισμό της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης εφαρμόστηκαν τρεις διαβαθμισμένες ποσότητες N και μια μεταχείριση χωρίς την προσθήκη N (μάρτυρας). Για την διερεύνηση της επίδρασης της αλατότητας, εφαρμόστηκαν δύο μεταχειρίσεις αυξημένης αλατότητας και μια μεταχείριση χωρίς προσθήκη άλατος (μάρτυρας). Τα φυτά καλλιεργήθηκαν μεμονωμένα σε γλάστρες και 71 ημέρες μετά την σπορά συγκομίστηκαν και ζυγίστηκαν. Οι ζυγίσσεις έγιναν ξεχωριστά για τους βλαστούς, τα φύλλα και τα άνθη των φυτών, ενώ για τη χημική σύσταση ακολουθήθηκαν οι κατάλληλες αναλυτικές μέθοδοι. Για να διαπιστωθεί ακριβώς η επίδραση του N και της αλατότητας σε κάθε γονότυπο έγινε στατιστική ανάλυση των μετρήσεων, καθώς επίσης δημιουργήθηκαν δύο δείκτες αποδοτικότητας του N.

2. Υλικά και Μέθοδοι

2.1. Περιγραφή πειράματος

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο θερμοκήπιο του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, στο Φυτόκο, την εαρινή περίοδο του 2019. Καλλιεργήθηκαν τέσσερις ποικιλίες βασιλικού (sweet basil), τρεις κόκκινες, η Red Basil (Geniki Fytotechniki S.A., Αθήνα, Ελλάδα), Dark Opal (De Corato Sementi, Andria, Ιταλία) και Basilico Rosso (Larosa Emanuele Sementi, Andria, Ιταλία) και μία πράσινη τοπική ποικιλία (Μύτικας). Το πείραμα ξεκίνησε στις 4 Απριλίου με τη σπορά των παραπάνω ποικιλιών σε δίσκους σποράς που περιείχαν τύρφη (Klassman-Deilmann, Tray Substrate, Geeste, Γερμανία), με διαφορετικό δίσκο σποράς για την κάθε ποικιλία, ενώ την ίδια μέρα άρχισαν και τα ποτίσματα στους δίσκους (με το ποτιστήρι). Τα ποτίσματα γινόντουσαν ανά 2-3 ημέρες αναλόγως τα καιρικά φαινόμενα και με την ποσότητα του νερού να είναι τόση ώστε να έχουμε κορεσμό του υποστρώματος. Στις 23 Απριλίου τα νεαρά σπορόφυτα, που είχαν αναπτύξει 3-4 πραγματικά φύλλα, μεταφυτευθήκαν σε γλάστρες 2 λίτρων που περιείχαν μίγμα τύρφης (Klassman-Deilmann, Tray Substrate, Geeste, Γερμανία) και περλίτη σε αναλογίες 1:1 v/v. Τα ποτίσματα συνεχίστηκαν όπως νωρίτερα, μέχρι τις 12 Μαΐου, όπου και ξεκίνησαν να εφαρμόζονται πότισμα με τέσσερις διαφορετικές συγκεντρώσεις N, συγκεκριμένα Control (0 ppm N), 200 ppm, 400 ppm και 600 ppm αζώτου. Τα φυτά λιπάνθηκαν 5 φορές με 200 mL/γλάστρα (στις 12, 15, 18, 21 και 24 Μαΐου) και 10 φορές με 300 mL/γλάστρα (στις 27, 29, 31 Μαΐου και στις 2, 4, 6, 8, 10, 12, 13 Ιουνίου). Οι μεταχειρίσεις αλατότητας S1 (3 dS/m) και S2 (4,5 dS/m) άρχισαν να εφαρμόζονται από τις 29/5, ενώ μέχρι τότε εφαρμόζονταν ποτίσματα με 200 ppm N. Το σύνολο των γλαστρών έφτασε τις 176, δηλαδή 8 γλάστρες ανά μεταχείριση $\times ((4 \text{ μεταχειρίσεις} \times 4 \text{ ποικιλίες}) + (2 \text{ μεταχειρίσεις} \times 3 \text{ ποικιλίες}))$. Στις 14 Ιουνίου 2019 πραγματοποιήθηκε η συγκομιδή, λίγο πριν από τον σχηματισμό των ανθέων των περισσότερων φυτών.



Εικόνα 4 Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται όλες οι μεταχειρίσεις, ομαδοποιημένες σύμφωνα με την ποικιλία. Η ποικιλία είναι η Red Basil και η φωτογραφία έχει ληφθεί στις 18/05/2019, δηλαδή 44 ημέρες μετά την σπορά (η οποία έγινε στις 04/04/2019). Στο συγκεκριμένο πείραμα η 1^η, 2^η, 3^η και 6^η σειρά (οριζόντια από πάνω προς τα κάτω) αντιστοιχούν στις μεταχειρίσεις με 200ppm N, 400ppm N, 600ppm N και τον μάρτυρα (αζωτούχος λίπανση), αντίστοιχα. Η 4^η και η 5^η σειρά αντιστοιχούν στις μεταχειρίσεις S1 και S2 της αλατότητας, αντίστοιχα. Να σημειωθεί ότι η 1^η σειρά, παράλληλα με την μεταχείριση των 200ppm αζώτου, χρησιμοποιήθηκε ως ο μάρτυρας της αλατότητας.



Εικόνα 5 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η ποικιλία Dark Opal. Ισχύουν τα όσα προαναφέρθηκαν στην πάνω εικόνα.



Εικόνα 6 Ποικιλία Basilico rosso.



Εικόνα 7 Ποικιλία Μύτικας. Σε αυτήν την ποικιλία υπάρχουν μόνο τέσσερις σειρές, οι οποίες αντιστοιχούν στις μεταχειρίσεις με 200ppm N, 400ppm N, 600ppm N και μάρτυρας, από πάνω προς τα κάτω. Στην παρούσα ποικιλία δεν έχει γίνει μεταχείριση αλατότητας.

2.2. Ποικιλίες

Οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα είναι οι παρακάτω και θεωρήθηκε εύλογο να αναφερθούν στοιχεία για ορισμένες από αυτές:

- Η **Red Basil** (*O. basilicum* var. *purpurascens*) (Γενική Φυτοτεχνική Α.Ε.Β.Ε., Αθήνα, Ελλάδα) είναι μια ποικιλία του βασιλικού με κόκκινα φύλλα και ροζ άνθη. Διακρίνεται από άλλους μωβ βασιλικούς γιατί έχει γλυκύτερο άρωμα. Ακόμα, η εμφάνιση των πλούσιων και σκούρων μωβ φύλλων είναι πιο σταθερή από ότι σε ορισμένους άλλους μωβ βασιλικούς.
- Η **Dark Opal** (*O. basilicum* var. *purpurascens*) (De Corato Sementi, Andria, Italy) είναι μια ποικιλία όπως και η Red Basil με τη διαφορά ότι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης της έχει πράσινο χρώμα και στην συνέχεια αποκτά τον μωβ χρωματισμό.
- Η **Basilico Rosso** (*O. basilicum* var. *purpurascens*) (Larosa Emanuele Sementi, Andria, Ιταλία): είναι μια κοκκινόφυλλη ποικιλία με βαθείς μωβ βλαστούς και φύλλα, μωβ-λευκά άνθη με βάθη μωβ βράκτια, η οποία φτάνει τα 45 εκ. στο ύψος (*Ocimum basilicum* 'Basilico Rosso', 2022).
- Ο **Μύτικας** αποτελεί τοπική ποικιλία από την ομώνυμη περιοχή και έχει πράσινο χρώμα φύλλων.

2.3. Προετοιμασία διαλυμάτων αζώτου και αλάτων

Για τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αζώτου χρησιμοποιήθηκαν 3 βαρέλια Α, Β και Γ (2 βαρέλια των 120 λίτρων και 1 των 100 λίτρων), τα οποία γέμισαν μέχρι την ένδειξη του ανάλογου όγκου. Στην συνέχεια, με ζυγαριά ακρίβειας ζυγίστηκαν τα παρακάτω λιπάσματα (Πίνακας 2), προστέθηκαν στα αντίστοιχα βαρέλια και αναδεύτηκαν καλά, ώστε να διαλυθούν και να μην δημιουργήσουν ιζήματα. Στις μεταχειρίσεις της αλατότητας χρησιμοποιήθηκαν 3 βαρέλια, το Α που αναφέρθηκε παραπάνω, στο οποίο δεν έγινε προσθήκη άλατος (EC = 1,8 dS/m), το βαρέλι Δ (EC = 3 dS/m) και το βαρέλι Ε (EC = 4,5 dS/m). Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι ποσότητες και τα είδη των αζωτούχων λιπασμάτων και του NaCl που εφαρμόστηκαν, καθώς και ο συνολικός όγκος του διαλύματος που προέκυπτε κάθε φορά (Πίνακας 2).

Πίνακας 2 Παρατίθενται οι ποσότητες και τα είδη των λιπασμάτων και του NaCl που εφαρμόστηκαν ανάλογα την μεταχείριση. Επίσης φαίνεται ο συνολικός όγκος του διαλύματος που προέκυπτε σε κάθε βαρέλι.

	Βαρέλι 200 ppm N (A)	Βαρέλι 400 ppm N (B)	Βαρέλι 600 ppm N (Γ)	Βαρέλι S1 (Δ)	Βαρέλι S2 (Ε)
Όγκος διαλύμα- τος (L)	120	120	100	100	100
Ποσότη- τες Λιπασμά- των	120g λίπα- σμα 20-20-20 (N-P-K)	120g λίπασμα 20-20-20 και 69,6g NH ₄ NO ₃	100g λίπασμα 20-20-20 και 115,9g NH ₄ NO ₃	100g λίπα- σμα 20-20-20 (N-P-K)	100g λίπα- σμα 20-20-20 (N-P-K)
Προ- σθήκη NaCl	-	-	-	70,1 g	157,8 g

2.4. Συγκομιδή

Η συγκομιδή έγινε με την έναρξη της άνθισης, όπου έγινε αφαίρεση του φυτού κόβοντας το κεντρικό βλαστό πάνω από τα τέσσερα φύλλα από τη βάση του, τοποθετήθηκαν το καθένα ξεχωριστά σε σακούλα και μεταφέρθηκαν κατευθείαν στο εργαστήριο για ζύγισμα του νωπού τους βάρους.

2.5. Ζύγιση

Τα φυτά αμέσως μετά την κοπή τους μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου Λαχανοκομίας του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, με σκοπό τον διαχωρισμό των φύλλων, των βλαστών και των ανθέων ανά φυτό, για να ζυγιστεί το νωπό βάρος τους.

2.6. Μέτρηση χρώματος

Οι παράμετροι χρώματος του μοντέλου Hunter (L*, a* και b*) μετρήθηκαν στην άνω επιφάνεια των φύλλων, χρησιμοποιώντας ένα χρωματόμετρο

(Chroma Meter CR400, Konica Minolta, Τόκιο, Ιαπωνία). Οι τιμές του σχετικού κορεσμού (C^*) και γωνίας απόχρωσης (h^*) υπολογίστηκαν σύμφωνα με τους τύπους ($C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ και $h = \arctan(b/a)$) που έχουν περιγραφεί προηγουμένως στη βιβλιογραφία (McLellan et al., 1995) μετά από την χρήση του μοντέλου CIELab (τιμές L, a και b), μέσω ηλεκτρονικού συστήματος .

2.6. Προσδιορισμός συστατικών

2.6.1. Θρεπτική αξία

Ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης (πρωτεΐνη, λίπος, υδατάνθρακες και τέφρα) του λυοφιλοποιημένου (αποξηραμένου) υλικού έγινε σύμφωνα με τις αναλυτικές μεθόδους που έχουν υιοθετηθεί από τον AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (Horwitz & Latimer, 2016) και εκφράστηκε σε g/100 g ξηρού βάρους (dw).

Ο υπολογισμός του ακατέργαστου λίπους πραγματοποιήθηκε με εκχύλιση Soxhlet, με πετρελαϊκό αιθέρα ως εκχυλιστικό υγρό και διήρκησε 7 ώρες. Ακόμα, ο υπολογισμός της ακατέργαστης πρωτεΐνης έγινε με τη μέθοδο micro-Kjeldahl χρησιμοποιώντας μια συσκευή αυτόματης απόσταξης και τιτλοδότησης, ενώ ο προσδιορισμός της τέφρας έγινε με αποτέφρωση στους 550 ± 10 °C. Η τέφρα αποτελεί το υπόλειμμα των ανόργανων συστατικών που παραμένει σε ένα τρόφιμο μετά την καύση του. Ο προσδιορισμός των υδατανθράκων έγινε υπολογίζοντας την διαφορά μεταξύ του αθροίσματος του βάρους της πρωτεΐνης, του λίπους και της τέφρας, από το συνολικό βάρος. Τέλος, ο υπολογισμός της ενεργειακής αξίας έγινε σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου ως εξής: ενέργεια (kcal/100 g ξηρού βάρους (dw)) = $4 \times (\text{βάρος πρωτεΐνης (g)} + \text{βάρος υδατανθράκων (g)}) + 9 \times (\text{βάρος λίπους (g)})$.

2.6.2. Χημική σύσταση

2.6.2.1. Οργανικά οξέα

Η ανάλυση των οργανικών οξέων πραγματοποιήθηκε με υπερταχεία υγρή χρωματογραφία (Ultra-Fast Liquid Chromatography, UFLC) σε συνδυασμό

με έναν ανιχνευτή με συστοιχία διοδίων (Diode Array Detector, DAD). Για την αναγνώριση των οργανικών οξέων αυτών συγκρίθηκαν τα φάσματα και οι χρόνοι κατακράτησης με αυτά των εμπορικών προτύπων, ενώ η ποσοτικοποίηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση καμπυλών βαθμονόμησης. Στη συνέχεια, ακολούθησε η καταγραφή και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων με τη χρήση του λογισμικού LabSolutions Multi LC-PDA και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε g/100 g ξηρού βάρους (dw).

2.6.2.2. Σάκχαρα

Για τον προσδιορισμό των ελεύθερων σακχάρων εφαρμόστηκε ένα σύστημα υγρής χρωματογραφίας υψηλής απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) σε συνδυασμό με έναν ανιχνευτή δείκτη διάθλασης (Refractive Index, RI) και με την εφαρμογή της μεθόδου εσωτερικού προτύπου (Internal Standard, IS) με πρότυπο την μελεζιτόζη. Τα δεδομένα καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν με τη χρήση του λογισμικού Clarity 2.4 και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε g/100 g dw.

2.6.2.3. Τοκοφερόλες

Η ανάλυση των τοκοφερολών έγινε με HPLC σε συνδυασμό με έναν ανιχνευτή φθορισμού (Fluorescence Detector, FLD). Η ταυτοποίηση των ενώσεων αυτών πραγματοποιήθηκε μέσω χρωματογραφικών αξιολογήσεων με αντίστοιχες πρότυπες ενώσεις, ενώ η ποσοτικοποίηση βασίστηκε στην απόκριση σήματος φθορισμού κάθε προτύπου, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο IS, με πρότυπο την τοκόλη και τις καμπύλες βαθμονόμησης των εμπορικών προτύπων που αντιστοιχούν στην κάθε ένωση. Τα δεδομένα καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν με την χρήση του λογισμικού Clarity 2.4 και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg/100 g dw.

2.6.2.4. Λιπαρά οξέα

Ο προσδιορισμός των λιπαρών οξέων πραγματοποιήθηκε με χρωματογραφία αερίου-υγρού χρησιμοποιώντας ένα όργανο YOUNG IN Chromass YL6500 GC System εξοπλισμένο με έναν εγχυτήρα split/splitless, έναν ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (Flame Ionization Detector, FID) και μια στήλη για τον διαχωρισμό των συστατικών του μίγματος. Η ταυτοποίηση και ο ποσοτικός προσδιορισμός επιτεύχθηκε συγκρίνοντας τους χρόνους ανάσχεσης των κορυφών (peaks) των FAMES (Fatty Acid Methyl Esters) των δειγμάτων μας με τα πρότυπα. Τα δεδομένα καταγράφηκαν και επεξεργάστηκαν με το λογισμικό Clarity 4.0.

2.6.3. Παρασκευή Υδροαιθανολικών Εκχυλισμάτων

2.6.3.1. Προετοιμασία εκχυλίσματος

Για την παρασκευή των υδροαιθανολικών εκχυλισμάτων, κάθε δείγμα (2,5 g) αναμίχθηκε με διάλυμα αιθανόλης/νερού (80:20, v/v, 30 mL) και αναδεύτηκε για 1 ώρα σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά από τη διήθηση του υπερκείμενου υγρού μέσω διηθητικού χαρτιού Whatman No 4, το υπόλειμμα εκχυλίστηκε εκ νέου υπό τις ίδιες συνθήκες. Στη συνέχεια, τα δύο αυτά διηθήματα αναμείχθηκαν σε ένα, συμπυκνώθηκαν υπό μειωμένη πίεση με περιστροφικό εξατμιστή στους 40 °C και λυοφιλοποιήθηκαν. Η λυοφιλίωση (κρυοξήρανση) της φυτικής βιομάζας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση εξαχνωτή από ανοξείδωτο χάλυβα. Το πρόγραμμα λυοφιλοποίησης που εφαρμόστηκε για την ξήρανση της φυτικής βιομάζας ήταν το ακόλουθο:

Βήμα 1ο. Στους -35 °C για 2 ώρες σε ατμοσφαιρική πίεση (1000 mbar),

Βήμα 2ο. Από -35 °C έως -20 °C σε 6 ώρες υπό κενό (0,150 mbar),

Βήμα 3ο. Από -20 °C έως 0 °C σε 12 ώρες υπό κενό (0,150 mbar),

Βήμα 4ο. Από 0 °C έως 10 °C σε 12 ώρες υπό κενό (0,150 mbar) και

Βήμα 5ο. Από 10 °C έως 25 °C σε 12 ώρες υπό κενό (0,150 mbar).

2.6.4. Φαινολικές ενώσεις

Τα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα που αναφέρθηκαν παραπάνω διαλύθηκαν ξανά σε αιθανόλη/νερό (80:20, v/v) για να επιτευχθεί η τελική συγκέντρωση των 10 mg/mL. Τα εκχυλίσματα που προέκυψαν, αξιολογήθηκαν με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης σε συνδυασμό με έναν ανιχνευτή συστοιχίας διόδων και ένα φασματόμετρο μάζας (Mass Spectrometry, MS). Η ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων έγινε μέσω της σύγκρισης των χρόνων ανάσχεσης, των φασμάτων του υπεριώδους-ορατού (UV-Vis) και της μάζας με τις πρότυπες ενώσεις και με σύγκριση των πληροφοριών που συλλέχθηκαν με τα διαθέσιμα δεδομένα που περιγράφονται στη βιβλιογραφία, δίνοντας μια αρχική αναγνώριση των εντοπισμένων ενώσεων. Η ποσοτική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη δημιουργία μιας καμπύλης βαθμονόμησης για κάθε διαθέσιμο πρότυπο φαινολικής ένωσης με βάση την ένδειξη του UV, ενώ για τις ενώσεις που δεν υπήρχαν διαθέσιμα εμπορικά πρότυπα, η ποσοτικοποίηση γινόταν μέσω της καμπύλης βαθμονόμησης του πιο παρόμοιου διαθέσιμου προτύπου. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg/g εκχυλίσματος.

2.7. Επεξεργασία δεδομένων – Στατιστική ανάλυση

Αφού έγινε ο υπολογισμός του νωπού βάρους των φυτών του βασιλικού, υπολογίστηκαν δυο δείκτες αποδοτικότητας του αζώτου, σύμφωνα με τους (Di Gioia et al., 2017).

Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν δίνονται από τις εξισώσεις:

$$PFP_N = \frac{Y_F}{N_F} \quad (1) \quad AE_N = \frac{(Y_F - Y_0)}{N_F} \quad (2)$$

Η εξίσωση (1) δίνει την παραγωγικότητα μερικού παράγοντα του εφαρμοζόμενου N (partial factor productivity), δηλαδή αντιπροσωπεύει τα g του

προϊόντος που συλλέγονται προς τα g του εφαρμοζόμενου N. Η εξίσωση (2) δίνει την αγρονομική απόδοση του εφαρμοζόμενου N (agronomic efficiency), δηλαδή αντιπροσωπεύει τα g της συνολικής αύξησης της απόδοσης προς τα g του εφαρμοζόμενου N. Συγκεκριμένα, ως YF δίνεται η απόδοση της καλλιέργειας (g/νωπό βάρος φυτού), ως NF δίνεται η ποσότητα του αζώτου που εφαρμόστηκε ανά φυτό (σε g/φυτό). Το Y0 είναι η απόδοση της καλλιέργειας στη μεταχείριση του μάρτυρα.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε με βάση το σχέδιο των πλήρων ομάδων σε τυχαίοποιημένη διάταξη (Randomized Complete Block Design) με τρεις επαναλήψεις. Η απόδοση της καλλιέργειας αξιολογήθηκε σε δείγμα 8 φυτών ($n = 8$). Για τις χημικές αναλύσεις, παρασκευάστηκαν τρία ομαδοποιημένα δείγματα για κάθε μεταχείριση και κάθε δοκιμασία πραγματοποιήθηκε τρεις φορές ($n = 3$).

Για τα φυτά που δέχθηκαν μεταχειρίσεις αζωτούχου λίπανσης, όλα τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε two-way ANOVA θεωρώντας ως παράγοντες τις ποικιλίες και τη συγκέντρωση N, ενώ οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο HSD του Tukey ($p = 0,05$). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση τετραγωνικής παλινδρόμησης (Quadratic regression analysis) χρησιμοποιώντας το PROC REG του πακέτου λογισμικού SAS για την εκτίμηση των παραμέτρων της σχέσης μεταξύ των φύλλων, του στελέχους, του συνολικού υπέργειου νωπού βάρους του φυτού και της ποσότητας εφαρμοζόμενου N. Όλες οι άλλες αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS v. 23.0.

Για τα φυτά που δέχθηκαν μεταχειρίσεις αλατότητας, όλα τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης κατά δύο παράγοντες (two-way ANOVA) λαμβάνοντας υπόψη ως παράγοντες τις ποικιλίες και τις μεταχειρίσεις αλατότητας, ενώ οι μέσοι όροι συγκρίθηκαν σύμφωνα με τη μέθοδο HSD (Honestly Significant Difference) του Tukey ($p = 0,05$). Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS v. 23.0.

3. Αποτελέσματα

3.1. Άζωτο

3.1.1. Απόδοση

Η απόδοση του νωπού βασιλικού επηρεάστηκε σημαντικά, τόσο από την ποικιλία, όσο και από την ποσότητα N που εφαρμόστηκε σε κάθε περίπτωση. Και στις τέσσερις ποικιλίες που εξετάστηκαν, το νωπό βάρος των φύλλων, καθώς και το συνολικό νωπό βάρος του υπέργειου τμήματος των φυτών επηρεάστηκαν θετικά από την εφαρμογή N. Συγκεκριμένα, η σχέση αυτή αναπαραστάθηκε με μια πολυωνυμική συνάρτηση 2^{ου} βαθμού (Εικόνα 8).

Η ανάλυση παλινδρόμησης που εφαρμόστηκε, έδειξε πως ο εκτιμώμενος συντελεστής παλινδρόμησης στο τετράγωνο (R^2), η κλίση (slope) και η τομή (intercept) μεταξύ όλων των εξεταζόμενων συσχετίσεων είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά. Εξαίρεση αποτελεί η σχέση μεταξύ του νωπού βάρους του βλαστού και της ποσότητας N που εφαρμόστηκε. Εδώ φαίνεται ότι η συσχέτιση αυτή στις ποικιλίες Dark Opal και Basilico Rosso δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Το προσαρμοσμένο R^2 (Adj R^2) για τη συσχέτιση του συνολικού νωπού βάρους για το υπέργειο τμήμα με την ποσότητα N υπολογίστηκε ως 0,50 στην περίπτωση της ποικιλίας Dark Opal και έως 0,79 στην περίπτωση της ποικιλίας του Μύτικα, ενώ οι υψηλότερες τιμές Adj R^2 παρατηρήθηκαν στη συσχέτιση μεταξύ του νωπού βάρους των φύλλων και της ποσότητας του N (Πίνακας 3).

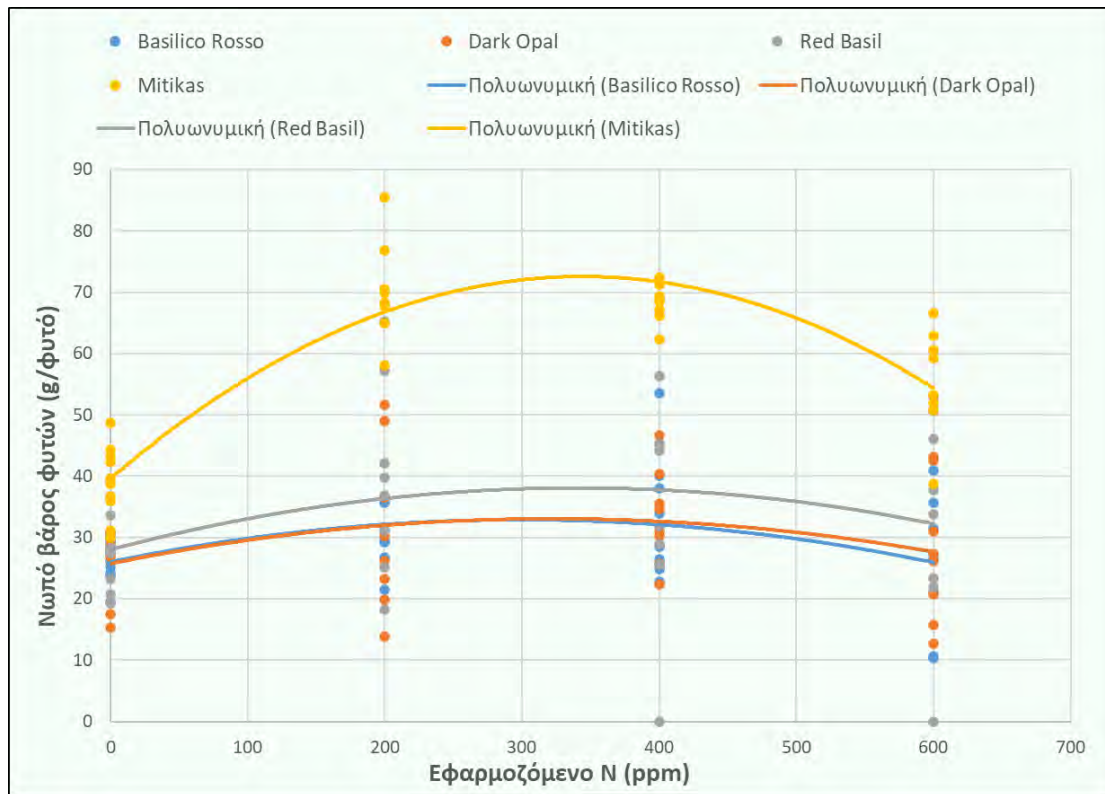
Παρατηρήθηκε επίσης, πως ανεξάρτητα από τα επίπεδα του εφαρμοσμένου N, ο Μύτικας ήταν η παραγωγικότερη ποικιλία με συνολικό νωπό βάρος υπέργειου τμήματος φυτού κατά μέσο όρο 69%, 102% και 129% υψηλότερο από τις ποικιλίες Red Basil, Dark Opal και Basilico Rosso αντίστοιχα (Εικόνα 8 και Πίνακας 4). Εδώ αξίζει να σημειωθεί πως τα δεδομένα για την απόδοση των ανθέων του βασιλικού δεν αξιοποιήθηκαν στην ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αυτό συνέβη, διότι την ημέρα συγκομιδής των φυτών (14/06/2019) τα περισσότερα από τα φυτά βασιλικού δεν είχαν φτάσει ακόμη στο στάδιο της άνθισης, έτσι δεν υπήρχε επαρκές δείγμα για να εξαχθούν στατιστικά συμπεράσματα.

Η απόκριση του πράσινου βασιλικού στην εφαρμογή N χαρακτηρίστηκε επίσης από υψηλότερο R² σε σύγκριση με τις άλλες ποικιλίες που δοκιμάστηκαν, υποδηλώνοντας έτσι υψηλότερη απόκριση στην αζωτούχο λίπανση. Δεδομένης της υψηλότερης παραγωγικότητας, η ικανότητα αξιοποίησης του N από την ποικιλία Μύτικας ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τις τρεις κόκκινες ποικιλίες βασιλικού που εξετάστηκαν.

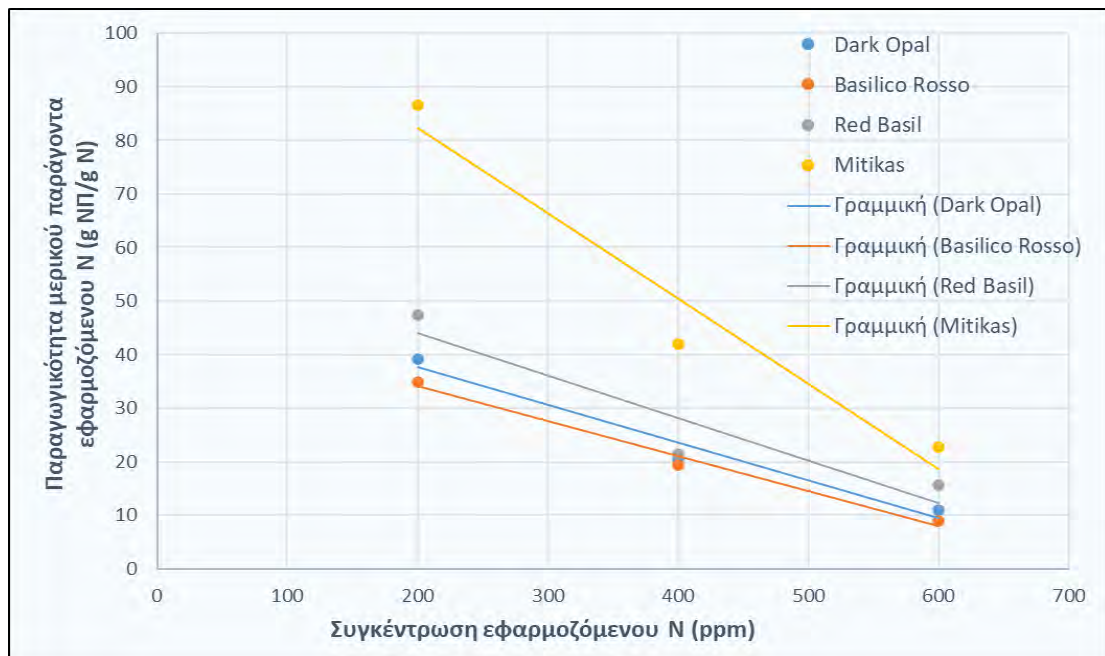
Όπως έχει παρατηρηθεί και από προηγούμενες μελέτες (Di Gioia, et al., 2017; Di Gioia, et al., 2017) η αποδοτικότητα της χρήσης του N μειώνεται και στις τέσσερις ποικιλίες με την αύξηση της ποσότητας του εφαρμοσμένου N, τόσο προς την νωπή απόδοση ανά μονάδα εφαρμοζόμενου λιπάσματος (PFP_N) (Εικόνα 9), όσο και προς την καθαρή αύξηση της νωπής απόδοσης ανά μονάδα εφαρμοζόμενου λιπάσματος (ΑΕ_N) (Εικόνα 10).

Πίνακας 3 Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο μέσος όρος του νωπού βάρους των φυτών για κάθε μέρος συγκεκριμένα (φύλλα, βλαστοί) και το συνολικό βάρος σε κάθε ποικιλία. Οι μέσες τιμές της ίδιας στήλης για το ίδιο φυτικό τμήμα που ακολουθούνται από διαφορετικά κεφαλαία γράμματα, διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με βάση το κριτήριο του Duncan ($p < 0.05$). Οι μέσες τιμές της ίδιας γραμμής που ακολουθούνται από διαφορετικά μικρά γράμματα διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με βάση το κριτήριο του Duncan ($p < 0.05$).

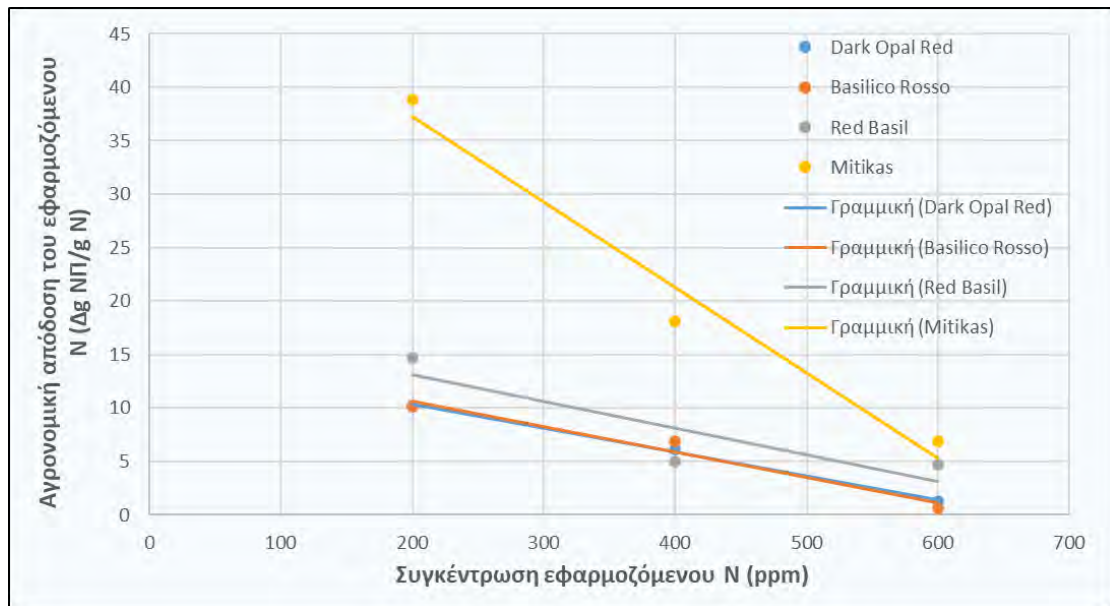
Μεταχείριση	Φυτικό μέρος	Dark Opal Red	Basilico Rosso	Red Basil	Μύτικας
Μάρτυρας	Φύλλα	18,1 Γβ	14,8 Δγ	21,1 Γβ	33,7 Γα
	Βλαστοί	5,1 Βα	5,1 Αα	5,04 Γα	4,5 Γβ
	Σύνολο	23,1 Γβ	19,8 Βγ	26,2 Γβ	38,2 Γα
200 ppm	Φύλλα	25,6 Αγ	22,5 Βγ	29,7 Αβ	60,0 Αα
	Βλαστοί	5,7 Αγ	5,4 Αγ	8,2 Ββ	9,2 Αα
	Σύνολο	31,3 Αγ	27,9 Αγ	37,9 Αβ	69,3 Αα
400 ppm	Φύλλα	27,1 Αβ	25,7 Αβ	26,7 Ββ	58,5 Αα
	Βλαστοί	5,9 Αγ	5,2 Αδ	12,4 Αα	8,8 Αβ
	Σύνολο	32,9 Αβγ	30,9 Αγ	34,2 Ββ	67,2 Αα
600 ppm	Φύλλα	21,8 Βγ	17,6 Γδ	30,8 Αβ	48,8 Βα
	Βλαστοί	4,3 Γβ	3,7 Ββ	6,6 Γα	6,0 Βα
	Σύνολο	26,2 Βγ	21,4 Βδ	37,5 Αβ	54,8 Βα



Εικόνα 8 Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η σχέση του συνολικού βάρους του υπέργειου μέρους των φυτών (βλαστός, φύλλα και άνθη) σε σχέση με την ποσότητα του εφαρμοζόμενου N (σε ppm). Η κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει μία από τις ποικιλίες Red Basil, Dark Opal, Basilico Rosso και Μύτικα.



Εικόνα 9 Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η σχέση του εφαρμοζόμενου αζώτου ως προς τον δείκτη PFP_N για την κάθε ποικιλία.



Εικόνα 10 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η σχέση του εφαρμοζόμενου αζώτου ως προς τον δείκτη AE_N για την κάθε ποικιλία.

Πίνακας 4 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων που αφορούν το νωπό βάρος των φυτών ως προς την ποσότητα του εφαρμοζόμενου N. Για όλες τις παραμέτρους δίνονται οι εκτιμήσεις, οι τιμές σημαντικότητας, η κλίση, η τιμή R^2 και το προσαρμοσμένο R^2 για τις τέσσερις ποικιλίες (Dark Opal, Red Basil, Basilico Rosso και Μύτικας). Όπως φαίνεται με έντονη γραμματοσειρά, τα υψηλότερα Adj R^2 δίνονται για τις τιμές των φύλλων σε κάθε ποικιλία.

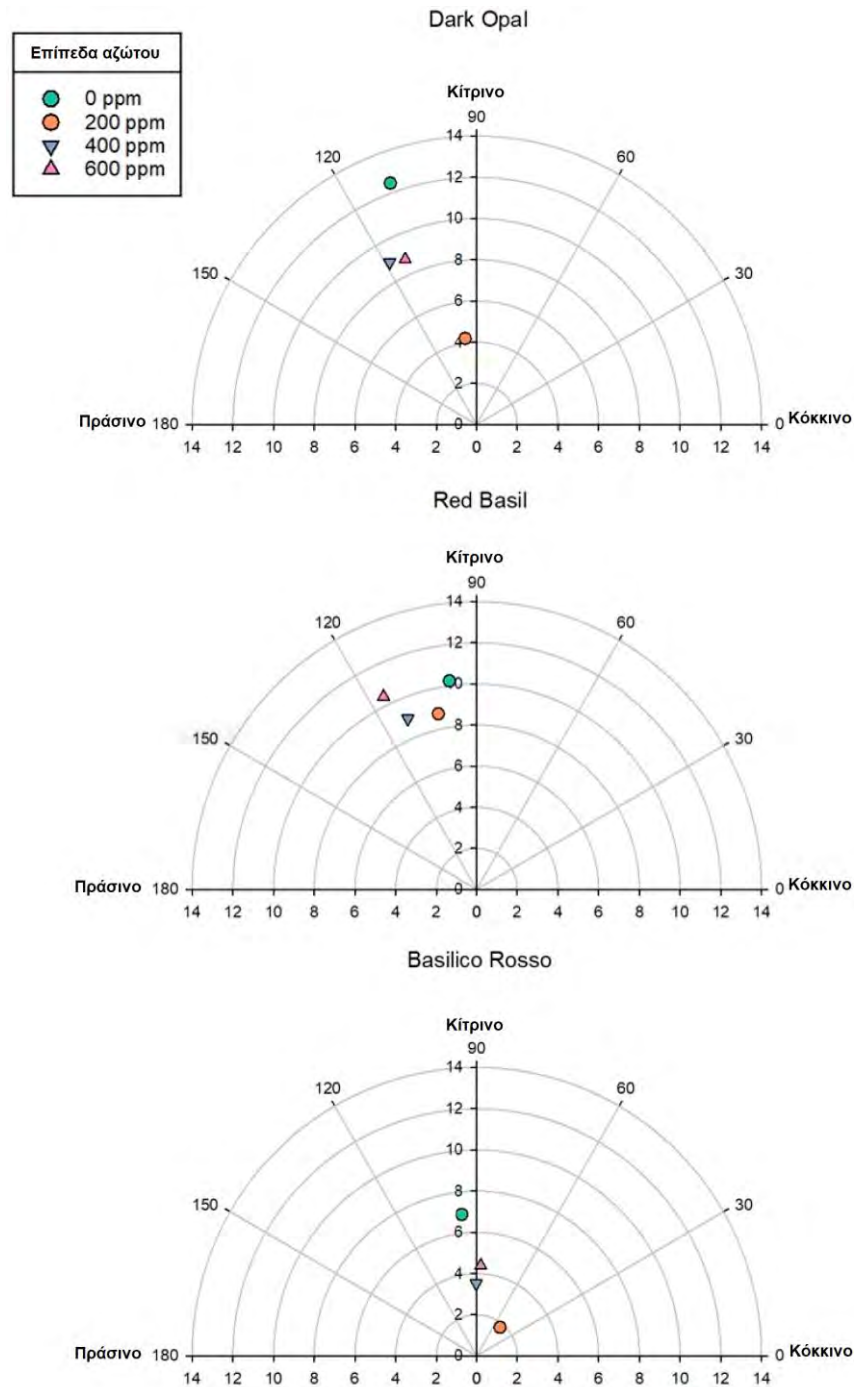
Ποικιλία	Νωπό βάρος (g/φυτό)	Intercept		Κλίση		Quadratic coefficient		Adj R2
		Εκτίμηση	p-value	Εκτίμηση	p-value	Εκτίμηση	p-value	
Dark Opal	Φύλλα	18.05	0.0001	0.0539	0.0001	-0.000079	0.0001	0.81
	Βλαστοί	5.02	0.0001	0.0069	0.34	-0.000013	0.25	-0.1
	Συνολικά	23.07	0.0001	0.0607	0.0001	-0.000092	0.006	0.50
Red basil	Φύλλα	21.70	0.0001	0.0329	0.0001	-0.000031	0.009	0.69
	Βλαστοί	5.10	0.0001	0.0204	0.003	-0.000030	0.001	0.21
	Συνολικά	26.80	0.0001	0.0533	0.0001	-0.000061	0.10	0.59
Basilico Rosso	Φύλλα	14.43	0.0001	0.0647	0.0001	-0.000098	0.0001	0.86
	Βλαστοί	5.05	0.0001	0.0047	0.27	-0.000011	0.0001	0.12
	Συνολικά	19.48	0.0001	0.0694	0.0001	-0.000109	0.0001	0.74
Μύτικας	Φύλλα	34.41	0.0001	0.1586	0.0001	-0.000227	0.0001	0.76
	Βλαστοί	4.66	0.0001	0.0301	0.0001	-0.000047	0.0001	0.63
	Συνολικά	39.07	0.0001	0.1886	0.0001	-0.000274	0.0001	0.79

Πίνακας 5 Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται και οι τέσσερις ποικιλίες βασιλικού που μελετήθηκαν. Για την κάθε ποικιλία δίνεται το συνολικό νωπό βάρος των υπέργειων τμημάτων των φυτών, καθώς επίσης και οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογίσουν την αποδοτικότητα του N, PFP_N και AE_N . Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται για όλες τις μεταχειρίσεις με τις διαφορετικές ποσότητες αζώτου που έγιναν.

		N	Μάρτυρας	200	400	600	M.O.
Ποικιλίες βασιλικού	Dark Opal	Νωπό βάρος (g)	23.14	31.3	32.9	26.2	28.38
		PFP_N	-	39.125	20.5625	10.917	23.53
		AE_N	-	10.2	6.1	1.275	5.86
	Red Basil	Νωπό βάρος (g)	26.17	37.9	34.2	37.5	33.94
		PFP_N	-	47.375	21.375	15.625	28.12
		AE_N	-	14.6625	5.01875	4.721	5.87
	Basilico Rosso	Νωπό βάρος (g)	19.85	27.91	30.91	21.36	25.01
		PFP_N	-	34.8875	19.31875	8.9	21.03
		AE_N	-	10.075	6.9125	0.63	8.13
	Μύτικας	Νωπό βάρος (g)	38.23	69.3	67.2	54.76	57.37
		PFP_N	-	86.625	42	22.817	50.48
		AE_N	-	38.8375	18.10625	6.8875	21.28

3.1.2. Χρώμα

Το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης φάνηκε να επηρεάζει τον χρωματισμό των τριών κόκκινων ποικιλιών. Αυτές που δεν λιπάνθηκαν παρουσίασαν υψηλότερη φωτεινότητα και πιο έντονο χρώμα από αυτές που λιπάνθηκαν, ειδικά από αυτές που δέχθηκαν τα 200 ppm N, ενώ η διαφορά στην απόχρωση ήταν μικρή.



Εικόνα 11 Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η σχέση της γωνίας απόχρωσης και του κορεσμού (chroma) για όλες τις μεταχειρίσεις αζώτου που εφαρμόστηκαν στις ποικιλίες Dark Opal, Red Basil και Basilico Rosso.

3.1.3. Θρεπτική αξία

Όλες οι παράμετροι που καθορίζουν την θρεπτική αξία επηρεάστηκαν σημαντικά από την αλληλεπίδραση γονότυπου-αζωτούχου λίπανσης (Πίνακας 5). Όλες οι ποικιλίες είχαν παρόμοιες περιεκτικότητες σε λιπαρά. Ωστόσο, η λίπανση με N είχε σημαντικό αντίκτυπο, ενώ γενικά την υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά είχε ο μάρτυρας και τη χαμηλότερη τα φυτά που λιπάνθηκαν με 200 ppm N.

Το εύρος της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ήταν μεταξύ 24,8 και 63,6 g/100 g dw και αυξανόταν με την άνοδο των επιπέδων του N, αν και παρατηρήθηκαν πολύ μικρές ή καθόλου διαφορές μεταξύ των φυτών που λιπάνθηκαν με 200 και 400 ppm N στην περίπτωση των ποικιλιών Red Basil και Basilico Rosso. Τα φυτά που δεν δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση παρουσίασαν σταθερά την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Η περιεκτικότητα σε τέφρα κυμαινόταν μεταξύ 12,2 και 14,2 g/100 g dw και διέφερε μεταξύ των ποικιλιών και των επιπέδων N χωρίς να ακολουθεί μια σταθερή τάση. Η περιεκτικότητα σε υδαάνθρακες κυμάνθηκε μεταξύ 21,4 και 60,1 g/100 g dw και ήταν σταθερά η χαμηλότερη στα φυτά που έλαβαν 600 ppm N και η υψηλότερη στα φυτά που δεν έλαβαν λίπασμα. Η ενεργειακή αξία που κυμάνθηκε από 351 έως 362 kcal/100 g επηρεάστηκε τόσο από τον γονότυπο όσο και από την προσθήκη N, αλλά χωρίς να παρατηρούνται σταθερές τάσεις.

3.1.4. Οργανικά οξέα

Η ανάλυση της χημικής σύστασης έδειξε ότι τα κυριότερα οργανικά οξέα ήταν το κινικό, το οξαλικό και το σικιμικό οξύ, ενώ η ανίχνευση του ασκορβικού οξέος ήταν πολύ μικρή (Πίνακας 6). Το κινικό οξύ ήταν το κυριότερο και στις τρεις κόκκινες ποικιλίες, όπου βρισκόταν σε επίπεδα που κυμάνθηκαν από 4,45 έως 14,90 g/100 g dw, ενώ στην ποικιλία Μύτικας η περιεκτικότητα του κινικού οξέος κυμάνθηκε από 4,14 έως 7,89 g/100 g dw. Οι συγκεντρώσεις και των τεσσάρων ποικιλιών σε οξαλικό οξύ ήταν παρόμοιες, ενώ η Dark Oral είχε λίγο υψηλότερη συγκέντρωση στο σύνολο των μεταχειρίσεων. Οι κόκκινες ποικιλίες

παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε οργανικά οξέα σε σύγκριση με την πράσινη. Κατά την αξιολόγηση της επίδρασης της αζωτούχου λίπανσης παρατηρήθηκε και για τις τέσσερις ποικιλίες ότι η συνολική περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα αυξανόταν παράλληλα με την αύξηση του επιπέδου λίπανσης. Αυτά τα αποτελέσματα, μας δείχνουν ότι η έλλειψη του N σε φυτά που δεν λιπαίνονται περιορίσει την σύνθεση οργανικών οξέων, επιταχύνοντας παράλληλα την συσσώρευση υδατανθράκων στα ίδια φυτά (Πίνακας 6).

3.1.5. Σάκχαρα

Το προφίλ των ελεύθερων σακχάρων στα φύλλα βασιλικού φάνηκε να επηρεάζεται σημαντικά από την αλληλεπίδραση του γονότυπου και της αζωτούχου λίπανσης (Πίνακας 7). Τα σάκχαρα που εντοπίστηκαν ήταν η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η σακχαρόζη. Το κυριότερο σάκχαρο που ανιχνεύθηκε ήταν η γλυκόζη (3,4 g/100 g dw κατά μέσο όρο), ακολουθούμενο από τη φρουκτόζη (1,5 g/100 g dw κατά μέσο όρο) και τη σακχαρόζη (0,95 g/100 g dw κατά μέσο όρο) σε όλες τις ποικιλίες, με εξαίρεση την Basilico Rosso. Η ποικιλία αυτή, ανεξαρτήτως του επιπέδου της λίπανσης, είχε την υψηλότερη συγκέντρωση ελεύθερων σακχάρων, την υψηλότερη συγκέντρωση σακχαρόζης και την χαμηλότερη περιεκτικότητα σε φρουκτόζη σε σύγκριση με τις άλλες τρεις ποικιλίες που εξετάστηκαν. Τα φυτά που δεν δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση παρουσίασαν χαμηλότερη περιεκτικότητα γλυκόζης και μεγαλύτερο ποσοστό φρουκτόζης, εκτός από τα φυτά της ποικιλίας Basilico Rosso. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι τα φυτά που λιπάνθηκαν με το υψηλότερο επίπεδο N (600 ppm) είχαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στο σύνολο των ελεύθερων σακχάρων.

3.1.6. Λιπαρά οξέα

Το σύνολο των λιπαρών οξέων που ανιχνεύθηκαν ήταν δεκαπέντε και στις τέσσερις ποικιλίες βασιλικού που εξετάστηκαν (Πίνακας 8). Τα κυριότερα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Polyunsaturated Fatty Acids, PUFA) ήταν το αλινολενικό οξύ (ω -3 λιπαρό οξύ) και το λινολεϊκό οξύ (ω -6 λιπαρό οξύ), ενώ το κυριότερο από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (Saturated Fatty Acids, SFA) ήταν το

παλμιτικό οξύ (Πίνακας 3). Από τα παραπάνω, σε υψηλότερη περιεκτικότητα βρισκόταν το α-λινολενικό οξύ, που κυμάνθηκε από 31,3% έως 51% της συνολικής περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα και ήταν κατά μέσο όρο υψηλότερο στην Red Basil, ακολουθούμενη από την Basilico Rosso και την Dark Opal και σημαντικά χαμηλότερο στα φύλλα της πράσινης ποικιλίας. Εξετάζοντας την αναλογία των κατηγοριών των λιπαρών οξέων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα PUFAs αποτέλεσαν την κύρια κατηγορία και στις τέσσερις ποικιλίες. Το υψηλότερο ποσοστό των PUFAs βρέθηκε στην Red Basil και το χαμηλότερο στην ποικιλία Μύτικα, η οποία αντίθετα είχε το υψηλότερο ποσοστό MUFAs (Monounsaturated Fatty Acids), ενώ η Red Basil είχε το χαμηλότερο επίπεδο SFAs. Η χαμηλότερη αναλογία ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων, η οποία υποδεικνύει υψηλή θρεπτική αξία, παρατηρήθηκε στη Red Basil και η υψηλότερη στα φύλλα της πράσινης ποικιλίας, κατά μέσο όρο. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στο προφίλ των λιπαρών οξέων διαφέρει αναλόγως την ποικιλία. Η αναλογία ω-6/ω-3 λιπαρών οξέων φάνηκε να επηρεάζεται από την λίπανση με άζωτο, με αυτήν να είναι χαμηλότερη στα φύλλα των φυτών που δέχθηκαν τα 200 ppm N, με εξαίρεση την Dark Opal που είχε τη χαμηλότερη αναλογία στα 400 ppm N και την υψηλότερη στα 200 ppm N.

3.1.7. Τοκοφερόλες

Το προφίλ των τοκοφερολών φάνηκε ότι εξαρτάται από την αλληλεπίδραση του γονοτύπου και της αζωτούχου λίπανσης (Πίνακας 9). Σε όλες τις ποικιλίες εντοπίστηκαν τα ισομερή α-, γ- και δ-τοκοφερόλη, με την α-τοκοφερόλη να είναι το κυριότερο ισομερές, ακολουθούμενη από τη γ- και δ-τοκοφερόλη. Η περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη κυμαινόταν από 0,55 mg/100 g dw στην Basilico Rosso έως 7,09 mg/100 dw στην Red Basil. Όλες οι ποικιλίες παρουσίασαν την υψηλότερη περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη όταν λιπάνθηκαν με 200 ppm N, ενώ στα μεγαλύτερα επίπεδα N παρατηρήθηκε μείωση της α-τοκοφερόλης. Οι περιεκτικότητες σε γ και δ-τοκοφερόλη ήταν παρόμοιες μεταξύ των ποικιλιών, με την Dark Opal να παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές και την πράσινη ποικιλία να παρουσιάζει τις χαμηλότερες. Η συνολική περιεκτικό-

τητα σε τοκοφερόλες κυμάνθηκε από 1,3 έως 9,34 mg/100 g dw και ήταν σταθερά υψηλότερη στα φύλλα των φυτών που λιπάνθηκαν με 200 ppm N. Ακολούθησαν κατά φθίνουσα σειρά τα φυτά που δέχθηκαν 400 ppm N και μετά τα φυτά που δεν λιπάνθηκαν καθόλου. Τα χαμηλότερα επίπεδα τοκοφερολών παρατηρήθηκαν στα φυτά που λιπάνθηκαν με το υψηλότερο επίπεδο N.

3.1.8. Πολυφαινόλες

Η αλληλεπίδραση του γονότυπου και της αζωτούχου λίπανσης επηρέασε το προφίλ των πολυφαινολών, όπως φαίνεται στους Πίνακες 10 και 11. Και στις τέσσερις τις ποικιλίες ανιχνεύθηκαν έξι φαινολικές ενώσεις, εκ των οποίων οι τέσσερις ήταν φαινολικά οξέα: το καφεϊκό και το κιχωρικό οξύ (υδροξυκινναμικά οξέα), το σαγερινικό οξύ και το σαλβιανολικό οξύ F, και δύο φλαβονοειδή: η κουερσετίνη και η εριοδικτυόλη, καθώς και μια φλαβονόλη και μια φλαβανόνη. Η κύρια φαινολική ένωση που ανιχνεύθηκε ήταν το σαγερινικό οξύ, ακολουθούμενη από την εριοδικτυόλη και το σαλβιανολικό οξύ F. Το σαγερινικό οξύ κυμάνθηκε από 0,98 mg/g εκχυλίσματος, στην πράσινη ποικιλία, έως 24,6 mg/g εκχυλίσματος, στην Dark Opal. Η περιεκτικότητα στο παράγωγο της εριοδικτυόλης κυμάνθηκε μεταξύ 0,65 mg/g εκχυλίσματος στην πράσινη και 11,5 mg/g εκχυλίσματος στην Red Basil.

Η Red Basil και η Dark Opal είχαν την υψηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων (κατά μέσο όρο), ενώ η πράσινη ποικιλία είχε τη χαμηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων (κατά μέσο όρο). Επίσης, παρατηρήθηκαν μεγάλες διακυμάνσεις της περιεκτικότητας σε φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή σε συνάρτηση με το επίπεδο N. Στην Dark Opal, η συγκέντρωση του σαγερινικού οξέος κυμάνθηκε από 24,6 mg/g εκχυλίσματος σε φυτά που δεν λιπάνθηκαν έως 4,6 mg/g εκχυλίσματος σε φυτά που δέχθηκαν λίπανση με 600 ppm N. Και στους τέσσερις γονότυπους βασιλικού που εξετάστηκαν, η περιεκτικότητα των φαινολικών ενώσεων μειώθηκε σταθερά με την αύξηση του επιπέδου N

Πίνακας 6 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η θρεπτική αξία (g/100 g ξ.β.) και η ενεργειακή αξία (kcal/100 g ξ.β.) των φύλλων βασιλικού σε σύγκριση με τον κάθε γονότυπο και τις μεταχειρίσεις αζώτου. Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης αζώτου και των γονότυπων. Το HSD τεστ του Tukey εφαρμόστηκε με $p = 0,05$.

Ποικιλία	ppm	Θρεπτική Αξία				
		Λίπος	Πρωτεΐνες	Τέφρα	Υδατάνθρακες	Ενέργεια
Dark Opal	0	2.17 ± 0.01 ^{a,b}	26 ± 2 ^h	12.8 ± 0.1 ^h	59 ± 1 ^b	359.8 ± 0.2 ^b
	200	1.69 ± 0.01 ^g	46.8 ± 0.2 ^g	12.8 ± 0.3 ^h	38.71 ± 0.08 ^c	357 ± 1 ^{e,f,g}
	400	1.79 ± 0.02 ^e	51.1 ± 0.6 ^{d,e}	13.1 ± 0.1 ^{e,f}	34.0 ± 0.5 ^g	356.5 ± 0.3 ^{g,h}
	600	1.97 ± 0.03 ^d	63.6 ± 0.6 ^a	13.0 ± 0.3 ^{f,g}	21.4 ± 0.7 ^j	357.7 ± 0.8 ^{e,f}
Red Basil	0	2.19 ± 0.01 ^{a,b}	25.4 ± 0.8 ^{h,i}	12.9 ± 0.1 ^{f,g,h}	59.5 ± 0.6 ^{a,b}	359.3 ± 0.3 ^{b,c}
	200	1.40 ± 0.02 ⁱ	51.5 ± 0.5 ^d	12.1 ± 0.2 ⁱ	35.0 ± 0.2 ^{d,e,f}	358.7 ± 0.7 ^{c,d}
	400	1.78 ± 0.01 ^{e,f}	50.4 ± 0.8 ^e	13.6 ± 0.5 ^c	34.3 ± 0.2 ^{f,g}	355 ± 1 ⁱ
	600	2.06 ± 0.07 ^c	52.3 ± 0.1 ^c	13.3 ± 0.1 ^{d,e}	32.3 ± 0.1 ^h	356.9 ± 0.4 ^{f,g}
Basilico Rosso	0	2.17 ± 0.02 ^b	25.5 ± 0.9 ^{h,i}	12.2 ± 0.4 ⁱ	60.1 ± 0.9 ^a	362 ± 1 ^a
	200	1.58 ± 0.03 ^h	51.08 ± 0.06 ^{d,e}	12.2 ± 0.3 ⁱ	35.1 ± 0.3 ^{d,e}	359.0 ± 0.8 ^{b,c,d}
	400	1.79 ± 0.04 ^{e,f}	50.6 ± 0.7 ^e	13.4 ± 0.2 ^{c,d}	34.1 ± 0.6 ^g	355.2 ± 0.7 ⁱ
	600	2.06 ± 0.01 ^c	52.9 ± 0.9 ^c	13.0 ± 0.1 ^{f,g}	32.0 ± 0.6 ^h	358.2 ± 0.1 ^{d,e}
Μύτικας	0	2.21 ± 0.05 ^a	24.8 ± 0.4 ⁱ	13.9 ± 0.1 ^b	59.1 ± 0.4 ^b	355.5 ± 0.1 ^{h,i}
	200	1.60 ± 0.07 ^h	48.9 ± 0.6 ^f	14.2 ± 0.2 ^a	35.3 ± 0.5 ^d	351.0 ± 0.8 ^j
	400	1.75 ± 0.03 ^f	50.4 ± 0.8 ^e	13.4 ± 0.3 ^{c,d}	34.4 ± 0.8 ^{e,f,g}	355.0 ± 0.8 ⁱ
	600	2.08 ± 0.01 ^c	61.5 ± 0.8 ^b	12.86 ± 0.04 ^{g,h}	23.5 ± 0.5 ⁱ	358.9 ± 0.1 ^{b,c,d}

Πίνακας 7 Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές των οργανικών οξέων (g/100 g ξ.β.). Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης αζώτου και των γονότυπων. Το HSD τεστ του Tukey εφαρμόστηκε με $p = 0,05$.

Ποικιλία	ppm	Οργανικά οξέα				
		Οξαλικό	Κινικό	Σικιμικό	Ασκορβικό	Σύνολο οργανικών οξέων
Dark Opal	0	4.67 ± 0.01 ⁱ	4.45 ± 0.01 ⁿ	0.120 ± 0.001 ^b	ίχνη	9.24 ± 0.01 ^m
	200	5.27 ± 0.05 ^h	10.57 ± 0.06 ^f	0.100 ± 0.003 ^{e,f}	ίχνη	15.18 ± 0.02 ⁱ
	400	6.01 ± 0.09 ^{c,d}	11.07 ± 0.02 ^e	0.100 ± 0.001 ^e	ίχνη	16.68 ± 0.03 ^g
	600	6.78 ± 0.07 ^a	12.41 ± 0.02 ^b	0.100 ± 0.001 ^{e,f}	ίχνη	19.29 ± 0.05 ^b
Red Basil	0	3.17 ± 0.01 ^j	4.50 ± 0.03 ^m	0.020 ± 0.001 ^j	ίχνη	7.69 ± 0.03 ⁿ
	200	5.33 ± 0.02 ^g	10.37 ± 0.02 ^g	0.100 ± 0.007 ^f	ίχνη	15.80 ± 0.05 ^h
	400	5.76 ± 0.06 ^f	11.07 ± 0.02 ^e	0.110 ± 0.001 ^d	ίχνη	16.94 ± 0.04 ^f
	600	6.04 ± 0.01 ^c	12.41 ± 0.04 ^b	0.130 ± 0.001 ^a	ίχνη	18.59 ± 0.05 ^c
Basilico Rosso	0	2.41 ± 0.01 ^l	4.95 ± 0.06 ^l	0.030 ± 0.001 ⁱ	ίχνη	7.39 ± 0.06 ^o
	200	5.97 ± 0.01 ^{d,e}	11.40 ± 0.02 ^d	0.110 ± 0.002 ^c	ίχνη	17.48 ± 0.02 ^e
	400	6.31 ± 0.09 ^b	11.50 ± 0.05 ^c	0.110 ± 0.001 ^{c,d}	ίχνη	17.92 ± 0.04 ^d
	600	6.78 ± 0.01 ^a	14.90 ± 0.06 ^a	0.120 ± 0.001 ^b	ίχνη	21.80 ± 0.07 ^a
Μύτικας	0	2.90 ± 0.02 ^k	4.14 ± 0.04 ^o	0.020 ± 0.001 ^j	ίχνη	7.06 ± 0.01 ^p
	200	5.25 ± 0.01 ^h	6.81 ± 0.02 ^k	0.030 ± 0.001 ⁱ	ίχνη	12.09 ± 0.02 ^l
	400	5.77 ± 0.03 ^f	7.14 ± 0.02 ^j	0.060 ± 0.003 ^h	ίχνη	12.97 ± 0.02 ^k
	600	5.95 ± 0.07 ^e	7.89 ± 0.01 ⁱ	0.070 ± 0.003 ^g	ίχνη	13.92 ± 0.09 ^j

Πίνακας 8 Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές των σακχάρων στα φύλλα βασιλικού (g/100 g ξ.β.) σε σύγκριση με τις μεταχειρίσεις αζώτου και τον γονότυπο. Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης αζώτου και των γονότυπων. Το HSD τεστ του Tukey εφαρμόστηκε με $p = 0,05$.

Ποικιλία	ppm	Ελεύθερα Σάκχαρα			
		Φρουκτόζη	Γλυκόζη	Σακχαρόζη	Σύνολο ελεύθερων σακχάρων
Dark Opal	0	1.65 ± 0.04 ^f	0.87 ± 0.01 ^l	0.62 ± 0.01 ⁱ	3.14 ± 0.06 ^j
	200	0.92 ± 0.01 ^j	2.51 ± 0.01 ^j	0.95 ± 0.01 ^g	4.38 ± 0.01 ⁱ
	400	2.05 ± 0.09 ^b	3.25 ± 0.06 ^h	1.04 ± 0.05 ^f	6.34 ± 0.07 ^f
	600	2.32 ± 0.03 ^a	3.45 ± 0.02 ^g	1.07 ± 0.01 ^e	6.84 ± 0.06 ^c
Red Basil	0	1.40 ± 0.02 ^h	0.64 ± 0.02 ^m	0.53 ± 0.05 ^j	2.57 ± 0.09 ^k
	200	1.55 ± 0.01 ^g	2.69 ± 0.04 ⁱ	0.878 ± 0.004 ^h	5.11 ± 0.04 ^h
	400	1.40 ± 0.05 ^h	3.73 ± 0.01 ^f	0.442 ± 0.006 ^k	5.57 ± 0.05 ^g
	600	2.29 ± 0.02 ^a	3.76 ± 0.02 ^e	0.51 ± 0.03 ^j	6.57 ± 0.07 ^e
Basilico Rosso	0	0.55 ± 0.04 ^k	2.48 ± 0.04 ^j	2.03 ± 0.04 ^d	5.06 ± 0.05 ^h
	200	0.52 ± 0.02 ^k	3.71 ± 0.03 ^f	2.09 ± 0.03 ^c	6.31 ± 0.02 ^f
	400	1.08 ± 0.01 ⁱ	3.96 ± 0.02 ^d	2.17 ± 0.02 ^b	7.21 ± 0.05 ^b
	600	1.40 ± 0.05 ^h	3.98 ± 0.01 ^d	2.41 ± 0.01 ^a	7.79 ± 0.04 ^a
Μύτικας	0	1.52 ± 0.04 ^g	0.95 ± 0.06 ^k	0.096 ± 0.004 ^m	2.57 ± 0.09 ^k
	200	1.74 ± 0.05 ^e	4.48 ± 0.05 ^c	0.092 ± 0.003 ^m	6.32 ± 0.01 ^f
	400	1.85 ± 0.06 ^d	4.82 ± 0.03 ^b	0.109 ± 0.001 ^m	6.78 ± 0.09 ^d
	600	2.01 ± 0.06 ^c	4.99 ± 0.01 ^a	0.160 ± 0.004 ^l	7.16 ± 0.05 ^b

Πίνακας 9 Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα ποσοστά των κύριων λιπαρών οξέων και των ομάδων των λιπαρών οξέων (%) που εντοπίστηκαν στα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα των φύλλων βασιλικού σε σχέση με το εφαρμοζόμενο N. Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης αζώτου και των γονότυπων. Το HSD τεστ του Tukey εφαρμόστηκε με $p = 0,05$.

Ποικιλία	ppm	Λιπαρά Οξέα			Κατηγορίες Λιπαρών Οξέων			
		Παλμιτικό οξύ (C16:0)	Λινολεϊκό οξύ (C18:2n6c)	α-Λινολενικό οξύ (C18:3n3)	SFA	MUFA	PUFA	ω-6/ω-3
Dark Opal	0	20.9 ± 0.2 ^d	14.6 ± 0.4 ^c	44.6 ± 0.3 ⁱ	32.1 ± 0.1 ^c	8.2 ± 0.1 ^g	59.7 ± 0.2 ^h	0.45 ± 0.01 ^a
	200	21.8 ± 0.2 ^b	15.2 ± 0.2 ^b	41.8 ± 0.1 ^j	34.1 ± 0.2 ^b	8.2 ± 0.2 ^g	57.8 ± 0.4 ⁱ	0.36 ± 0.01 ^b
	400	20.5 ± 0.7 ^e	13.4 ± 0.4 ⁱ	48.9 ± 0.2 ^{d,e}	29.7 ± 0.6 ^d	7.5 ± 0.1 ^{h,i}	62.8 ± 0.6 ^e	0.274 ± 0.006 ^j
	600	19.87 ± 0.07 ^f	14.4 ± 0.4 ^{c,d,e}	49.08 ± 0.04 ^{c,d}	28.8 ± 0.4 ^{e,f}	7.3 ± 0.1 ^j	64.0 ± 0.5 ^c	0.292 ± 0.008 ^{g,h}
Red Basil	0	18.89 ± 0.05 ^h	14.17 ± 0.07 ^{e,f,g}	48.6 ± 0.4 ^e	28.5 ± 0.2 ^f	8.12 ± 0.1 ^g	63.3 ± 0.4 ^d	0.29 ± 0.01 ^h
	200	19.4 ± 0.1 ^g	14.06 ± 0.07 ^{f,g}	50.03 ± 0.06 ^b	28.5 ± 0.1 ^f	7.0 ± 0.1 ^l	64.5 ± 0.1 ^b	0.281 ± 0.002 ^{h,i}
	400	18.06 ± 0.01 ⁱ	14.29 ± 0.06 ^{d,e,f}	50.08 ± 0.07 ^b	27.69 ± 0.02 ^g	7.43 ± 0.04 ⁱ	64.9 ± 0.1 ^{a,b}	0.285 ± 0.002 ^h
	600	17.78 ± 0.08 ^j	15.13 ± 0.01 ^b	49.3 ± 0.1 ^c	26.7 ± 0.1 ^j	8.31 ± 0.02 ^f	65.0 ± 0.1 ^a	0.307 ± 0.001 ^e
Basilico Rosso	0	21.5 ± 0.5 ^{b,c}	15.5 ± 0.2 ^a	45.4 ± 0.4 ^h	30.0 ± 0.5 ^d	8.8 ± 0.1 ^d	61.2 ± 0.6 ^g	0.341 ± 0.002 ^c
	200	18.43 ± 0.01 ^{i,j}	13.3 ± 0.1 ^{i,n}	51.0 ± 0.2 ^a	27.2 ± 0.1 ^h	7.6 ± 0.1 ^h	65.2 ± 0.1 ^a	0.261 ± 0.002 ^k
	400	20.5 ± 0.8 ^e	15.2 ± 0.1 ^b	45.5 ± 0.7 ^h	29.8 ± 0.8 ^d	8.5 ± 0.1 ^e	61.7 ± 0.8 ^f	0.33 ± 0.01 ^d
	600	20.3 ± 0.6 ^e	13.17 ± 0.05 ⁱ	47.3 ± 0.5 ^f	29.9 ± 0.6 ^d	8.4 ± 0.1 ^f	61.8 ± 0.6 ^f	0.278 ± 0.002 ^j
Μύτικας	0	27.36 ± 0.01 ^a	13.4 ± 0.3 ⁱ	31.3 ± 0.1 ^k	38.5 ± 0.1 ^a	16.2 ± 0.3 ^a	45.3 ± 0.3 ^j	0.43 ± 0.01 ^a
	200	19.12 ± 0.06 ^{g,h}	14.04 ± 0.57 ^g	48.5 ± 0.5 ^e	26.2 ± 0.1 ⁱ	10.8 ± 0.1 ^c	63.0 ± 0.1 ^{d,e}	0.29 ± 0.01 ^h
	400	19.8 ± 0.2 ^f	14.45 ± 0.04 ^{c,d}	46.5 ± 0.1 ^g	27.3 ± 0.2 ^{g,h}	11.3 ± 0.1 ^b	61.4 ± 0.1 ^{f,g}	0.311 ± 0.002 ^e
	600	21.2 ± 0.6 ^{c,d}	13.7 ± 0.2 ^h	45.7 ± 0.6 ^h	29.1 ± 0.6 ^e	10.8 ± 0.2 ^c	60.1 ± 0.8 ^h	0.300 ± 0.001 ^f

Πίνακας 10 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η σύσταση σε τοκοφερόλες (mg/100 g dw) για τον κάθε γονότυπο βασιλικού συγκριτικά με την ποσότητα του εφαρμοζόμενου αζώτου. Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων κάθε μεταχείρισης αζώτου και των γονότυπων. Το HSD τεστ του Tukey εφαρμόστηκε με $p = 0,05$.

Ποικιλία	ppm	Τοκοφερόλες			
		α-Τοκοφερόλη	γ-Τοκοφερόλη	δ-Τοκοφερόλη	Σύνολο τοκοφερολών
Dark Opal	0	3.60 ± 0.03 ^d	0.44 ± 0.03 ^f	0.325 ± 0.008 ^h	4.37 ± 0.05 ^d
	200	6.07 ± 0.03 ^b	1.32 ± 0.01 ^a	1.18 ± 0.03 ^a	8.58 ± 0.01 ^b
	400	2.71 ± 0.01 ^g	0.94 ± 0.02 ^c	0.97 ± 0.02 ^c	4.63 ± 0.01 ^c
	600	2.41 ± 0.02 ^h	0.60 ± 0.03 ^e	0.76 ± 0.03 ^e	3.77 ± 0.03 ^f
Red Basil	0	3.14 ± 0.02 ^e	0.447 ± 0.001 ^f	0.31 ± 0.02 ^h	3.90 ± 0.01 ^e
	200	7.09 ± 0.02 ^a	1.13 ± 0.01 ^b	1.12 ± 0.01 ^b	9.34 ± 0.02 ^a
	400	3.80 ± 0.03 ^c	0.41 ± 0.01 ^g	0.40 ± 0.02 ^f	4.61 ± 0.01 ^c
	600	1.71 ± 0.01 ^j	0.340 ± 0.002 ^h	0.259 ± 0.003 ⁱ	2.31 ± 0.01 ^j
Basilico Rosso	0	0.55 ± 0.02 ^o	0.44 ± 0.01 ^f	0.313 ± 0.004 ^h	1.30 ± 0.01 ⁿ
	200	1.257 ± 0.001 ^l	0.49 ± 0.02 ^e	0.91 ± 0.04 ^d	2.66 ± 0.01 ⁱ
	400	0.87 ± 0.02 ^m	0.67 ± 0.03 ^d	0.370 ± 0.002 ^g	1.92 ± 0.02 ^l
	600	0.66 ± 0.02 ⁿ	0.35 ± 0.04 ^h	0.32 ± 0.02 ^h	1.33 ± 0.08 ⁿ
Μύτικας	0	2.36 ± 0.04 ⁱ	0.445 ± 0.003 ^f	0.315 ± 0.002 ^h	3.13 ± 0.05 ^h
	200	2.76 ± 0.05 ^f	0.396 ± 0.004 ^g	0.325 ± 0.001 ^h	3.48 ± 0.04 ^g
	400	1.55 ± 0.01 ^k	0.321 ± 0.005 ⁱ	0.255 ± 0.004 ⁱ	2.12 ± 0.01 ^k
	600	1.13 ± 0.01 ^m	0.278 ± 0.004 ^j	0.171 ± 0.002 ^j	1.58 ± 0.01 ^m

Πίνακας 11 Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η ποσοτικοποίηση (mg/g εκχυλίσματος) των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα όλων των γονότυπων βασιλικού σε σχέση με το N. ΟΦΟ: ολικά φαινολικά οξέα, ΟΦ: ολικά φλαβονοειδή, ΟΦΕ: Ολικές φαινολικές ενώσεις. Τα διαφορετικά γράμματα σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των Μ.Ο. κάθε επιπέδου N και της ποικιλίας. Το τεστ HSD του Tukey έγινε για $p = 0,05$. Καμπύλες βαθμονόμησης: 1 και 2: καφεϊκό οξύ ($y = 388345x + 406369$, $R^2 = 0,9939$), 3 και 4: κερκετίνη-3-Ο-ρουτινοσίδη ($y = 13343x + 76751$, $R^2 = 0,9998$), 5 και 6: ροσμαρινικό οξύ ($y = 191291x - 652903$, $R^2 = 0,999$).

Ποικιλία	ppm	Κορυφή						ΟΦΟ	ΟΦ	ΟΦΕ
		1	2	3	4	5	6			
Dark Opal	0	2.55 ± 0.07 ^b	2.84 ± 0.01 ^c	3.58 ± 0.05 ^a	8.0 ± 0.4 ^c	24.6 ± 0.4 ^a	3.49 ± 0.06 ^c	33.5 ± 0.2 ^b	11.6 ± 0.5 ^b	45.0 ± 0.3 ^b
	200	1.51 ± 0.06 ^e	3.98 ± 0.06 ^a	0.275 ± 0.006 ⁱ	8.1 ± 0.1 ^c	10.56 ± 0.03 ^d	3.17 ± 0.02 ^d	19.2 ± 0.1 ^d	8.4 ± 0.1 ^c	27.6 ± 0.2 ^d
	400	1.59 ± 0.01 ^d	0.761 ± 0.003 ^h	ίχνη	3.86 ± 0.06 ^f	5.08 ± 0.09 ^f	2.33 ± 0.01 ^g	9.76 ± 0.08 ^f	3.86 ± 0.06 ^g	13.62 ± 0.02 ^g
	600	0.901 ± 0.007 ^j	1.73 ± 0.04 ^e	ίχνη	3.1 ± 0.2 ^g	4.61 ± 0.03 ^{h,i}	2.43 ± 0.03 ^f	9.67 ± 0.05 ^f	3.1 ± 0.2 ^h	12.8 ± 0.1 ^h
Red Basil	0	2.68 ± 0.04 ^a	3.06 ± 0.02 ^b	3.55 ± 0.01 ^b	11.5 ± 0.4 ^a	23.2 ± 0.4 ^b	4.93 ± 0.04 ^b	33.9 ± 0.4 ^a	15.1 ± 0.4 ^a	48.9 ± 0.8 ^a
	200	2.23 ± 0.02 ^c	2.12 ± 0.02 ^d	0.226 ± 0.001 ^j	8.4 ± 0.3 ^b	14.9 ± 0.4 ^c	4.93 ± 0.03 ^b	24.2 ± 0.4 ^c	8.6 ± 0.3 ^c	32.8 ± 0.7 ^c
	400	1.15 ± 0.01 ^h	1.00 ± 0.01 ^g	0.34 ± 0.01 ^g	4.43 ± 0.02 ^e	4.43 ± 0.02 ^g	1.227 ± 0.005 ^l	7.807 ± 0.004 ^h	4.77 ± 0.03 ^f	12.58 ± 0.03 ^h
	600	0.61 ± 0.02 ⁿ	0.51 ± 0.01 ^j	0.074 ± 0.004 ^k	1.74 ± 0.09 ⁱ	2.782 ± 0.03 ^l	1.12 ± 0.03 ^m	5.0 ± 0.1 ^j	1.82 ± 0.09 ^j	6.8 ± 0.1 ^l
Basilico Rosso	0	1.20 ± 0.02 ^g	1.00 ± 0.01 ^g	2.89 ± 0.01 ^c	4.42 ± 0.07 ^e	4.42 ± 0.07 ^h	1.46 ± 0.04 ^k	8.4 ± 0.2 ^g	7.3 ± 0.1 ^d	15.7 ± 0.2 ^f
	200	1.08 ± 0.01 ⁱ	1.03 ± 0.02 ^f	0.41 ± 0.01 ^f	5.1 ± 0.2 ^d	3.98 ± 0.05 ^j	2.12 ± 0.02 ^h	8.20 ± 0.01 ^g	5.5 ± 0.2 ^e	13.7 ± 0.2 ^g
	400	0.726 ± 0.003 ^m	1.01 ± 0.01 ^{f,g}	0.624 ± 0.005 ^d	3.2 ± 0.2 ^g	3.7 ± 0.1 ^k	1.88 ± 0.04 ⁱ	7.3 ± 0.1 ^h	3.8 ± 0.2 ^g	11.1 ± 0.3 ⁱ
	600	0.80 ± 0.03 ^l	0.59 ± 0.02 ⁱ	0.298 ± 0.004 ^h	2.32 ± 0.01 ^h	2.7 ± 0.1 ^l	1.05 ± 0.01 ⁿ	5.17 ± 0.03 ^j	2.61 ± 0.01 ⁱ	7.8 ± 0.1 ^k
Μύτι-κας	0	1.34 ± 0.03 ^f	1.72 ± 0.02 ^e	0.52 ± 0.01 ^e	3.22 ± 0.03 ^g	7.6 ± 0.5 ^e	4.97 ± 0.02 ^a	15.6 ± 0.5 ^e	3.74 ± 0.04 ^g	19.4 ± 0.5 ^e
	200	1.31 ± 0.01 ^f	0.45 ± 0.01 ^k	ίχνη	1.49 ± 0.01 ^j	2.21 ± 0.03 ^m	3.02 ± 0.04 ^e	6.99 ± 0.01 ⁱ	1.49 ± 0.01 ^k	8.48 ± 0.01 ^j
	400	0.84 ± 0.02 ^k	0.51 ± 0.01 ^j	ίχνη	1.08 ± 0.01 ^k	1.77 ± 0.06 ⁿ	1.50 ± 0.02 ^j	4.6 ± 0.1 ^k	1.08 ± 0.01 ^l	5.7 ± 0.1 ^m
	600	0.33 ± 0.02 ^o	0.41 ± 0.01 ^l	ίχνη	0.065 ± 0.006 ^l	0.98 ± 0.01 ^o	1.25 ± 0.02 ^l	3.0 ± 0.1 ^l	0.065 ± 0.006 ^m	3.0 ± 0.1 ⁿ

Πίνακας 12 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο χρόνος ανάσχεσης (Rt), τα μήκη κύματος μέγιστης απορρόφησης στο ορατό φάσμα (λ_{\max}), τα φασματικά δεδομένα μάζας και η ενδεικτική ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα των φύλλων βασιλικού σε σχέση με το εφαρμοζόμενο N.

Κορυφή	Rt (min)	λ_{\max} (nm)	$[M-H]^-$ (m/z)	MS ² (m/z)	Ενδεικτική Ταυτοποίηση
1	8.91	323	179	135(100)	Caffeic acid (Καφεϊκό οξύ)
2	14.96	323	473	313(61), 293(100)	Chicoric acid (Κιχωρικό οξύ)
3	16.8	334	609	301(100)	Quercetin-O-deoxyhexoside-hexoside
4	19.5	290/325	535	491(100), 287(34)	Eriodictyol-O-malonylhexoside
5	20.76	282/327	719	359(100), 197(31), 179(42), 161(50), 135(5)	Sagerinic acid (Σαγερινικό οξύ)
6	35.36	287/333	313	269(51), 203(12), 179(5), 161(100), 135(5)	Salvianolic acid F (Σαλβιανολικό οξύ F)

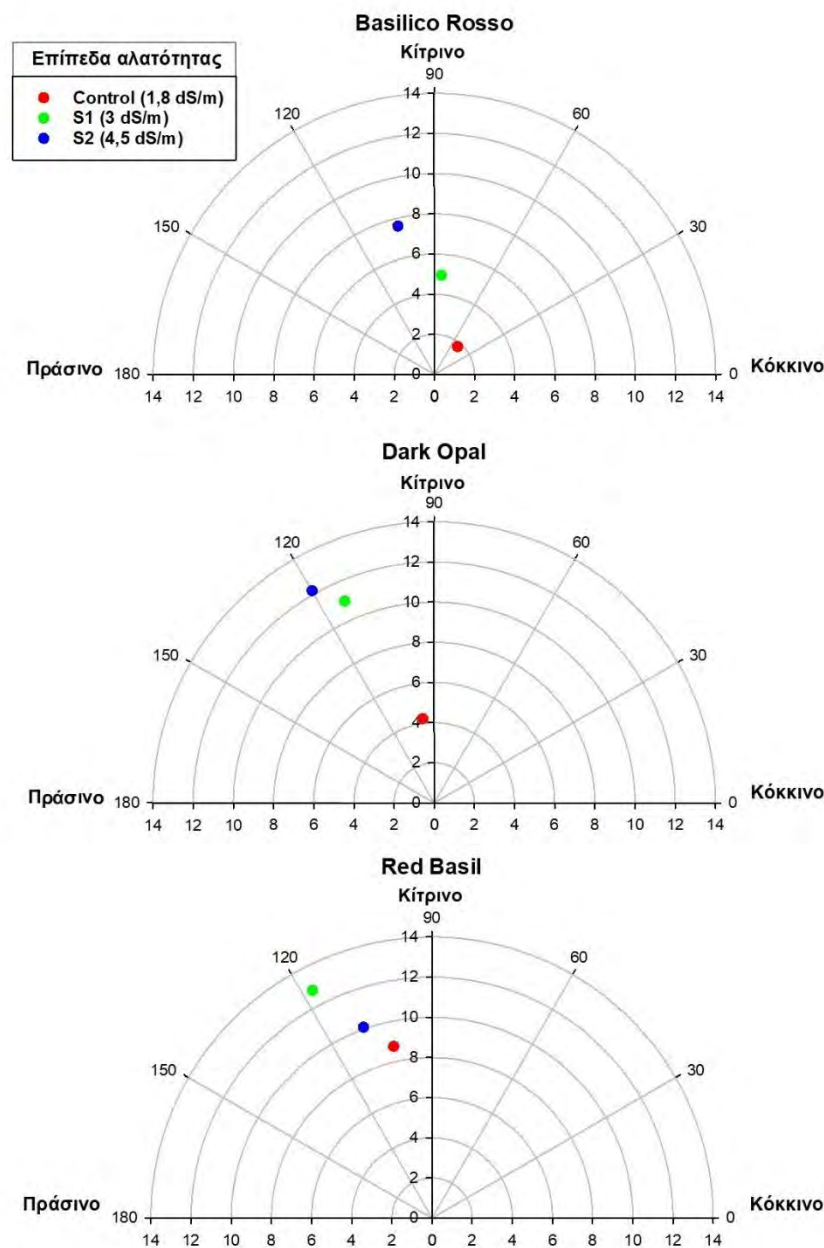
3.2. Αλατότητα

3.2.1. Απόδοση

Τα αποτελέσματα της απόδοσης των καλλιεργούμενων ποικιλιών σε σχέση με τις μεταχειρίσεις αλατότητας παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Οι διαφορές στην απόδοση του νωπού βάρους των ποικιλιών που εξετάστηκαν ήταν σημαντικές, με την Red Basil να έχει την υψηλότερη απόδοση σε όλα τα επίπεδα αλατότητας που δοκιμάστηκαν, εκτός του υψηλότερου επιπέδου (4,5 dS/m), όπου δεν διέφερε σημαντικά από την Dark Opal. Οι αποδόσεις των Dark Opal και Basilico Rosso δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από την αύξηση της αλατότητας. Αντιθέτως, τα φυτά της Red Basil παρουσίασαν σημαντική μείωση του νωπού βάρους των φύλλων τους κατά την εφαρμογή του υψηλότερου επιπέδου αλατότητας.

3.2.2. Χρώμα

Όσον αφορά τις χρωματικές παραμέτρους, η φωτεινότητα (L) αυξήθηκε στα φυτά που δέχθηκαν τις μεταχειρίσεις αλατότητας σε σύγκριση με το μάρτυρα και στις τρεις ποικιλίες, ενώ παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών, με τη Basilico Rosso να παρουσιάζει τις χαμηλότερες τιμές L (Πίνακας 12). Η παράμετρος α μειώθηκε με την αύξηση της αλατότητας στην



Εικόνα 13 Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η σχέση της γωνίας απόχρωσης και του κορεσμού (chroma) για όλες τις μεταχειρίσεις αλατότητας που εφαρμόστηκαν στις ποικιλίες Dark Opal, Red Basil και Basilico Rosso.

Dark Opal και τη Basilico Rosso, ενώ παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στη Red Basil. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι τα φύλλα των φυτών Dark Opal και Basilico Rosso που υποβλήθηκαν σε μεταχειρίσεις αλατότητας ήταν λιγότερο κόκκινα απ' ό τι στο μάρτυρα, ενώ και πάλι παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στα φυτά της Red Basil. Η Basilico Rosso είχε τις υψηλότερες τιμές α σε σύγκριση με τις άλλες δύο ποικιλίες, που σημαίνει ότι το κόκκινο χρώμα των φύλλων της συγκεκριμένης ποικιλίας ήταν πιο έντονο από τις άλλες δύο. Παρόμοιες τάσεις παρατηρήθηκαν για τις τιμές του κορεσμού (chroma ή saturation) (C) και την γωνία της απόχρωσης (hue angle) (H) που αυξήθηκαν με την αυξημένη αλατότητα, ενώ οι χαμηλότερες τιμές και για τις δύο παραμέτρους καταγράφηκαν στα φυτά της Basilico Rosso.

3.2.3. Θρεπτική αξία

Για όλες τις παραμέτρους που δοκιμάστηκαν, η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (two-way ANOVA) επέδειξε μια σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων που μελετήθηκαν. Επομένως, όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί μεταχειρίσεων συγκρίθηκαν μεταξύ τους και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους αντίστοιχους πίνακες.

Τα αποτελέσματα της θρεπτικής και της ενεργειακής αξίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Η περιεκτικότητα σε λιπαρά κυμάνθηκε από 1,38 (Red Basil, μάρτυρας) έως και 2,10 g/100 g dw (Dark Opal, μεταχείριση S2). Γενικά, η αυξημένη αλατότητα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπαρά για όλες τις ποικιλίες, ενώ οι υψηλότερες ποσότητες λιπαρών καταγράφηκαν στην Dark Opal. Ομοίως, οι τιμές περιεκτικότητας σε τέφρα ήταν μεταξύ 12,2 (Basilico Rosso, μάρτυρας) και 15,5 g/100 g dw (Dark Opal, μεταχείριση S1), ενώ αυξητικές τάσεις παρατηρήθηκαν για όλες τις ποικιλίες όταν η αλατότητα αυξήθηκε, ιδιαίτερα στην ποικιλία Dark Opal όπου καταγράφηκε η μεγαλύτερη αύξηση (25,0 και 22,5% για τις θεραπείες S1 και S2, αντίστοιχα). Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κυμάνθηκε μεταξύ 38,4 (Dark Opal, μεταχείριση S2) και 52,2 g/100 g dw (Red Basil, μάρτυρας), ενώ σε αντίθεση με τα λιπαρά και την τέφρα καταγράφηκε σημαντική μείωση όταν αυξήθηκε η αλατότητα (έως 17% στην Dark Opal). Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες επηρεάστηκε επίσης

από το γονότυπο και το επίπεδο της αλατότητας, και οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 35,2 (Basilico Rosso, μάρτυρας) και 44,3 g/100 g dw (Dark Opal, μεταχείριση S2), ενώ η αύξηση της αλατότητας είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (μέχρι 12,1% για το Dark Opal).

Όσον αφορά την ενεργειακή αξία, η υψηλότερη καταγράφηκε στο μάρτυρα για κάθε ποικιλία που δοκιμάστηκε, ενώ η αύξηση της αλατότητας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της ενεργειακής αξίας.

3.2.4. Οργανικά οξέα

Η περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα παρουσιάζεται στον Πίνακα 16 με το κινικό οξύ να είναι το κύριο οργανικό οξύ, ακολουθούμενο από το οξαλικό και το σικιμικό οξύ, ενώ το ασκορβικό οξύ ανιχνεύθηκε μόνο σε ίχνη. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες σε οξαλικό, κινικό και το σύνολο των οργανικών οξέων καταγράφηκαν για το μάρτυρα της Basilico Rosso, ενώ για όλες τις ποικιλίες που δοκιμάστηκαν η αύξηση της αλατότητας είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των κύριων οργανικών οξέων (κινικό και οξαλικό οξύ), καθώς και της συνολικής περιεκτικότητας σε οργανικά οξέα.

3.2.5. Σάκχαρα

Η σύνθεση ελεύθερων σακχάρων παρουσιάζεται στον Πίνακα 14, όπου έγινε η ταυτοποίηση τριών μόνο ενώσεων. Η γλυκόζη ήταν το κύριο σάκχαρο στις περισσότερες περιπτώσεις, ακολουθούμενη από τη σακχαρόζη και τη φρουκτόζη. Η Basilico Rosso είχε τις υψηλότερες ποσότητες ολικών και μεμονωμένων ελεύθερων σακχάρων, ειδικά στη μεταχείριση S2, όπου καταγράφηκαν οι υψηλότερες συνολικές τιμές. Πρέπει να αναφερθεί ότι τα συνολικά και μεμονωμένα ελεύθερα σάκχαρα αυξήθηκαν με την αύξηση της αλατότητας σε όλες τις ποικιλίες, εκτός από την περίπτωση της Dark Opal όπου καταγράφηκε σημαντική μείωση της γλυκόζης. Αυτή η μεταβλητή απόκριση των ποικιλιών που εξετάστηκαν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις αλατότητας θα μπορούσε να συσχετιστεί με τα αποτελέσματα του νωπού βάρους ανά φυτό (βλ. Πίνακα 12)

όπου το φρέσκο βάρους της Dark Opal αυξήθηκε ελαφρώς σε υψηλή αλατότητα (μεταχείριση S2).

3.2.6. Λιπαρά οξέα

Σε όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν ανιχνεύθηκαν 18 λιπαρά οξέα, ενώ τα κυριότερα σε περιεκτικότητα ήταν το α-λινολενικό, το λινολεϊκό και το παλμιτικό οξύ (Πίνακας 17).

Στις μεταχειρίσεις με τους μάρτυρες, η ποικιλία Basilico Rosso παρουσιάζει λίγο χαμηλότερη περιεκτικότητα σε παλμιτικό οξύ σε σύγκριση με τις άλλες δύο ποικιλίες. Αντίθετα, στις μεταχειρίσεις αλατότητας S1 και S2 φαίνεται να έχει συγκριτικά υψηλότερη περιεκτικότητα στις ίδιες ενώσεις, ενώ οι ποικιλίες Red Basil και Dark Opal έχουν παρόμοιες, χαμηλότερες τιμές. Όσον αφορά το λινολεϊκό οξύ, την υψηλότερη περιεκτικότητα παρουσιάζει η Dark Opal, ακολουθούμενη από την Red Basil και χαμηλότερη η Basilico Rosso για όλες τις μεταχειρίσεις. Τέλος, την υψηλότερη περιεκτικότητα σε α-λινολενικό οξύ, παρουσιάζουν οι μάρτυρες των ποικιλιών Red Basil και Basilico Rosso.

Επιπλέον, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs) ήταν η επικρατούσα κατηγορία λιπαρών οξέων και η υψηλότερη περιεκτικότητα αυτών παρατηρήθηκε στα φυτά της Red Basil και συγκεκριμένα στο μάρτυρα. Μετά τα πολυακόρεστα, ακολούθησαν τα κορεσμένα (SFAs) και τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFAs), με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών να παρατηρούνται στις μεταχειρίσεις S1 και S2 των Basilico Rosso και Red Basil, αντίστοιχα.

Η επίδραση της αλατότητας στην περιεκτικότητα των κύριων λιπαρών οξέων και των κατηγοριών αυτών διέφερε μεταξύ των ποικιλιών, καθώς σε ορισμένες ποικιλίες ορισμένα λιπαρά οξέα αυξήθηκαν, ενώ κάποια μειώθηκαν.

3.2.7. Τοκοφερόλες

Το προφίλ των τοκοφερολών παρουσιάζεται στον Πίνακα 15. Ανιχνεύθηκαν τρεις ενώσεις, η α-, γ- και δ-τοκοφερόλη, με την πρώτη να είναι η κυριό-

τερη σε όλα τα δείγματα. Οι υψηλότερες περιεκτικότητες σε γ- και δ-τοκοφερόλες ανιχνεύθηκαν στο μάρτυρα της Dark Opal, ενώ η υψηλότερη περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη παρατηρήθηκε στο μάρτυρα της Red Basil. Επιπλέον, η Red Basil ήταν αυτή που είχε τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο σύνολο των τοκοφερολών, ενώ η Basilico Rosso είχε τη χαμηλότερη, με μεγάλη διαφορά σε σύγκριση με τις άλλες δύο.

Όσον αφορά την επίδραση της αλατότητας στα επίπεδα των τοκοφερολών, η αυξημένη αλατότητα οδήγησε σε μείωση των συνολικών και μεμονωμένων τοκοφερολών σε όλες τις ποικιλίες.

3.2.8. Πολυφαινόλες

Τα αποτελέσματα σχετικά με την ταυτοποίηση και την ποσοτικοποίηση των φαινολικών ενώσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 18 και 19, αντίστοιχα. Σε όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν ανιχνεύθηκαν έξι φαινολικές ενώσεις, συγκεκριμένα τέσσερις φαινολικές ενώσεις και δύο Ο-γλυκοζυλιωμένα φλαβονοειδή (παράγωγα της κουερσετίνης και της εριοδικτυόλης). Οι κυριότερες πολυφαινόλες ήταν τα φαινολικά οξέα, τα οποία αντιπροσώπευαν το 63,0–83,4% των συνολικών φαινολικών ενώσεων.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των φαινολικών ενώσεων έδειξε μεταβλητές περιεκτικότητες στα δείγματα που μελετήθηκαν, με το σαγερινικό οξύ και την εριοδικτυλ-Ο-μαλονυλοεξοσίδη να είναι οι πιο άφθονες πολυφαινόλες, ακολουθούμενες από το σαλβιανολικό οξύ F και το κιχορικό οξύ. Οι υψηλότερες ποσότητες ολικών φαινολικών ενώσεων, ολικών φλαβονοειδών και ολικών φαινολικών οξέων καταγράφηκαν στην μεταχείριση S2 του Red Basil, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε σαγερινικό οξύ και εριοδικτυλ-Ο-μαλονυλοεξοσίδη, ενώ ο μάρτυρας της Basilico Rosso περιείχε τις χαμηλότερες ποσότητες, τόσο σε μεμονωμένες, όσο και ολικές πολυφαινόλες. Επιπλέον, η υψηλότερη αύξηση σε μεμονωμένες και ολικές φαινολικές ενώσεις καταγράφηκε στη Basilico Rosso.

Πίνακας 13 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η απόδοση των ποικιλιών (g/φυτό) και οι χρωματικές παράμετροι (L, a, b, κορεσμός (C) και γωνία απόχρωσης (H), M.O. \pm SD, n = 15). Μεταχειρίσεις: Μάρτυρας: 1,8 dS/m, S1: 3,0 dS/m και S2: 4,5 dS/m. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey ($p = 0,05$). L: φωτεινότητα από μαύρο (0) σε λευκό (100). α: πράσινο (-) έως κόκκινο (+), β: μπλε (-) έως κίτρινο (+), κορεσμός (C): σχετικός κορεσμός, γωνία απόχρωσης (H): γωνία της απόχρωσης στον χρωματικό χώρο CIELab.

Ποικιλία	Μεταχείριση	Νωπό βάρος	Παράμετροι χρώματος				
			L	a	b	C	H
Dark Opal	Control	26 \pm 3 ^{Ba}	28 \pm 2 ^{Bc}	-0.9 \pm 0.3 ^{Ba}	4.0 \pm 0.7 ^{Bc}	4.2 \pm 0.9 ^{Bc}	98 \pm 4 ^{Ab}
	S1	26 \pm 2 ^{Ba}	33 \pm 1 ^{Bb}	-5 \pm 2 ^{Bb}	10 \pm 1 ^{Bb}	11 \pm 2 ^{Bb}	114 \pm 18 ^{Aa}
	S2	27 \pm 3 ^{Aa}	34 \pm 1 ^{Aa}	-6 \pm 1 ^{Cc}	11 \pm 1 ^{Aa}	12 \pm 1 ^{Aa}	120 \pm 3 ^{Aa}
Red Basil	Control	30 \pm 3 ^{Aa}	31 \pm 2 ^{Ac}	-3.5 \pm 1 ^{Ca}	8 \pm 4 ^{Ac}	8.8 \pm 0.4 ^{Ac}	103 \pm 14 ^{Ab}
	S1	29 \pm 2 ^{Aa}	34.4 \pm 0.5 ^{Aa}	-7 \pm 1 ^{Cb}	11 \pm 2 ^{Aa}	13 \pm 2 ^{Aa}	118 \pm 10 ^{Aa}
	S2	2 \pm 3 ^{Ab}	33 \pm 1 ^{Bb}	-4 \pm 2 ^{Ba}	9 \pm 2 ^{Ab}	10.1 \pm 0.6 ^{Bb}	110 \pm 6 ^{Bab}
Basilico Rosso	Control	22.4 \pm 0.8 ^{Ca}	25.0 \pm 0.7 ^{Cc}	1.1 \pm 0.3 ^{Aa}	1.4 \pm 0.6 ^{Cc}	1.8 \pm 0.4 ^{Cc}	50 \pm 18 ^{Cc}
	S1	18 \pm 2 ^{Cb}	28 \pm 2 ^{Cb}	-0.5 \pm 0.7 ^{Ab}	5 \pm 1 ^{Cb}	5 \pm 1 ^{Cb}	86 \pm 13 ^{Bb}
	S2	22 \pm 2 ^{Ba}	31 \pm 2 ^{Ca}	-2.2 \pm 0.8 ^{Ac}	7 \pm 1 ^{Ba}	8 \pm 2 ^{Ca}	104 \pm 11 ^{Ba}

Πίνακας 14 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η θρεπτική (g/100 g ξ.β.) και η ενεργειακή αξία (kcal/100 g ξ.β.) των ποικιλιών βασιλικού σε σύγκριση με τα επίπεδα αλατότητας. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey (p = 0,05).

Ποικιλία	Μεταχείριση	Θρεπτική αξία				
		Λιπαρά	Πρωτεΐνες	Τέφρα	Υδατάνθρακες	Ενεργειακή αξία
Dark Opal	Control	1.70 ± 0.04 ^b	46.4 ± 0.2 ^d	12.4 ± 0.5 ^{cd}	39.5 ± 0.6 ^c	359 ± 1 ^a
	S1	2.08 ± 0.04 ^a	41.2 ± 0.2 ^e	15.5 ± 0.2 ^a	41.22 ± 0.02 ^b	348.4 ± 0.4 ^c
	S2	2.10 ± 0.03 ^a	38.4 ± 0.3 ^f	15.2 ± 0.1 ^a	44.3 ± 0.2 ^a	349.7 ± 0.4 ^c
Red Basil	Control	1.38 ± 0.02 ^e	52.2 ± 0.6 ^a	11.8 ± 0.3 ^e	34.6 ± 0.6 ^f	359.7 ± 0.9 ^a
	S1	1.57 ± 0.02 ^d	50.9 ± 0.8 ^b	13.1 ± 0.1 ^b	34.4 ± 0.5 ^f	355.3 ± 0.1 ^b
	S2	1.55 ± 0.02 ^d	49.2 ± 0.8 ^c	12.8 ± 0.2 ^{bc}	36.5 ± 0.4 ^d	356.7 ± 0.5 ^b
Basilico Rosso	Control	1.59 ± 0.08 ^{cd}	51.10 ± 0.07 ^{ab}	12.2 ± 0.1 ^{de}	35.2 ± 0.2 ^{ef}	359.3 ± 0.1 ^a
	S1	1.67 ± 0.04 ^{bc}	49 ± 1 ^c	13.2 ± 0.2 ^b	36.4 ± 0.8 ^{de}	355.7 ± 0.7 ^b
	S2	1.70 ± 0.01 ^b	46.5 ± 0.2 ^d	12.9 ± 0.1 ^b	38.9 ± 0.2 ^c	356.9 ± 0.3 ^b

Πίνακας 15 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η περιεκτικότητα σε σάκχαρα (g/100 g ξ.β.) όλων των ποικιλιών σε σύγκριση με τα επίπεδα της αλατότητας. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey ($p = 0,05$).

Ποικιλία	Μεταχείριση	Ελεύθερα σάκχαρα			
		Φρουκτόζη	Γλυκόζη	Σουκρόζη	Σύνολο ελεύθερων σακχάρων
Dark Opal	Control	0.93 ± 0.03 ^e	2.59 ± 0.02 ^h	0.95 ± 0.01 ^h	4.47 ± 0.01 ⁱ
	S1	1.65 ± 0.01 ^{bc}	2.80 ± 0.01 ^f	1.73 ± 0.04 ^e	6.17 ± 0.03 ^e
	S2	1.69 ± 0.01 ^b	1.35 ± 0.06 ⁱ	1.79 ± 0.02 ^d	4.84 ± 0.08 ^h
Red Basil	Control	1.52 ± 0.04 ^d	2.67 ± 0.02 ^g	0.88 ± 0.02 ⁱ	5.08 ± 0.01 ^g
	S1	1.61 ± 0.04 ^c	2.90 ± 0.01 ^e	1.11 ± 0.01 ^g	5.63 ± 0.05 ^f
	S2	1.92 ± 0.01 ^a	3.15 ± 0.01 ^d	1.57 ± 0.03 ^f	6.64 ± 0.02 ^c
Basilico Rosso	Control	0.52 ± 0.04 ^f	3.71 ± 0.02 ^c	2.09 ± 0.04 ^c	6.32 ± 0.03 ^d
	S1	1.61 ± 0.02 ^c	3.76 ± 0.01 ^b	2.30 ± 0.01 ^b	7.67 ± 0.02 ^b
	S2	1.94 ± 0.02 ^a	3.97 ± 0.03 ^a	2.48 ± 0.03 ^a	8.39 ± 0.04 ^a

Πίνακας 16 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η περιεκτικότητα στις εντοπισμένες ενώσεις τοκοφερολών (mg/100 g ξ.β.) σε όλες τις ποικιλίες βασιλικού συγκριτικά με τα επίπεδα αλατότητας. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey ($p = 0,05$).

Ποικιλία	Μεταχείριση	Τοκοφερόλες			
		α-Τοκοφερόλη	γ-Τοκοφερόλη	δ-Τοκοφερόλη	Σύνολο τοκοφερολών
Dark Opal	Control	6.11 ± 0.04 ^b	1.35 ± 0.04 ^a	1.15 ± 0.09 ^a	8.61 ± 0.08 ^b
	S1	3.49 ± 0.05 ^f	1.04 ± 0.01 ^c	0.49 ± 0.02 ^{cd}	5.02 ± 0.04 ^d
	S2	3.84 ± 0.05 ^e	1.07 ± 0.04	0.40 ± 0.01 ^{ef}	5.32 ± 0.08 ^c
Red Basil	Control	7.07 ± 0.02 ^a	1.12 ± 0.01 ^b	1.12 ± 0.05 ^a	9.31 ± 0.02 ^a
	S1	4.11 ± 0.02 ^c	0.83 ± 0.02 ^d	0.43 ± 0.02 ^{de}	5.37 ± 0.02 ^c
	S2	3.98 ± 0.07 ^d	0.77 ± 0.01 ^e	0.35 ± 0.01 ^f	5.10 ± 0.06 ^d
Basilico Rosso	Control	1.29 ± 0.02 ^g	0.49 ± 0.04 ^f	0.90 ± 0.02 ^b	2.68 ± 0.03 ^e
	S1	1.07 ± 0.01 ^h	0.47 ± 0.01 ^f	0.53 ± 0.02 ^c	2.07 ± 0.02 ^f
	S2	0.75 ± 0.01 ⁱ	0.41 ± 0.01 ^g	0.38 ± 0.01 ^{ef}	1.54 ± 0.01 ^g

Πίνακας 17 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η περιεκτικότητα στα επιμέρους οργανικά οξέα και στο σύνολό τους (g/100 g ξ.β.) σε όλες τις ποικιλίες βασιλικού συγκριτικά με τα επίπεδα αλατότητας. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey ($p = 0,05$).

Ποικιλία	Μεταχείριση	Οργανικά οξέα				
		Οξαλικό οξύ	Κινικό οξύ	Σικιμικό οξύ	Ασκορβικό οξύ	Σύνολο οργανικών οξέων
Dark Opal	Control	5.23 ± 0.08 ^c	9.87 ± 0.03 ^c	0.090 ± 0.001 ^f	ίχνη	15.2 ± 0.1 ^c
	S1	4.08 ± 0.01 ^g	8.19 ± 0.08 ^f	0.100 ± 0.001 ^e	ίχνη	12.38 ± 0.08 ^h
	S2	4.81 ± 0.02 ^f	8.11 ± 0.03 ^f	0.180 ± 0.002 ^a	ίχνη	13.11 ± 0.01 ^g
Red Basil	Control	5.49 ± 0.03 ^b	10.5 ± 0.2 ^b	0.110 ± 0.001 ^d	ίχνη	16.0 ± 0.2 ^b
	S1	4.97 ± 0.03 ^e	8.77 ± 0.05 ^e	0.100 ± 0.001 ^e	ίχνη	13.85 ± 0.02 ^f
	S2	4.97 ± 0.02 ^e	7.4 ± 0.1 ^g	0.130 ± 0.001 ^b	ίχνη	12.5 ± 0.1 ^h
Basilico Rosso	Control	5.80 ± 0.05 ^a	11.97 ± 0.01 ^a	0.120 ± 0.002 ^c	ίχνη	17.89 ± 0.06 ^a
	S1	5.09 ± 0.07 ^d	9.71 ± 0.05 ^c	0.110 ± 0.001 ^d	ίχνη	14.90 ± 0.03 ^d
	S2	5.17 ± 0.06 ^{cd}	9.33 ± 0.09 ^d	0.090 ± 0.001 ^f	ίχνη	14.60 ± 0.04 ^e

Πίνακας 18 Στον παρακάτω πίνακα δίνονται τα ποσοστά των κύριων λιπαρών οξέων και των κατηγοριών των λιπαρών οξέων (%) σε όλες τις ποικιλίες βασιλικού συγκριτικά με τα επίπεδα αλατότητας. Τα διαφορετικά κεφαλαία λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών με την ίδια μεταχείριση αλατότητας, ενώ τα μικρά λατινικά γράμματα στην ίδια στήλη υποδεικνύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων αλατότητας για την ίδια ποικιλία, σύμφωνα με το τεστ HSD του Tukey ($p = 0,05$).

Ποικιλία	Μεταχείριση	Λιπαρά οξέα			Κατηγορίες λιπαρών οξέων		
		Παλμιτικό οξύ (C16:0)	Λινολεϊκό οξύ (C18:2n6c)	α-Λινολενικό οξύ (C18:3n3)	SFA	MUFA	PUFA
Dark Opal	Control	21.17 ± 0.01 ^f	14.94 ± 0.02 ^e	42.14 ± 0.05 ^f	33.65 ± 0.05 ^c	8.46 ± 0.01 ^a	57.91 ± 0.06 ^f
	S1	21.8 ± 0.4 ^e	18.29 ± 0.02 ^b	40.5 ± 0.3 ^g	32.8 ± 0.5 ^d	7.8 ± 0.3 ^c	59.3 ± 0.3 ^d
	S2	20.9 ± 0.2 ^g	18.72 ± 0.03 ^a	44.0 ± 0.1 ^d	29.1 ± 0.2 ^f	7.7 ± 0.1 ^c	63.2 ± 0.1 ^b
Red Basil	Control	19.6 ± 0.1 ⁱ	14.4 ± 0.3 ^f	49.2 ± 0.1 ^a	28.7 ± 0.2 ^f	7.3 ± 0.1 ^d	64.1 ± 0.2 ^a
	S1	22.85 ± 0.01 ^c	15.3 ± 0.1 ^d	42.2 ± 0.1 ^f	33.8 ± 0.1 ^c	8.2 ± 0.1 ^b	58.0 ± 0.1 ^f
	S2	22.07 ± 0.33 ^d	16.3 ± 0.3 ^c	42.4 ± 0.1 ^e	32.4 ± 0.4 ^d	8.2 ± 0.1 ^b	59.4 ± 0.4 ^d
Basilico Rosso	Control	19.84 ± 0.01 ^h	12.6 ± 0.1 ^g	49.2 ± 0.1 ^a	29.6 ± 0.1 ^e	7.8 ± 0.1 ^c	62.6 ± 0.1 ^c
	S1	30.16 ± 0.06 ^a	10.3 ± 0.1 ⁱ	47.3 ± 0.1 ^c	36.5 ± 0.1 ^a	5.4 ± 0.1 ^f	58.1 ± 0.1 ^f
	S2	29.86 ± 0.01 ^b	10.67 ± 0.04 ^h	47.59 ± 0.06 ^b	35.7 ± 0.1 ^b	5.7 ± 0.1 ^e	58.7 ± 0.1 ^e

Πίνακας 19 Στον παρακάτω πίνακα δίνεται ο χρόνος ανάσχεσης (Rt), τα μήκη κύματος μέγιστης απορρόφησης στο ορατό φάσμα (λ_{\max}), τα φασματικά δεδομένα μάζας και η ενδεικτική ταυτοποίηση των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα των ποικιλιών βασιλικού που δοκιμάστηκαν.

Κορυφή	Rt (min)	λ_{\max} (nm)	[M - H] - (m/z)	MS ² (m/z)	Ενδεικτική Ταυτοποίηση
1	8.91	323	179	135(100)	Caffeic acid (Καφεϊκό οξύ)
2	14.96	323	473	313(61),293(100)	Chicoric acid (Κιχωρικό οξύ)
3	16.8	334	609	301(100)	Quercetin-O-deoxyhexoside- hexoside
4	19.5	290/325	535	491(100),287(34)	Eriodictyol-O-malonylhexoside
5	20.76	282/327	719	359(100),197(31),179(42), 161(50),135(5)	Sagerinic acid (Σαγερινικό οξύ)
6	35.36	287/333	313	269(51),203(12),179(5), 161(100),135(5)	Salvianolic acid F (Σαλβιανολικό οξύ F)

Πίνακας 20 Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η ποσοτικοποίηση (mg/g εκχυλίσματος) των φαινολικών ενώσεων που υπάρχουν στα υδροαιθανολικά εκχυλίσματα όλων των γονότυπων βασιλικού συγκριτικά με τα επίπεδα αλατότητας. ΟΦΟ: ολικά φαινολικά οξέα, ΟΦ: ολικά φλαβονοειδή, ΟΦΕ: Ολικές φαινολικές ενώσεις. Τα διαφορετικά κεφαλαία γράμματα (A–C) σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των Μ.Ο. των τεσσάρων τύπων ποικιλιών. Τα διαφορετικά μικρά γράμματα (a–o) σε κάθε στήλη αντιπροσωπεύουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των Μ.Ο. κάθε επιπέδου αλατότητας και της ποικιλίας. Και στις δύο περιπτώσεις, το τεστ HSD του Tukey έγινε για $p = 0,05$.

Ποικιλία	Μετα-χείριση	Κορυφή						ΟΦΟ	ΟΦ	ΟΦΕ
		1	2	3	4	5	6			
Dark Opal	Control	1.54 ± 0.04 ^d	3.52 ± 0.04 ^a	0.34 ± 0.01 ^g	8.5 ± 0.2 ^b	10.3 ± 0.3 ^e	3.34 ± 0.03 ^b	18.7 ± 0.3 ^{cd}	8.9 ± 0.2 ^b	27.6 ± 0.1 ^c
	S1	1.11 ± 0.02 ^f	2.94 ± 0.01 ^c	0.859 ± 0.001 ^d	4.40 ± 0.06 ^f	11.6 ± 0.5 ^d	1.57 ± 0.01 ^g	17.2 ± 0.5 ^e	5.3 ± 0.1 ^f	22.4 ± 0.6 ^e
	S2	1.39 ± 0.04 ^e	3.37 ± 0.01 ^b	1.62 ± 0.03 ^a	5.96 ± 0.03 ^c	11.94 ± 0.01 ^d	1.37 ± 0.08 ⁱ	18.1 ± 0.1 ^d	7.6 ± 0.1 ^c	25.7 ± 0.2 ^d
Red Basil	Control	2.18 ± 0.04 ^a	1.98 ± 0.03 ^e	0.429 ± 0.003 ^f	8.4 ± 0.1 ^b	16.51 ± 0.06 ^b	4.99 ± 0.05 ^a	25.7 ± 0.1 ^b	8.9 ± 0.1 ^b	34.5 ± 0.1 ^b
	S1	1.69 ± 0.01 ^c	1.11 ± 0.03 ^g	0.756 ± 0.004 ^e	3.0 ± 0.2 ^g	14.3 ± 0.6 ^c	2.04 ± 0.02 ^e	19.1 ± 0.6 ^c	3.8 ± 0.2 ^g	22.9 ± 0.4 ^e
	S2	1.99 ± 0.03 ^b	2.23 ± 0.04 ^d	1.48 ± 0.01 ^b	10.5 ± 0.3 ^a	19.8 ± 0.2 ^a	3.19 ± 0.02 ^c	27.2 ± 0.2 ^a	12.0 ± 0.3 ^a	39.2 ± 0.1 ^a
Basilico Rosso	Control	0.63 ± 0.01 ^g	0.84 ± 0.02 ⁱ	0.215 ± 0.003 ⁱ	3.25 ± 0.05 ^g	2.96 ± 0.01 ^g	1.47 ± 0.04 ^h	5.90 ± 0.01 ^h	3.47 ± 0.05 ^h	9.37 ± 0.06 ^h
	S1	1.65 ± 0.02 ^c	1.05 ± 0.02 ^h	1.12 ± 0.01 ^c	5.35 ± 0.03 ^e	6.5 ± 0.3 ^f	1.82 ± 0.02 ^f	11.1 ± 0.3 ^g	6.47 ± 0.02 ^e	17.5 ± 0.3 ^g
	S2	1.66 ± 0.01 ^c	1.25 ± 0.02 ^f	1.43 ± 0.08 ^b	5.67 ± 0.03 ^d	6.6 ± 0.3 ^f	2.28 ± 0.02 ^d	11.8 ± 0.2 ^f	7.1 ± 0.1 ^d	18.9 ± 0.1 ^f

4. Συζήτηση

4.1. Αζωτο

4.1.1. Απόδοση

Με βάση τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν παραπάνω, φαίνεται πως υπήρξε σαφής επίδραση του επιπέδου της αζωτούχου λίπανσης σε όλες τις ποικιλίες που δοκιμάστηκαν. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με μια πληθώρα προηγούμενων μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί, τόσο σε βασιλικό, όσο και σε διάφορα άλλα καλλιεργούμενα είδη φυτών.

Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Nurzyńska-Wierdak et al. (2012) παρατηρήθηκε πως το νωπό βάρος των τριών ποικιλιών βασιλικού που μελετήθηκαν (Kasia, Wala και μια ακόμη πράσινη – όλες ήταν πράσινες ποικιλίες) επηρεάστηκε σημαντικά, τόσο από την ποικιλία όσο και από την ποσότητα του αζώτου που εφαρμόστηκε και συμπέραναν πως η επίδραση αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν για τον καθορισμό της αζωτούχου λίπανσης.

Το ίδιο αποδείχθηκε και στην μελέτη των Sifola & Barbieri (2006), όπου η εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης βελτίωσε το συνολικό νωπό βάρος των υπέργειων τμημάτων των φυτών, όπως επίσης και άλλες παραμέτρους (π.χ. συγκέντρωση αιθέριων ελαίων φύλλων και απόδοση ελαίου), χωρίς όμως να επηρεάσει τα μορφολογικά χαρακτηριστικά ή το ύψος των φυτών. Η αύξηση αυτή της συνολικής βιομάζας ερμηνεύθηκε ως αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φύλλων, καθώς έγιναν μετρήσεις της χλωροφύλλης/φύλλο. Σ' αυτήν την μελέτη δοκιμάστηκαν επίσης τρεις ποικιλίες βασιλικού, οι οποίες φάνηκαν να έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Αυτό έρχεται επίσης σε συμφωνία με την παρούσα εργασία.

Μια ακόμα παρατήρηση της παρούσας εργασίας, ήταν ότι ανεξάρτητα των ποσοτήτων εφαρμοζόμενου N, η πράσινη ποικιλία Μύτικας είχε σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις, έναντι των τριών κόκκινων ποικιλιών. Το ίδιο αποτέλεσμα έχει επιβεβαιωθεί και σε παλαιότερες μελέτες, όπως αυτή των Prinsi et al., (2020), όπου ο πράσινος βασιλικός («Italiano Classico», IC) χαρακτηρίστηκε

από υψηλότερη βιομάζα σε σχέση με τον κόκκινο («Red Rubin», RR). Επίσης, στην μελέτη των Walters & Currey (2015) όπου εξετάστηκαν πάλι κόκκινες ποικιλίες, συμπεριλαμβανομένης και της RR (που χρησιμοποιήθηκε στην προαναφερθείσα μελέτη), παρατηρήθηκε μικρότερο ύψος φυτών σε σύγκριση με τις πράσινες και χαμηλότερο συνολικό ξηρό βάρος υπέργειων τμημάτων.

Η διαφορά στην απόδοση μεταξύ των κόκκινων και πράσινων ποικιλιών έχει αποδοθεί στο ότι η αύξηση βιομάζας αναστέλλεται από την βιοσύνθεση των ανθοκυανινών. Αυτό συμβαίνει, διότι μέρος των αποθεμάτων του άνθρακα καταναλώνεται για την βιοσύνθεση ανθοκυανινών, ως πλεονέκτημα έναντι των αβιοτικών καταπονήσεων (πρόκειται για ενεργειακά δαπανηρή μεταβολική διεργασία) (Tattini et al. 2014).

Όσον αφορά τους δείκτες αποδοτικότητας του N που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, προέρχονται από την μελέτη των Di Gioia et al. (2017). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμφωνούν με αυτήν την μελέτη, καθώς τόσο το PFP_N, όσο και το AEN, μειώθηκαν σημαντικά με την αύξηση της ποσότητας λιπάσματος που εφαρμόστηκε σε διαφορετικές ποικιλίες μαρουλιών σε υδροπονική καλλιέργεια, καθώς επίσης διέφερε μεταξύ των ποικιλιών. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι σε χαμηλότερες περιεκτικότητες του υποστρώματος/εδάφους σε N, η απόδοση της καλλιέργειας είναι πιο ευαίσθητη στις διακυμάνσεις του N.

Με βάση όλα τα παραπάνω, είναι ασφαλές να συμπεράνουμε ότι το άζωτο παίζει καθοριστικό ρόλο στην αύξηση της βιομάζας των φυτών βασιλικού, αλλά δεν αποτελεί τον μοναδικό παράγοντα. Ο γονότυπος των φυτών βασιλικού που χρησιμοποιούνται καθορίζει ως έναν βαθμό το μέγιστο της απόδοσης, καθώς και μια πληθώρα βιοχημικών και φυσιολογικών παραμέτρων των φυτών.

4.1.2. Χρώμα

Από τα αποτελέσματα των χρωματομετρικών μετρήσεων γίνεται κατανοητό ότι το χρώμα των φύλλων του βασιλικού επηρεάζεται τόσο από τον γονότυπο, όσο και από το επίπεδο της αζωτούχου λίπανσης.

Ένας καθοριστικός παράγοντας του χρώματος των φυτών είναι τα επίπεδα ανθοκυανίνων. Όπως είναι γνωστό, οι περισσότερες ποικιλίες κόκκινου βασιλικού έχουν σημαντικά αυξημένα επίπεδα ανθοκυανινών (Kwee & Niemeyer, 2011, Phippen & Simon, 1998), οι οποίες είναι υδατοδιαλυτές φαινολικές ενώσεις που ευθύνονται κυρίως για την κόκκινη και μπλε απόχρωση στα φυτά. Το άζωτο φαίνεται πως μπορεί να επηρεάσει ποικιλοτρόπως τη σύνθεση ανθοκυανινών. Η έλλειψη N έχει ως αποτέλεσμα την αβιοτική καταπόνηση των φυτών και κατ' επέκταση αλλαγές τόσο στον πρωτογενή, όσο και στον δευτερογενή μεταβολισμό, λόγω της συσσώρευσης ενεργών ριζών οξυγόνου. Η ανεπάρκεια N προκαλεί αύξηση στη βιοσύνθεση δευτερογενών μεταβολιτών που βασίζονται σε ενώσεις άνθρακα, κυρίως φαινολικών ενώσεων όπως υδροξυκιναμωμικά οξέα, τα φλαβονοειδή και τις ανθοκυανίνες (Guillén-Román et al., 2018, Rubio-Wilhelmi et al., 2012). Η εφαρμογή λιπασμάτων N μπορεί να αλλάξει την ποιότητα των αντιοξειδωτικών ενώσεων. Συγκεκριμένα, τα λιπάσματα N μπορούν να αλλάξουν τις αντιοξειδωτικές ενώσεις σε πολλά φυτά (Amarowicz et al., 2020, Frías-Moreno et al., 2020, Nguyen & Niemeyer, 2008). Όλα αυτά μπορούν να έχουν τελικά επιρροή στις χρωματικές παραμέτρους των κόκκινων ποικιλιών βασιλικού.

4.1.3. Θρεπτική αξία

Όπως και σε προηγούμενες μελέτες που εξετάστηκε η θρεπτική αξία των φύλλων βασιλικού, έτσι και σε αυτή οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες ήταν τα κύρια μακροθρεπτικά συστατικά (Cordoba, 2005, Fernandes et al., 2019). Συγκεκριμένα για τις πρωτεΐνες, τα υψηλότερα επίπεδα παρατηρήθηκαν στα φυτά που λιπάνθηκαν με το υψηλότερο επίπεδο N. Ακόμα, οι Pereira et al. (2015) στην μελέτη τους, εξετάζοντας τη διατροφική αξία του ξηρού πράσινου βασιλικού, παρατήρησαν παρόμοια επίπεδα τέφρας, αλλά σημαντικά υψηλότερα επίπεδα υδατανθράκων και χαμηλότερα επίπεδα πρωτεϊνών σε σύγκριση με την παρούσα μελέτη. Οι διαφορές που εντοπίζονται στα θρεπτικά συστατικά του βασιλικού μπορεί να οφείλονται σε μια πληθώρα παραγόντων. Για παράδειγμα, σε μια μελέτη των Siti Mahirah et al. (2018), εξετάστηκε η επίδραση δύο διαφορετικών μεθόδων ξήρανσης στο θρεπτικό προφίλ σε φύλλα βασιλικού.

Συγκεκριμένα, συγκρίθηκε η μέθοδος της λυοφιλίωσης (freeze drying) και η ξήρανση σε φούρνο κενού με αέρα, όπου παρατηρήθηκαν διαφορές στα θρεπτικά και τα αντιοξειδωτικά συστατικά των φύλλων.

Ακόμη, φαίνεται πως οι διακυμάνσεις στις περιβαλλοντικές συνθήκες και κυριότερα το χαμηλότερο επίπεδο αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, αποτελούν παράγοντα διαφοροποίησης της θρεπτικής αξίας σε διάφορα είδη φυτών (Petrooulos et al., 2019, Petrooulos et al., 2020, Petrooulos et al., 2019).

4.1.4. Οργανικά οξέα

Όσον αφορά τη χημική σύσταση των οργανικών οξέων στα φύλλα του *O. basilicum* var. *purpurascens*, οι Fernandes et al. (2019) εντόπισαν επιπλέον μηλικό, φουμαρικό, κιτρικό και ασκορβικό οξύ, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε άλλα είδη φυτών, αποδεικνύεται ότι η αζωτούχος λίπανση μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση και την περιεκτικότητα σε οργανικά οξέα με σημειώνοντας αύξηση με την αύξηση του εφαρμοζόμενου αζώτου, αυξάνοντάς την (Petrooulos et al., 2020, Petrooulos et al., 2020, Petrooulos et al., 2020).

4.1.5. Σάκχαρα

Όπως προαναφέρθηκε στα αποτελέσματα, τα σάκχαρα που εντοπίστηκαν ήταν η γλυκόζη, η φρουκτόζη και η σακχαρόζη, ενώ δεν ανιχνεύθηκε καθόλου η τρεχαλόζη, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες των Fernandes et al. (2019) και των Pereira et al. (2015). Παρόλα αυτά, αν εξαιρεθεί η απουσία της τρεχαλόζης, τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των παραπάνω μελετών και υποδηλώνουν ότι, σε όλες τις ποικιλίες που δοκιμάστηκαν, τα υψηλότερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης σχετίζονται με την αυξημένη περιεκτικότητα του συνόλου των ελεύθερων σακχάρων.

4.1.6. Λιπαρά οξέα

Όπως και σε προηγούμενη μελέτη των Fernandes et al. (2019), έτσι και στην παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κύρια κατηγορία λιπαρών οξέων και στις τέσσερις ποικιλίες ήταν τα PUFAs.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν ότι ο βασιλικός, και ιδιαίτερα οι κόκκινες ποικιλίες, παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο προφίλ λιπαρών οξέων που χαρακτηρίζεται από χαμηλή αναλογία ω-6/ω-3 και από υψηλή περιεκτικότητα σε α-λινολενικό οξύ (ω-3), το οποίο έχει ευεργετικές ιδιότητες στην ανθρώπινη υγεία (Saini & Keum, 2018, Shahidi & Ambigaipalan, 2018).

4.1.7. Τοκοφερόλες

Το προφίλ των τοκοφερολών που παρατηρήθηκε σε αυτή τη μελέτη ήταν παρόμοιο με το εκείνο που παρατήρησαν οι (Sgherri et al., 2010) στον πράσινο βασιλικό, ενώ έρχεται σε αντίθεση με το προφίλ που ανέφεραν οι Fernandes et al. (2019), όπου εντοπίστηκαν και τα τέσσερα συστατικά της βιταμίνης E (α-, β-, γ-, και δ-τοκοφερόλη) στα φύλλα του *O. basilicum* var. *purpurascens*, με την γ-τοκοφερόλη να υπερισχύει των άλλων ισομερών. Η αναλογία μεταξύ των διαφορετικών ισομερών τοκοφερολών και της σχετικής περιεκτικότητας τους φαίνεται να καθορίζεται κυρίως από τον γονότυπο. Ωστόσο, η μεγάλη διακύμανση της περιεκτικότητας σε τοκοφερόλες εντός του ίδιου γονότυπου, ως συνάρτηση του επιπέδου N, υποδηλώνει ότι η διαθεσιμότητα του N παίζει καθοριστικό ρόλο στον προσδιορισμό της απόλυτης περιεκτικότητας σε τοκοφερόλες. Όπως γίνεται αντιληπτό, τόσο η ανεπάρκεια, όσο και η περίσσεια N φαίνεται να επηρεάζουν αρνητικά την περιεκτικότητα σε βιταμίνη E.

4.1.8. Πολυφαινόλες

Τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών έχουν δείξει ότι οι κύριες φαινολικές ενώσεις που εντοπίζονται στον βασιλικό είναι το ροσμαρινικό οξύ και/ή το κιχωρικό οξύ, αναλόγως την ποικιλία που μελετάται κάθε φορά (Javanmardi

et al., 2002, Kwee & Niemeier, 2011, Lee & Scagel, 2009, Nguyen & Niemeier, 2008). Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη η κύρια φαινολική ένωση που ανιχνεύθηκε ήταν το σαγερινικό οξύ, ακολουθούμενη από την εριοδικτυόλη και το σαλβιανολικό οξύ F. Η παρούσα εργασία, όπως και προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι ο γονότυπος παίζει σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό του φαινολικού προφίλ.

Οι τρεις κόκκινες ποικιλίες είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων (κατά μέσο όρο), ιδιαιτέρως η Dark Opal και η Red Basil, ενώ η πράσινη ποικιλία είχε τη χαμηλότερη περιεκτικότητα φαινολικών ενώσεων (κατά μέσο όρο). Αυτά τα αποτελέσματα συνάδουν με τη μελέτη των Nguyen & Niemeier (2008), οι οποίοι παρατήρησαν σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα φαινολικών ενώσεων στην πράσινη ποικιλία βασιλικού Genovese σε σύγκριση με την Dark Opal.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα φανέρωσαν ότι και στις τέσσερις ποικιλίες που εξετάστηκαν, η περιεκτικότητα των φαινολικών ενώσεων μειωνόταν σταθερά με την αύξηση του επιπέδου N. Αυτό υποδηλώνει ότι η παρουσία υψηλότερων επιπέδων N, η οποία συνεπάγεται την ενισχυμένη ανάπτυξη των φυτών, μπορεί να αναστέλλει τη βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων. Αντιθέτως, το στρες που σχετίζεται με την ανεπάρκεια του N θα μπορούσε να επάγει τη βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων, επηρεάζοντας παράλληλα αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με όσα έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες των Nguyen, Niemeier (2008) και των Prinsi et al. (2020b).

4.2. Αλατότητα

4.2.1. Απόδοση

Στα παραπάνω αποτελέσματα του νωπού βάρους παρατηρήθηκε μία διακύμανση αποκρίσεων στην αλατότητα από τις διάφορες ποικιλίες βασιλικού που εξετάστηκαν και συμφωνεί με την μελέτη των Maia et al. (2017), οι οποίοι εξέτασαν τις αποκρίσεις διαφόρων ποικιλιών βασιλικού σε παρόμοιες συνθήκες αλατότητας. Επιπλέον, οι Bione et al. (2014) ανέφεραν γραμμική μείωση του

νωπού βάρους με την αύξηση του επιπέδου αλατότητας, η οποία δεν παρατηρήθηκε σε αυτή τη μελέτη. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι Bione et al. (2014) είχαν τη μεταχείριση του μάρτυρα με πολύ χαμηλή αλατότητα (0,29 dS/m) και ένα ευρύτερο φάσμα επιπέδων αλατότητας (1,45 dS/m έως 8,43 dS/m). Ακόμη, αυτή η μείωση μπορεί να οφείλεται στην οσμωτική καταπόνηση, στην τοξικότητα των ιόντων Na⁺ και Cl⁻, καθώς και στον περιορισμό των παραγόντων που επάγουν την αύξηση των φυτών, όπως η κυτοκίνη (Gupta & Huang, 2014).

4.2.2. Χρώμα

Όσον αφορά τις χρωματικές παραμέτρους, παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τους Elhindi et al. (2017), οι οποίοι παρατήρησαν ότι το επίπεδο της αλατότητας μπορεί να επηρεάσει το χρώμα του φυλλώματος των φυτών του βασιλικού. Αντίθετα, οι Scagel et al. (2019) που εξέτασαν τις αλλαγές που προκαλεί η αλατότητα στη θρεπτική αξία και στη φαινολική σύσταση των φύλλων βασιλικού, δεν ανέφεραν σημαντικές επιπτώσεις της αλατότητας στο χρώμα των φύλλων, το οποίο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποίησαν μόνο ποικιλίες πράσινου χρώματος στην μελέτη τους.

4.2.3. Θρεπτική αξία

Ομοίως με την παρούσα μελέτη, οι Kaur et al. (2019) ανέφεραν περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και υδατάνθρακες εντός του ίδιου εύρους, ενώ παρατήρησαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρά και χαμηλότερη σε πρωτεΐνες. Επιπλέον, οι Ghoora et al. (2020) ανέφεραν μια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σε φυτάρια (microgreens) γαλλικού βασιλικού εντός του ίδιου εύρους (38 g/100 g dw), αν και η περιεκτικότητα σε τέφρα ήταν σημαντικά υψηλότερη από αυτή της παρούσας μελέτης (22,7 g/100 g dw). Σε άλλες μελέτες, όπου εξετάστηκαν διαφορετικά είδη *Ocimum* (*O. viride* και *O. gratissimum*) ή διαφορετικές ποικιλίες βασιλικού, παρατηρήθηκε ένα διαφορετικό διατροφικό προφίλ σε σύγκριση με αυτήν τη μελέτη (Mlitan et al., 2014, Danso-Boateng, 2013, Nurzyńska-Wierdak, 2011, Tarchoune et al., 2013). Επίσης, οι Najji & Sourì (2018) που

δοκίμασαν την επίδραση της λίπανσης (χημική λίπανση σε σύγκριση με βιολογική καλλιέργεια), σε φύλλα γλυκού βασιλικού, πρότειναν επίσης μια διαφορετική διατροφική σύνθεση.

Τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι η επίδραση του γονότυπου και των καλλιεργητικών πρακτικών είναι πολύ σημαντική στη διατροφική αξία του βασιλικού, ενώ σύμφωνα με τους Ribas et al. (2019), οι διαφορές ανάμεσα στις μελέτες θα μπορούσαν να αποδοθούν στην παρουσία τμημάτων βλαστών μέσα στα δείγματα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το στρες αλατότητας προκαλεί τη συσσώρευση διαφόρων οσμωλυτών, όπως οι υδατάνθρακες, για την προστασία του κυτταροπλάσματος και των κυτταρικών δομών και τη συγκράτηση της απορρόφησης νερού, όπως επίσης παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη (de Azevedo Neto et al., 2019).

4.2.4. Οργανικά οξέα

Όπως και στην παρούσα μελέτη, το κινικό οξύ αναφέρθηκε ως το κυριότερο οργανικό οξύ και από τους Fernandes et al. (2019), ενώ εντοπίστηκαν επίσης το οξαλικό, μηλικό, κιτρικό, σικιμικό, φουμαρικό και ασκορβικό οξύ. Τα ίδια κύρια οργανικά οξέα αναφέρθηκαν και από τους Carochio et al. (2016), με την διαφορά ότι σε αυτήν την μελέτη εντοπίστηκε το μηλικό και κιτρικό οξύ σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις.

Οι ίδιες φθίνουσες τάσεις αναφέρθηκαν από τους Petropoulos et al. (2017, 2020) και από τους Carvalho et al. (2009) που μελέτησαν την επίδραση της αλατότητας στο σταμναγκάθι, στην *Centaurea raphanina* subsp. *mixta* και στην αντράκλα, αντίστοιχα, όπου και εκεί παρατηρήθηκε μείωση των οργανικών οξέων με την αύξηση της αλατότητας.

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα για την περιεκτικότητα σε σάκχαρα και τοκοφερόλες, φαίνεται ότι ο κύριος μη ενζυματικός μηχανισμός του βασιλικού για την αντιμετώπιση του στρες αλατότητας σχετίζεται κυρίως με τη συσσώρευση σακχάρων, τα οποία είναι οι κύριοι οσμωλύτες. Από την άλλη, οι τοκοφερόλες και τα οργανικά οξέα έχουν λιγότερο σημαντικό ρόλο.

4.2.5. Σάκχαρα

Όπως αναφέρθηκε ήδη στα αποτελέσματα, το κύριο σάκχαρο στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν η γλυκόζη, ακολουθούμενη από τη σακχαρόζη και τη φρουκτόζη. Το ίδιο προφίλ σακχάρων έχει αναφερθεί από τους Carochio et al. (2016), όπου σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη, το κύριο σάκχαρο που παρατήρησαν ήταν η φρουκτόζη. Από την άλλη, οι Fernandes et al. (2019), μελετώντας την κόκκινη ποικιλία Red Rubin, ανίχνευσαν και την τρεχαλόζη σε παρόμοιες ποσότητες με τη σακχαρόζη και τη φρουκτόζη, ενώ το κυριότερο σάκχαρο ήταν η γλυκόζη, όπως και σε αυτήν την μελέτη.

Λαμβάνοντας υπόψη όσα έχουν αναφερθεί από τους Vardharajula et al. (2011), ότι τα ελεύθερα σάκχαρα θεωρούνται οι κύριοι οσμωλύτες που χρησιμοποιούν τα φυτά για να αυξήσουν το δυναμικό του κυτταροπλάσματος ως προστατευτικό μηχανισμό έναντι του στρες αλατότητας, τα ευρήματα της μελέτης αυτής δείχνουν πιθανή υψηλότερη ανοχή στην αλατότητα για την Dark Opal σε σύγκριση με τις άλλες δύο ποικιλίες.

Το στρες αλατότητας σχετίζεται με την επαγωγή βιοσυνθετικών οδών αιθέριων ελαίων σε διάφορα αρωματικά φυτά (Petrooulos et al., 2009), με τα σάκχαρα να θεωρούνται ως οι βασικές πρόδρομες ενώσεις και ιδιαίτερα η σακχαρόζη (Becker et al., 2015). Επιπλέον, οι αβιοτικοί παράγοντες καταπόνησης, όπως η έλλειψη νερού ή η υψηλή αλατότητα, μπορεί να προκαλέσουν συσσώρευση σακχάρων για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων στον κυτταρικό μεταβολισμό (de Azevedo Neto et al., 2019b, Petrooulos et al., 2020).

4.2.6. Λιπαρά οξέα

Παρόμοιο προφίλ λιπαρών οξέων έχει αναφερθεί και από τους Fernandes et al. (2019), όχι μόνο για τις μεμονωμένες ενώσεις αλλά και για τις κατηγορίες των λιπαρών οξέων, ενώ οι Ababutain (2019) και οι Suanarunsawat et al. (2016) ταυτοποίησαν τις ίδιες ενώσεις σε εκχυλίσματα φύλλων γλυκού βασιλικού και *Ocimum sanctum*, αντίστοιχα.

Στην παρούσα μελέτη, υπήρξε διακύμανση της περιεκτικότητας σε λιπαρά οξέα μεταξύ των ποικιλιών. Αντίθετα, οι Tarchoune et al. (2013) παρατήρησαν ότι η σύνθεση των λιπαρών οξέων παρέμεινε αναλλοίωτη όταν τα φυτά υποβλήθηκαν σε μεταχείριση υψηλής αλατότητας, είτε με την εφαρμογή 25 mM Na₂SO₄ είτε με 50 mM NaCl. Επιπλέον, οι υψηλότερες ποσότητες PUFAs στον μάρτυρα της Red Basil ενδεχομένως συνδέονται με τα αποτελέσματα των τοκοφερολών (βλ. Πίνακα 2), καθώς ο ρόλος των τοκοφερολών έναντι της υπεροξειδωσής των λιπιδίων έχει επιβεβαιωθεί σε πολλαπλές μελέτες (Petrooulos et al., 2019).

Αντίθετα, οι Sgherri et al. (2011) ανέφεραν ότι οι τοκοφερόλες δεν έχουν σημαντική συμβολή στην λιπόφιλη, αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων βασιλικού. Πρότειναν ωστόσο, ότι η περιεκτικότητα σε μεμονωμένες αντιοξειδωτικές ενώσεις δεν αντικατοπτρίζει τη συνολική αντιοξειδωτική δράση. Αυτό συμβαίνει λόγω συνεργιστικών και οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων μεταξύ των διαφόρων βιοενεργών μορίων.

4.2.7. Τοκοφερόλες

Στην παρούσα μελέτη εντοπίστηκαν τα ισομερή α-, γ- και δ- τοκοφερόλη. Η α-τοκοφερόλη φάνηκε να είναι σε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ισομερή που εντοπίστηκαν. Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής έρχονται σε αντίθεση με τη μελέτη των (Fernandes et al., 2019), στην οποία όχι μόνο ανιχνεύθηκαν όλα τα ισομερή τοκοφερόλης, αλλά επίσης η γ-τοκοφερόλη ήταν η κυριότερη ένωση. Από την άλλη, οι Inoue et al. (2012), οι οποίοι διευκρίνισαν την παρουσία των ομολόγων της βιταμίνης Ε στα φαρμακευτικά φυτά, ανίχνευσαν μόνο α-, β- και γ-τοκοφερόλη. Αυτά τα αντιφατικά αποτελέσματα θα μπορούσαν να αποδοθούν στο γεγονός ότι στις προαναφερθείσες μελέτες μελετήθηκαν διαφορετικές ποικιλίες βασιλικού.

Η μείωση της περιεκτικότητας σε τοκοφερόλες με την αύξηση της αλατότητας είναι κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τη μελέτη των Tarchoune, Sgherri, et al. (2013), οι οποίοι ανέφεραν την αύξηση των τοκοφερολών στα φύλλα βασιλικού ως μέρος του μηχανισμού της μη ενζυματικής αποτοξίνωσης των φυτών. Ωστόσο, οι ίδιοι συγγραφείς ανέφεραν μια μεταβλητή απόκριση ανάλογα

με την ποικιλία (cv. "Genovese" και "Fine"), τη διάρκεια του στρες (15 ή 30 ημέρες) και τον τύπο του άλατος (NaCl ή Na₂SO₄) που θα μπορούσε να δικαιολογήσει εν μέρει τα διαφορετικά ευρήματα σε σύγκριση με τη μελέτη αυτή. Μια άλλη εξήγηση για αυτή τη διαφορά θα μπορούσε να είναι η συμβολή άλλων βιοδραστικών ενώσεων, όπως οι πολυφαινόλες και τα οργανικά οξέα, στην προστασία των φυτών από το οξειδωτικό στρες (Petrooulos et al., 2019). Ακόμη, θα μπορούσε να παίζει ρόλο το γεγονός ότι τα φυτά της παρούσας μελέτης συγκομίστηκαν κατά την έναρξη της ανθοφορίας, όπου σύμφωνα με τους Petrooulos et al. (2017) το αναπτυξιακό στάδιο μπορεί να έχει αντίκτυπο στη σύνθεση των τοκοφερολών.

4.2.8. Πολυφαινόλες

Όσον αφορά τις φαινολικές ενώσεις, παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Majdi et al. (2020) και τους (Fernandes et al., 2019), αν και το προφίλ των μεμονωμένων ενώσεων διέφερε από αυτό της παρούσας μελέτης. Μέσα από αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές, έχει γίνει κατανοητό ότι το προφίλ των φαινολικών ενώσεων των φύλλων βασιλικού ποικίλει, το οποίο υποδηλώνει ότι υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη χημική σύνθεση, συμπεριλαμβανομένων της αζωτούχου λίπανσης (Nguyen & Niemeyer, 2008), της μεθόδου εκχύλισης και του γονότυπου (Majdi et al., 2020).

Σε αντίθεση με τις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές, το ροσμαρινικό οξύ δεν ανιχνεύθηκε στη παρούσα μελέτη, ενώ η εριοδικτυόλη-Ο-μαλονυλοεξοσίδη και το κιχορικό οξύ ταυτοποιήθηκαν και από τους Fernandes et al. (2019). Το γεγονός ότι η υψηλότερη αύξηση σε μεμονωμένες και ολικές φαινολικές ενώσεις καταγράφηκε στη Basilico Rosso, θα μπορούσε να αποδοθεί στην παράλληλη αύξηση της περιεκτικότητας σε σάκχαρα, τα οποία σχετίζονται με τη βιοσύνθεση των φαινολικών ενώσεων (Shen et al., 2015).

5. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της αζωτούχου λίπανσης και της αλατότητας σε τέσσερις ποικιλίες βασιλικού. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν η απόδοση, το νωπό βάρος όλων των τμημάτων των φυτών, καθώς επίσης και η χημική σύνθεση των φύλλων βασιλικού. Από τα αποτελέσματα, σε συνδυασμό με την ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία πάνω στον βασιλικό, φαίνεται ότι η ισορροπία μεταξύ των θρεπτικών συστατικών του βασιλικού επηρεάζεται από πληθώρα πολύπλοκων σχέσεων. Συγκεκριμένα, η επίδραση των γονοτύπων σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες φαίνεται να αποδίδει διαφορετικά χαρακτηριστικά στην εκάστοτε μεταχείριση.

Όσον αφορά τον γονότυπο, ο πράσινος βασιλικός ήταν πιο παραγωγικός, όμως οι κόκκινες ποικιλίες είχαν υψηλότερη θρεπτική και βιοδραστική σύνθεση, παρουσιάζοντας υψηλότερη περιεκτικότητα σε α-, γ-, δ- και ολικές τοκοφερόλες, υψηλότερη αναλογία PUFAs και χαμηλότερη αναλογία ω-6/ω-3 PUFAs. Ακόμη, παρουσίασαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ολικά φλαβονοειδή και ολικές φαινολικές ενώσεις. Ωστόσο, η χημική σύνθεση κάθε γονότυπου βασιλικού διαμορφώθηκε από το επίπεδο του εφαρμοζόμενου N και, ενώ η συγκέντρωση των συνολικών φαινολικών ενώσεων μειώθηκε με την αύξηση του N, η περιεκτικότητα σε α-, γ-, δ- και ολικές τοκοφερόλες, αυξήθηκε στα φυτά που λιπάνθηκαν με 200 ppm N και μειώθηκε σε εκείνα που έλαβαν 600 ppm N.

Σχετικά με την επίδραση της αλατότητας, και οι τέσσερις ποικιλίες φάνηκαν να είναι μέτρια ανεκτικές, χωρίς σημαντικές επιπτώσεις στο νωπό βάρος των φύλλων, ενώ ένας ήπιος αποχρωματισμός (απώλεια του κόκκινου χρώματος) καταγράφηκε επίσης σε όλες τις ποικιλίες όταν εφαρμόστηκε το υψηλότερο επίπεδο αλατότητας. Όπως έγινε αντιληπτό, υπήρξαν ποικίλες επιδράσεις της αλατότητας στην θρεπτική αξία των φύλλων βασιλικού, με αύξηση των λιπαρών, της τέφρας και των υδατανθράκων και μείωση της πρωτεΐνης και της ενεργειακής αξίας για όλες τις ποικιλίες. Επιπλέον, τα φυτά των ποικιλιών Red Basil και Basilico Rosso που υποβλήθηκαν σε καταπόνηση αλατότητας, έτειναν να συσσωρεύουν σάκχαρα και φαινολικές ενώσεις ως τους κύριους οσμωλύτες,

ενώ οι τοκοφερόλες και τα οργανικά οξέα επηρεάστηκαν αρνητικά από την αλατότητα σε όλες τις ποικιλίες. Με βάση τα προαναφερθέντα, φαίνεται πιθανό πως η καλλιέργεια βασιλικού υπό μέτρια αλατότητα είναι μια βιώσιμη επιλογή που επιτρέπει την αξιοποίηση ελαφρώς αλατούχων εδαφών ή τη χρήση υφάλμυρου νερού. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες για τον εντοπισμό και την επιλογή εκείνων των γονότυπων που είναι κατάλληλοι για καλλιέργεια υπό τέτοιες συνθήκες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- 1) Βογιατζή-Καμβούκου, Ε. (2018). *Επιλογή Αρωματικών και Φαρμακευτικών Φυτών*. Αθήνα: Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία.
- 2) Γεώργιος Α. Καραμπουρνιώτης, Γ. Λ. (2012). *Φυσιολογία καταπονήσεων των φυτών: οι λειτουργίες των φυτών κάτω από αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.
- 3) Δόρδας, Χ. (2012). *Αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία.
- 4) Κατσιώτης, Σ., & Χατζοπούλου, Π. (2019). *Αρωματικά Φαρμακευτικά Φυτά και Αιθέρια Έλαια*. Αθήνα: Κυριακίδη.
- 5) Κουτσός, Θ. (2011). *Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά*. Αθήνα: Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- 6) Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ., & Κρίγκας, Ν. (2013). *Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών - φαρμακευτικών φυτών: Βασικές αρχές κατετοποιημένης παραγωγής*. Παράρτημα ανατολικής Μακεδονίας: Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.
- 7) Πετρόπουλος, Σ. (2016). *Αρωματικά Φυτά με Λαχανοκομική Χρήση*. Βόλος: Εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ.
- 8) Σκουμπής, Β. (1990). *Αρωματικά – Μελισσοκομικά – Φαρμακευτικά Φυτά*. Αθήνα: Αγρότυπος.
- 9) Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. (2022). *Στοιχεία Τεχνικής Καλλιέργειας Αρωματικών Φαρμακευτικών Φυτών*.
14/09/2022http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Aromatika_Fyta/arwmatika_fyta.pdf

Ξενογλώσση

- 1) Ababutain, I. M. (2019). Antimicrobial Activity and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Analysis of Saudi Arabian *Ocimum basilicum* Leaves Extracts. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13(2), 823–833. <https://doi.org/10.22207/JPAM.13.2.17>
- 2) Ahmet Adiguzel, Güllüce Medine, Şengül Meryem, Öğütçü Hatice, Şahin Fikrettin, & Karaman sa. (2005). Antimicrobial effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) extract. *Turkish Journal of Biology*, 29(3), 155–160. <https://journals.tubitak.gov.tr/biology/vol29/iss3/4>
- 3) Amarowicz, R., Cwalina-Ambroziak, B., Janiak, M. A., & Bogucka, B. (2020). Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy10081215>
- 4) Angers, P., Morales, M. R., & Simon, J. E. (1996). Fatty acid variation in seed oil among *Ocimum* species. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 393–395. <https://doi.org/10.1007/BF02523437>
- 5) Becker, C., Urlič, B., Špika, M. J., Kläring, H. P., Krumbein, A., Baldermann, S., Ban, S. G., Perica, S., & Schwarz, D. (2015). Nitrogen limited red and green leaf lettuce accumulate flavonoid glycosides, caffeic acid derivatives, and sucrose while losing chlorophylls, b-carotene and xanthophylls. *PLoS ONE*, 10(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142867>
- 6) Bennett, W. F., Pesek, J., & Hanway, J. J. (1964). Effect of Nitrate and Ammonium on Growth of Corn in Nutrient Solution Sand Culture. *Agronomy Journal*, 56(3), 342–345. <https://doi.org/10.2134/agronj1964.00021962005600030027x>
- 7) Bilal Alia, Jahan Nasreen, Ahmed Ajij, & Bilal Saima Naaz. (2012). Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum*. *International Journal of Current Research and Review*, 4(23), 73–83. <https://www.researchgate.net/publication/289212762>
- 8) Bione, M. A. A., Paz, V. P. da S., da Silva, F., Ribas, R. F., & Soares, T. M. (2014). Growth and production of basil in NFT hydroponic system under salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1228–1234. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1228-1234>

- 9) Bock, B. R., & Hergert, G. W. (1991). Fertilizer Nitrogen Management. In *Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability* (Vol. 7, pp. 139–164). <https://doi.org/10.2136/1991.managingnitrogen.c7>
- 10) Bonnardeaux, J. (1992). The effect of different harvesting methods on the yield and quality of basil oil in the Ord river irrigation area. *Journal of Essential Oil Research*, 4(1), 65–69. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698012>
- 11) Carocho, M., Barros, L., Barreira, J. C. M., Calhelha, R. C., Soković, M., Fernández-Ruiz, V., Buelga, C. S., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Basil as functional and preserving ingredient in “serra da Estrela” cheese. *Food Chemistry*, 207, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.085>
- 12) Carvalho, I. S., Teixeira, M., & Brodelius, M. (2009). *Effect of salt stress on purslane and potential health benefits: Oxalic acid and fatty acids profile*. UC Davis: Department of Plant Sciences. <https://escholarship.org/uc/item/4cc78714>
- 13) Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103(4), 551–560. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>
- 14) Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L., Carvalho, I., Faria, T., & Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, 89, 907–916. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf105>
- 15) Childs, S. W., & Hanks, R. J. (1975). Model of soil salinity effects on crop growth. *Soil Science Society of America Journal*, 39(4), 617–622. <https://doi.org/10.2136/sssaj1975.03615995003900040016x>
- 16) Cordoba, M. (2005). Proximate analysis among 24 *Ocimum* cultivars under two cultivation environments: A comparative study. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3–4), 2842–2848. <https://www.researchgate.net/publication/268802871>
- 17) Cury-Boaventura, M. F., & Curi, R. (2005). Regulation of reactive oxygen species (ROS) production by C 18 fatty acids in Jurkat and Raji cells. *Clinical Science*, 108(3), 245–253. <https://doi.org/10.1042/CS20040281>
- 18) Danso-Boateng, E. (2013). Effect of drying methods on nutrient quality of Basil (*Ocimum viride*) leaves cultivated in Ghana. *International Food Research Journal*, 20(4), 1569–1573.

[http://ifrj.upm.edu.my/20%20\(04\)%202013/8%20IFRJ%2020%20\(04\)%202013%20Eric%20\(450\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/20%20(04)%202013/8%20IFRJ%2020%20(04)%202013%20Eric%20(450).pdf)

- 19) Darrah Helen H. (1974). Investigation of the cultivars of the Basils (*Ocimum*). *Economic Botany*, 28(1), 63–67. <https://www.jstor.org/stable/4253469>
- 20) de Azevedo Neto, A. D., Menezes, R. V., Gheyi, H. R., Silva, P. C. C., Cova, A. M. W., Ribas, R. F., & Ribeiro, M. de O. (2019). Salt-induced changes in solutes, pigments and essential oil of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes under hydroponic cultivation. *Australian Journal of Crop Science*, 13(11), 1856–1864. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.11.p2015>
- 21) Deng, C., Liu, N., Gao, M., & Zhang, X. (2007). Recent developments in sample preparation techniques for chromatography analysis of traditional Chinese medicines. *Journal of Chromatography A*, 1153(1–2), 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.01.081>
- 22) Department of agriculture forestry and fisheries. (2012). *Basil production*. <https://www.readkong.com/page/basil-production-agriculture-forestry-fisheries-7124163>
- 23) di Gioia, F., Gonnella, M., Buono, V., Ayala, O., Cacchiarelli, J., & Santamaria, P. (2017). Calcium cyanamide effects on nitrogen use efficiency, yield, nitrates, and dry matter content of lettuce. *Agronomy Journal*, 109(1), 354–362. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0366>
- 24) di Gioia, F., Gonnella, M., Buono, V., Ayala, O., & Santamaria, P. (2017). Agronomic, physiological and quality response of romaine and red oak-leaf lettuce to nitrogen input. *Italian Journal of Agronomy*, 12(1), 47–58. <https://doi.org/10.4081/ija.2017.806>
- 25) Elhindi, K. M., Al-Amri, S. M., Abdel-Salam, E. M., & Al-Suhaibani, N. A. (2017). Effectiveness of salicylic acid in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 40(6), 908–919. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1270311>
- 26) Evans J. R. (1983). Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 72(2), 297–302. <https://doi.org/10.1104/pp.72.2.297>

- 27) Evans, J. R. (1989). The allocation of protein nitrogen in the photosynthetic apparatus: Costs, consequences, and control. *Plant Biology*, 8, 183–205. <https://www.researchgate.net/publication/285010849>
- 28) Eveland, A. L., & Jackson, D. P. (2012). Sugars, signalling, and plant development. *Journal of Experimental Botany*, 63(9), 3367–3377. <https://doi.org/10.1093/jxb/err379>
- 29) Evelin, H., Kapoor, R., & Giri, B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: A review. *Annals of Botany*, 104(7), 1263–1280. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp251>
- 30) Fernandes, F., Pereira, E., Círić, A., Soković, M., Calhella, R. C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). *Ocimum basilicum* var. *Purpurascens* leaves (red rubin basil): A source of bioactive compounds and natural pigments for the food industry. *Food and Function*, 10(6), 3161–3171. <https://doi.org/10.1039/c9fo00578a>
- 31) Frías-Moreno, M. N., Espino-Díaz, M., Dávila-Aviña, J., Gonzalez-Aguilar, G. A., Ayala-Zavala, J. F., Molina-Corral, F. J., Parra-Quezada, R. A., & Orozco, G. I. O. (2020). Preharvest nitrogen application affects quality and antioxidant status of two tomato cultivars. *Bragantia*, 79(1), 134–144. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190247>
- 32) Gastal, F., Belanger, G., & Lemaire, G. (1992). A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*, 70(5), 437–442. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088500>
- 33) Gentry, L. E., & Below, F. E. (1993). Maize productivity as influenced by form and availability of nitrogen. *Crop Science*, 33(3), 491–497. <https://doi.org/10.2135/cropsci1993.0011183X003300030015x>
- 34) Gharaei, A., Amiri, M., Karami, R., Rostami, M., Keikha, M., Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., & Ghanbari, A. (2011). Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences*, 9(1), 43–50. https://www.researchgate.net/publication/215581915_Salinity_effects_on_seed_germination_and_seedling_growth_of_bread_wheat_cultivars
- 35) Ghoora, M. D., Babu, D. R., & Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495>

- 36) Goyal, S. S., & Huffaker, R. C. (1984). Nitrogen Toxicity in Plants. In *Nitrogen in Crop Production* (Vol. 6, pp. 97–118). <https://doi.org/10.2134/1990.nitrogenincropproduction.c6>
- 37) Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1999). Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In M. Pessaraki (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress* (pp. 203–229). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780824746728.ch9>
- 38) Grayer, R. J., Kite, G. C., Goldstone, F. J., Bryan, S. E., Patont, A., & Putievsky, E. (1996). Intraspecific taxonomy and essential oil chemotypes in sweet basil, *Ocimum basilicum*. *Phytochemistry*, 43(5), 1033–1039. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00429-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00429-3)
- 39) Greenwood, D. J., Gastalt, F., Lemaire, G., Draycott, A., Millardj, P., & Neeteson, J. J. (1991). Growth rate and % N of field grown crops: Theory and experiments. *Annals of Botany*, 67(2), 181–190. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088118>
- 40) Grindlay, D. J. C. (1997). Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. *Journal of Agricultural Science*, 128(4), 377–396. <https://doi.org/10.1017/S0021859697004310>
- 41) Guillén-Román, C. J., Guevara-González, R. G., Rocha-Guzmán, N. E., Mercado-Luna, A., & Pérez-Pérez, M. C. I. (2018). Effect of nitrogen privation on the phenolics contents, antioxidant and antibacterial activities in *Moringa oleifera* leaves. *Industrial Crops and Products*, 114, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.048>
- 42) Gupta, B., & Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/701596>
- 43) Hageman, R. H. (1984). Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In *Nitrogen in Crop Production* (Vol. 4, pp. 67–85). <https://doi.org/10.2134/1990.nitrogenincropproduction.c4>
- 44) Hanif, M. A., Al-Maskari, Y., Al-Maskari, A., Al-Shukaili, A., Al-Maskari, A. Y., & Al-Sabahi, J. N. (2011). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of unexplored Omani basil. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(5), 751–757. <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text-pdf/F90BF0118882.pdf>

- 45) Harley, M. M., Paton, A., Harley, R. M., & Cade, P. G. (1992). Pollen morphological studies in tribe ocimeae (Nepetoideae: Labiatae): I. *Ocimum* L. *Grana*, 31(3), 161–176. <https://doi.org/10.1080/00173139209432027>
- 46) Harper, J. E. (1994). Nitrogen Metabolism. In *Physiology and Determination of Crop Yield*. <https://doi.org/10.2134/1994.physiologyanddetermination.c19>
- 47) Hiltunen, R., & Holm, Y. (1999). *Basil: The genus Ocimum*. <https://doi.org/doi.org/10.1201/9780203303771>
- 48) Hornok L. (1983). Influence of nutrition on the yield and content of active compounds in some essential oil plants. *Acta Horticulturae*, 132, 239–248. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1983.132.26>
- 49) Inoue, T., Tatemori, S., Muranaka, N., Hirahara, Y., Homma, S., Nakane, T., Takano, A., Nomi, Y., & Otsuka, Y. (2012). The identification of vitamin e homologues in medicinal plant samples using ESI(+)-LC-MS3. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38), 9581–9588. <https://doi.org/10.1021/jf302425z>
- 50) Jackson, D. C. (1972). Research note nitrate toxicity in strawberries. *Agrochimophysics*, 4, 45–46. https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/AJA03027112_213
- 51) Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H. P., & Vivanco, J. M. (2002). Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5878–5883. <https://doi.org/10.1021/jf020487q>
- 52) Kaur, G., Singla, N., & Singh, A. (2019). Effect of vacuum drying on nutrient retention of some commonly consumed herbs. *Studies on Ethno-Medicine*, 13(2), 1–9. <https://doi.org/10.31901/24566772.2019/13.02.574>
- 53) Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D. (2011). Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 128(4), 1044–1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011>
- 54) Lawlor, D. W. (1995). Photosynthesis, productivity and environment. *Journal of Experimental Botany*, 46, 1449–1461. https://doi.org/10.1093/jxb/46.special_issue.1449
- 55) Lawlor, D. W., Boyle, F. A., Keys, A. J., Kendall, A. C., Young, A. T., & Lawlor, A. (1988). Nitrate nutrition and temperature effects on wheat: a synthesis of

- plant growth and nitrogen uptake in relation to metabolic and physiological processes. *Journal of Experimental Botany*, 39(3), 329–343. <https://doi.org/10.1093/jxb/39.3.329>
- 56) Lawlor, D. W., Kontturi, M., & Young, A. T. (1989). Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. *Journal of Experimental Botany*, 40(1), 43–52. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.1.43>
- 57) Lawlor, D. W., LEMAIRE, G., & Gastal, ois Z. (2001). Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. In *Plant canopies: Their Growth, Form and Function* (Vol. 5, pp. 83–104). <https://typeset.io/pdf/modelling-the-effects-of-nitrogen-on-canopy-development-and-sjnyxr69hk.pdf>
- 58) Lee, J., & Scagel, C. F. (2009). Chicoric acid found in basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 115(2), 650–656. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.075>
- 59) Lemaire, G., Khaity, M., Onillon, B., MICHEL ALLIRANDf, J., CHARTIERf, M., & GOSSEf, G. (1992). Dynamics of accumulation and partitioning of N in leaves, stems and roots of Lucerne (*Medicago sativa* L.) in a dense canopy. *Annals of Botany*, 70(5), 429–435. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088499>
- 60) Ló Pez-Bucio, J., Nieto-Jacobo, F., Ramírez-Rodríguez, V., & Herrera-Estrella, L. (2000). Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science*, 160(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00347-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00347-2)
- 61) Macdonald, I. A. (2020). Free sugars. *Proceedings of the Nutrition Society*, 79(1), 56–60. <https://doi.org/10.1017/S0029665119001046>
- 62) Magalhaes, J. R., & Huber, D. M. (1989). Maize growth and ammonium assimilation enzyme activity in response to nitrogen forms and pH control. *Journal of Plant Nutrition*, 12(8), 985–996. <https://doi.org/10.1080/01904168909364008>
- 63) Maia, S. S. S., da Silva, R. C. P., de Oliveira, F. de A., da Silva, O. M. dos P., da Silva, A. C., & Candido, W. dos S. (2017). Responses of basil cultivars to irrigation water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(1), 44–49. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n1p44-49>
- 64) Majdi, C., Pereira, C., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Frih, B., Charrouf, Z., Barros, L., Amaral, J. S., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Phytochemical

- characterization and bioactive properties of cinnamon basil (*Ocimum basilicum* cv. 'cinnamon') and lemon basil (*ocimum x citriodorum*). *Antioxidants*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/antiox9050369>
- 65) McLellan, M. R., Lind, L. R., & Kime, R. W. (1995). Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant Hunter L, a, b data. *Journal of Food Quality*, 18(3), 235–240. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1995.tb00377.x>
- 66) Mittal, S., Kumari, N., & Sharma, V. (2012). Differential response of salt stress on *Brassica juncea*: Photosynthetic performance, pigment, proline, D1 and antioxidant enzymes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 54, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.02.003>
- 67) Mlitan, A., Sasi, M., & Alkherraz, A. (2014). Proximate and Minor Mineral Content in Some Selected Basil Leaves of *Ocimum gratissimum* L, in Libya. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 5(6), 502–505. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2014.v5.436>
- 68) Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2002). The Function of Tocopherols and Tocotrienols in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(1), 31–57. <https://doi.org/10.1080/0735-260291044179>
- 69) Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2), 239–250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>
- 70) Nahak, G., Mishra, R. C., & Sahu, R. K. (2011). Taxonomic Distribution, Medicinal Properties and Drug Development Potentiality of *Ocimum* (Tulsi). *Drug Invention Today*, 3(6), 95–113. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5f18254a8f47af39bef7cfa3a1be320aa3598993>
- 71) Naiji, M., & Souri, M. K. (2018). Nutritional value and mineral concentrations of sweet basil under organic compared to chemical fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 17(2), 167–175. <https://doi.org/10.24326/as-phc.2018.2.14>
- 72) Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Salt tolerance and physiological response of plants to salinity: A review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(10), 44–67. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=613ed53671ad8d0a9e839fcc2340b944faf426ed>

- 73) Nguyen, P. M., & Niemeyer, E. D. (2008). Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(18), 8685–8691. <https://doi.org/10.1021/jf801485u>
- 74) Nurzyńska-Wierdak, R. (2011). Yield and chemical composition of basil herb depending on cultivar and foliar feeding with nitrogen. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 10(1), 217–232. <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/3193>
- 75) Nurzyńska-Wierdak, R., Rożek, E., Dzida, K., Borowski, B., Nurzyńska-Wierdak, R., Rożek, E., Dzida, K., & Borowski, B. (2012). Growth response to nitrogen and potassium fertilization of common basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 11(2), 275–288. <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/3069>
- 76) Omoto, E., Taniguchi, M., & Miyake, H. (2010). Effects of salinity stress on the structure of bundle sheath and mesophyll chloroplasts in NAD-malic enzyme and PCK type C4 plants. *Plant Production Science*, 13(2), 169–176. <https://doi.org/10.1626/pp.s.13.169>
- 77) Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324–349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- 78) Paton, A. (1992). A synopsis of *Ocimum* L. (Labiatae) in Africa. *Royal Botanic Gardens*, 47(3), 403–435. <https://doi.org/10.2307/4110571>
- 79) Pereira, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). A comparison of the nutritional contribution of thirty-nine aromatic plants used as condiments and/or herbal infusions. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(2), 176–183. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0476-7>
- 80) Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., & Passam, H. C. (2009). The effect of salinity on the growth, yield and essential oils of turnip-rooted and leaf parsley cultivated within the Mediterranean region. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(9), 1534–1542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3620>
- 81) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Calhelha, R. C., di Gioia, F., Kolovou, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Chemical composition and bioactive properties of *Cichorium spinosum* L. in relation to nitrate/ammonium nitrogen

ratio. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(15), 6741–6750. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9956>

- 82) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Dias, M. I., Pereira, C., Calhelh, R. C., Ivanov, M., Sokovi, M. D., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2020). The effect of nitrogen fertigation and harvesting time on plant growth and chemical composition of *centaurea raphanina* subsp. *mixta* (DC.) Runemark. *Molecules*, 25(14). <https://doi.org/10.3390/molecules25143175>
- 83) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Dias, M. I., Pereira, C., Calhelha, R. C., Chrysargyris, A., Tzortzakis, N., Ivanov, M., Sokovic, M. D., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Chemical composition and plant growth of *Centaurea raphanina* subsp. *mixta* plants cultivated under saline conditions. *Molecules*, 25(9). <https://doi.org/10.3390/molecules25092204>
- 84) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Dias, M. I., Pereira, C., Calhelha, R., di Gioia, F., Tzortzakis, N., Ivanov, M., Sokovic, M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Wild and cultivated *centaurea raphanina* subsp. *Mixta*: A valuable source of bioactive compounds. *Antioxidants*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/antiox9040314>
- 85) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Dias, M. I., Vasilakoglou, I. B., Petrotos, K., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Nutritional value, chemical composition and cytotoxic properties of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) in relation to harvesting stage and plant part. *Antioxidants*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/antiox8080293>
- 86) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Polyzos, N., Antoniadis, V., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). The impact of fertilization regime on the crop performance and chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivated in central Greece. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040474>
- 87) Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Tzortzakis, N., Sokovic, M., Ciric, A., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Bioactive compounds content and antimicrobial activities of wild edible Asteraceae species of the Mediterranean flora under commercial cultivation conditions. *Food Research International*, 119, 859–868. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.069>
- 88) Petropoulos, S. A., Levizou, E., Ntatsi, G., Fernandes, Â., Petrotos, K., Akoumi-anakis, K., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Salinity effect on nutritional

value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. *Food Chemistry*, 214, 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.080>

- 89) Petropoulos, S., Fernandes, Â., Karkanis, A., Ntatsi, G., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Successive harvesting affects yield, chemical composition and antioxidant activity of *Cichorium spinosum* L. *Food Chemistry*, 237, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.092>
- 90) Phippen, W. B., & Simon, J. E. (1998). Anthocyanins in Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(5), 1734–1738. <https://doi.org/10.1021/jf970887r>
- 91) Pricina, L., & Karklina, D. (2015). Composition of major organic acids in vegetables and spices. *CBU International Conference Proceedings*, 3, 447–454. <https://doi.org/10.12955/cbup.v3.637>
- 92) Prinsi, B., Negrini, N., Morgutti, S., & Espen, L. (2020). Nitrogen starvation and nitrate or ammonium availability differently affect phenolic composition in green and purple basil. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040498>
- 93) Pushpangadan, P., & George, V. (2012). Basil. In *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition* (Vol. 1, pp. 55–72). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9780857095671.55>
- 94) Putievsky, E., & Galambosi, B. (1999). Production Systems Of Sweet Basil. In *Basil: The Genus Ocimum* (Vol. 2, pp. 39–65). <https://doi.org/10.1201/9780203303771>
- 95) Ribas, J. C. R., Matumoto-Pintro, P. T., Vital, A. C. P., Saraiva, B. R., Anjo, F. A., Alves, R. L. B., Santos, N. W., Machado, E., Agostinho, B. C., & Zeoula, L. M. (2019). Influence of basil (*Ocimum basilicum* Lamiaceae) addition on functional, technological and sensorial characteristics of fresh cheeses made with organic buffalo milk. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5214–5224. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03990-5>
- 96) Rubio-Wilhelmi, M. del M., Sanchez-Rodriguez, E., Leyva, R., Blasco, B., Romero, L., Blumwald, E., & Ruiz, J. M. (2012). Response of carbon and nitrogen-rich metabolites to nitrogen deficiency in PSARK::IPT tobacco plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 57, 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.06.004>

- 97) Saini, R. K., & Keum, Y. S. (2018). Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance — A review. *Life Sciences*, 203, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.049>
- 98) Scagel, C. F., Lee, J., & Mitchell, J. N. (2019). Salinity from NaCl changes the nutrient and polyphenolic composition of basil leaves. *Industrial Crops and Products*, 127, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.048>
- 99) Sgherri, C., Cecconami, S., Pinzino, C., Navari-Izzo, F., & Izzo, R. (2010). Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil. *Food Chemistry*, 123(2), 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.058>
- 100) Sgherri, C., Pinzino, C., Navari-Izzo, F., & Izzo, R. (2011). Contribution of major lipophilic antioxidants to the antioxidant activity of basil extracts: An EPR study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6), 1128–1134. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4296>
- 101) Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 345–381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317>
- 102) Sharma, D. K. (2014). Sustainable technologies for crop production under salt-affected soil in India. In *Proceedings of 3rd International Salinity Forum, Session 2*. (pp. 120–131).
- 103) Sharma, D. K., & Chaudhari, S. K. (2012). Agronomic research in salt affected soils of India: An overview. *Indian Journal of Agronomy*, 57(3), 175–185. <https://www.researchgate.net/publication/305492868>
- 104) Shen, Y., Prinyawiwatkul, W., Lotrakul, P., & Xu, Z. (2015). Comparison of phenolic profiles and antioxidant potentials of the leaves and seeds of Thai holy and sweet basil. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(7), 1651–1657. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12817>
- 105) Sifola, M. I., & Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 408–413. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.002>
- 106) Simon, J. E., Morales, M. R., Phippen, W. B., Vieira, R. F., & Hao, Z. (1999). Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb. In *Perspectives on New Crops and New Uses* (pp. 499–505).

- 107) Sinclair, T. R., & Hone, T. (1989). Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science*, 29(1), 90–98. <https://doi.org/10.2135/cropsci1989.0011183X002900010023x>
- 108) Siti Mahirah, Y., Rabeta, M. S., & Antora, R. A. (2018). Effects of different drying methods on the proximate composition and antioxidant activities of *Ocimum basilicum* leaves. *Food Research*, 2(5), 421–428. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.2\(5\).083](https://doi.org/10.26656/fr.2017.2(5).083)
- 109) Srivastava, P., Wu, Q.-S., & Giri, B. (2019). Salinity: An overview. In *Microorganisms in saline environments: Strategies and functions* (pp. 3–18). https://doi.org/10.1007/978-3-030-18975-4_1
- 110) Suanarunsawat, T., Anantasomboon, G., & Piewbang, C. (2016). Anti-diabetic and anti-oxidative activity of fixed oil extracted from *Ocimum sanctum* L. leaves in diabetic rats. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 11(3), 832–840. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.2991>
- 111) Tarchoune, I., Baâtour, O., Harrathi, J., Hamdaoui, G., Lachaâl, M., Ouerghi, Z., & Marzouk, B. (2013). Effects of two sodium salts on fatty acid and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(8), 2365–2372. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1271-4>
- 112) Tarchoune, I., Sgherri, C., Baâtour, O., Izzo, R., Lachaâl, M., Navari-Izzo, F., & Ouerghi, Z. (2013). Effects of oxidative stress caused by NaCl or Na₂SO₄ excess on lipoic acid and tocopherols in Genovese and Fine basil (*Ocimum basilicum*). *Annals of Applied Biology*, 163(1), 23–32. <https://doi.org/10.1111/aab.12036>
- 113) Tattini, M., Landi, M., Brunetti, C., Giordano, C., Remorini, D., Gould, K. S., & Guidi, L. (2014). Epidermal coumaroyl anthocyanins protect sweet basil against excess light stress: Multiple consequences of light attenuation. *Physiologia Plantarum*, 152(3), 585–598. <https://doi.org/10.1111/ppl.12201>
- 114) Tolley-Henry, L., & Raper, C. D. (1986). Utilization of ammonium as a nitrogen source: Effects of ambient on growth and nitrogen accumulation by soybean. *Plant Physiology*, 82(1), 54–60. <https://doi.org/10.1104/pp.82.1.54>
- 115) Tumlinson, J. H., & Engelberth, J. (2008). *Fatty acid-derived signals that induce or regulate plant defenses against herbivory*. 389–407. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8182-8_19

- 116) Upchurch, R. G. (2008). Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in the response of plants to stress. *Biotechnology Letters*, 30(6), 967–977. <https://doi.org/10.1007/s10529-008-9639-z>
- 117) van Keulen H, Goudriaan J, & Seligman NG. (1989). Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. *Cambridge University Press*, 5, 88–104. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511752308>
- 118) Vardharajula, S., Ali, S. Z., Grover, M., Reddy, G., & Bandi, V. (2011). Drought-tolerant plant growth promoting bacillus spp.: Effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. *Journal of Plant Interactions*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/17429145.2010.535178>
- 119) Vessey, J. K., Henry, L. T., Chaillou, S., & Raper, C. D. (1990). Root-zone acidity affects relative uptake of nitrate and ammonium from mixed nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, 13(1), 95–116. <https://doi.org/10.1080/01904169009364061>
- 120) Viswanathan Chinnusamy, Jianhua Zhu, & Jian-Kang Zhu. (2006a). Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum*, 126, 52–61. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00596.x>
- 121) Viswanathan Chinnusamy, Jianhua Zhu, & Jian-Kang Zhu. (2006b). Salt stress signaling and mechanisms of plant salt tolerance. *Genetic Engineering*, 27, 141–177. https://doi.org/10.1007/0-387-25856-6_9
- 122) Walters, K. J., & Currey, C. J. (2015). Hydroponic greenhouse basil production: Comparing systems and cultivars. *HortTechnology*, 25(5), 645–650. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.5.645>
- 123) Wang, H., Zhang, M., Guo, R., Shi, D., Liu, B., Lin, X., & Yang, C. (2012). Effects of salt stress on ion balance and nitrogen metabolism of old and young leaves in rice (*Oryza sativa* L.). *BMC Plant Biology*, 12. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-194>
- 124) Werker E., Ravid U., & Dudai N. (1993). Glandular hairs and essential oil in developing leaves of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). *Annals of Botany*, 43–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.5.645>
- 125) Zhang, J., Jia, W., Yang, J., & Ismail, A. M. (2006). Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses. *Field Crops Research*, 97(1 SPEC. ISS.), 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.018>

126) Zhu, J.-K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53, 247–273. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329>