



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΡΥΖΙΟΥ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ

ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟ

Τριμελής Επιτροπή: Γκουγκουλιάς Νικόλαος (Επιβλέπων)

Αλαμανής Νικόλαος

Λιάκος Βσίλειος

ΛΑΡΙΣΑ, 2024



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ - ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΡΥΖΙΟΥ ΚΑΙ Η
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ**

ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟ

ΛΑΡΙΣΑ, 2024

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι ο συγγραφέας της παρούσας ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ με τίτλο: ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΡΥΖΙΟΥ ΚΑΙ Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ που συντάχθηκε στα πλαίσια των υποχρεώσεων μου ως φοιτητής του Τμήματος Γεωπονίας-Αγροτεχνολογίας του ΠΘ.

Η αναφερόμενη Διπλωματική Εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή από ηλεκτρονικές πηγές, έντυπες πηγές, μετάφραση από ξενόγλωσσες πηγές, αναπαραγωγή από άλλους ερευνητές/τριες ή φοιτητές/τριες, ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στο κείμενο και στην βιβλιογραφία, κάθε εξωτερική βοήθεια αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά ακολουθώντας τα προβλεπόμενα περί αποφυγής της λογοκλοπής.

ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Αρχικά, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Νικόλαο Γκουγκουλιά για την καθοδήγηση, την υποστήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Η εμπειρία και η γνώση του με βοήθησαν να αναπτύξω τις ιδέες μου και να προχωρήσω με αυτοπεποίθηση.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υπομονή και την ενθάρρυνσή τους κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων. Η στήριξή τους ήταν ανεκτίμητη και με βοήθησε να ξεπεράσω τις προκλήσεις που συνάντησα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η καλλιέργεια του ρυζιού αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές γεωργικές δραστηριότητες παγκοσμίως, καθώς το ρύζι είναι βασική τροφή για δισεκατομμύρια ανθρώπους. Η επιτυχία της καλλιέργειας αυτής, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εδαφικές συνθήκες και τις κλιματικές παραμέτρους που επικρατούν στην περιοχή καλλιέργειας.

Οι απαιτούμενες εδαφικές καλλιέργειες του ρυζιού περιλαμβάνουν την επιλογή κατάλληλων εδαφών, τα οποία πρέπει να είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, καλά στραγγιζόμενα και ικανά να συγκρατούν την υγρασία. Η σωστή διαχείριση του εδάφους, η εφαρμογή οργανικών και ανόργανων λιπασμάτων, καθώς και η ρύθμιση του pH είναι κρίσιμες παράμετροι για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων.

Η διαδικασία καλλιέργειας του ρυζιού περιλαμβάνει διάφορα στάδια, από την προετοιμασία του εδάφους και τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και την επεξεργασία του προϊόντος. Κάθε στάδιο απαιτεί προσεκτική παρακολούθηση και εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών, προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα και η ποσότητα της παραγωγής.

Στην παρούσα εργασία, θα εξετάσουμε λεπτομερώς τις απαιτήσεις εδάφους για την καλλιέργεια του ρυζιού, τις μεθόδους καλλιέργειας, καθώς και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι παραγωγοί στον τομέα αυτό. Μέσω αυτής της ανάλυσης, επιδιώκουμε να αναδείξουμε τη σημασία της σωστής διαχείρισης των εδαφικών πόρων για την αειφόρο ανάπτυξη της ρυζοκαλλιέργειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η καλλιέργεια του ρυζιού απαιτεί ιδανικές εδαφικές και κλιματικές συνθήκες για τη βέλτιστη ανάπτυξη. Το έδαφος πρέπει να είναι πλούσιο σε οργανική ύλη και να έχει καλή αποστράγγιση, με ιδανικό pH 5,5 έως 7. Το ρύζι ευδοκimeί σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές με θερμοκρασίες μεταξύ 20°C και 35°C, και απαιτεί επαρκή υγρασία, με ετήσιες βροχοπτώσεις άνω των 1.000 mm και καλής ηλιοφάνειας. Η σωστή άρδευση, κυρίως μέσω πλημμυριστικής, είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και την απόδοση του ρυζιού. Οι αγρότες πρέπει να προσαρμόζουν την ποσότητα άρδευσης με βάση τις κλιματικές συνθήκες και τη φάση ανάπτυξης. Τα βασικά θρεπτικά στοιχεία, όπως το άζωτο, ο φώσφορος και το κάλιο, είναι κρίσιμα για την ανάπτυξη του ρυζιού, ενώ μικροθρεπτικά στοιχεία όπως ο σίδηρος και ο ψευδάργυρος συμβάλλουν στη συνολική υγεία των φυτών. Η σωστή διαχείριση αυτών των παραμέτρων είναι ουσιώδης για την επιτυχία της καλλιέργειας ρυζιού και τη βιώσιμη γεωργία.

Η καλλιέργεια ρυζιού είναι ζωτικής σημασίας για τη διατροφή του παγκόσμιου πληθυσμού και απαιτεί την εφαρμογή κατάλληλων ιχνοστοιχείων, όπως σίδηρος, ψευδάργυρος, χαλκός και μαγγάνιο, για υψηλή παραγωγή και ποιότητα σπόρων. Αυτά τα ιχνοστοιχεία ενισχύουν την ανθεκτικότητα του ρυζιού σε ασθένειες και κλιματικές πιέσεις. Η ανάλυση του εδάφους και η σωστή χρήση λιπασμάτων, σε συνδυασμό με κατάλληλες καλλιεργητικές πρακτικές, βελτιώνουν την απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας. Το pH του εδάφους πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 7,0 για καλύτερη θρεπτική διαθεσιμότητα, ενώ η σωστή διαχείριση της υγρασίας είναι επίσης κρίσιμη.

Η καλλιέργεια ρυζιού αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως οι κλιματικές αλλαγές, καθιστώντας αναγκαία την ανάπτυξη βιώσιμων γεωργικών πρακτικών για τη διασφάλιση της παραγωγής και ποιότητας στο μέλλον.

Abstract

Rice cultivation requires ideal soil and climatic conditions for optimal growth. The soil must be rich in organic matter and have good drainage, with an ideal pH of 5.5 to 7. Rice thrives in tropical and subtropical areas with temperatures between 20°C and 35°C, and it requires sufficient moisture, with annual rainfall exceeding 1,000 mm and plenty of sunlight. Proper irrigation, primarily through flooding, is vital for the growth and yield of rice. Farmers need to adjust the amount of irrigation based on climatic conditions and the growth stage. Key nutrients like nitrogen, phosphorus, and potassium are critical for rice development, while micronutrients such as iron and zinc contribute to the overall health of the plants. Proper management of these parameters is essential for the success of rice cultivation and sustainable agriculture.

Rice cultivation is vital for feeding the global population and requires the application of appropriate micronutrients, such as iron, zinc, copper, and manganese, for high yield and seed quality. These micronutrients enhance the resilience of rice to diseases and climatic stresses. Soil analysis and proper use of fertilizers, combined with suitable farming practices, improve the yield and quality of the crop. The soil pH should range between 5.5 and 7.0 for better nutrient availability, while proper moisture management is also critical.

Rice cultivation faces challenges such as climate change, making it necessary to develop sustainable agricultural practices to ensure future production and quality.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Ευχαριστίες	4
Πρόλογος	5
Περίληψη	6
Abstract	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΔΑΦΟΣ

1.1	Φυσικές ιδιότητες εδάφους	10
1.2	Χημικές ιδιότητες του εδάφους	12
1.3	Βιολογικές ιδιότητες του εδάφους	15
1.4	Μικροοργανισμοί του εδάφους	16
1.5	Οργανική ουσία του εδάφους	20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΡΥΖΙ

2.1	Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	21
2.2	Βιολογικά χαρακτηριστικά	25
2.3	Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	26
2.4	Ποικιλίες	27
2.5	Βοτανικά χαρακτηριστικά	32
2.6	Πολλαπλασιασμός	33
2.7	Εχθροί και ασθένειες	34
2.7.1	Εχθροί	34
2.7.2	Ασθένειες	37
2.8	Τροφοπενίες	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1	Κλιματικές απαιτήσεις	45
3.2	Εδαφικές απαιτήσεις	46
3.3	Καλλιεργητική τεχνική	47
3.3.1	3.3.1 Αμειψισπορά	47
3.3.2	3.3.2 Προετοιμασία Εδάφους	47

3.3.3	Λίπανση	50
3.3.4	Σπορά	54
3.3.5	Έλεγχος Ζιζανίων	57
3.3.6	Άρδευση	63
3.3.7	Συγκομιδή - Ωρίμανση	64
3.3.8	Ξήρανση – Αποθήκευση	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1	Συζήτηση	69
4.2	Συμπεράσματα	82
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΟ ΕΛΑΦΟΣ

1.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι ένα δυναμικό φυσικό σώμα που αναπτύσσεται ως αποτέλεσμα των πεδογενικών διεργασιών μέσω της επεξεργασίας των βράχων. Αποτελείται από μεταλλικά και οργανικά συστατικά, έχει συγκεκριμένες χημικές, φυσικές, ορυκτολογικές και βιολογικές ιδιότητες, διαθέτει μεταβλητό βάθος πάνω στην επιφάνεια της γης και αποτελεί μέσο για την ανάπτυξη των φυτών. Το έδαφος υποστηρίζει την ξηρά ζωή μέσω πέντε διεργασιών: (Mandal, 2016).

- Παραγωγικότητα βιομάζας.
- Αποκατάσταση και ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων.
- Καθαρισμό του νερού.
- Αποτοξίνωση ρύπων
- Κύκλο του C, N, P, S και H₂O (Mandal, 2016)

Οι φυσικές ιδιότητες ενός εδάφους είναι σημαντικές καθώς καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για γεωργικούς είτε για μη γεωργικούς σκοπούς. Ιδιότητες όπως ο ρυθμός διείσδυσης, η ικανότητα συγκράτησης του νερού, η διαπερατότητα, ο αερισμός, η πλαστικότητα και η ικανότητα προμήθειας θρεπτικών στοιχείων επηρεάζονται από το μέγεθος, την αναλογία, τη διάταξη και την ορυκτή σύσταση των σωματιδίων του εδάφους (Mandal, 2016).

Σχήμα και μέγεθος των σωματιδίων: Τα σωματίδια του εδάφους διαφέρουν σε σχήμα, από σφαιρικό έως γωνιώδες. Διαφέρουν επίσης σε μέγεθος, από αργιλώδες (>2mm) και άμμο (2-0.02mm) έως λεπτό πηλό (<0.002mm). Το Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται συνήθως για την καθορισμό των υφών, ενώ το σύστημα USDA χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση των εδαφών (Mandal, 2016).

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι σημαντικές για την παραγωγή καλλιεργειών και περιλαμβάνουν την υφή, τη δομή, την πυκνότητα, το πορώδες, τη, τη θερμοκρασία και την αντίσταση. Παρακάτω θα δούμε κάποιες φυσικές ιδιότητες: (Βραχόπουλος, 2024).

1. Υφή του εδάφους: Η υφή καθορίζεται από τον σχετικό αναλογικό όγκο των τριών ειδών μεταλλικών σωματιδίων στο έδαφος: άμμος, ιλύς και πηλός. Οι ιδιότητες που επηρεάζονται από την υφή περιλαμβάνουν το πορώδες, τη διαπερατότητα και την απορρόφηση νερού.

2. Δομή του εδάφους: Η δομή αφορά τον τρόπο με τον οποίο τα σωματίδια συνδέονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν τα λεγόμενα “σύμπλοκα”. Η δομή επηρεάζει το πορώδες, την αερισμό και την αποστράγγιση.

3. Πυκνότητα του εδάφους: Η πυκνότητα είναι μια εκτίμηση του συμπιεσμένου εδάφους και επηρεάζει την αερισμό και το πορώδες.

4. Πορώδες του εδάφους: Το πορώδες αφορά τον όγκο του εδάφους που καταλαμβάνεται από αέρα ή νερό. Επηρεάζει την αποθήκευση νερού και την διαπερατότητα (Βραχόπουλος, 2024).

Ένας χαμηλός χώρος πόρων, περίπου 30%, είναι συνηθισμένος στην άμμο, ενώ οι άργιλοι μπορεί να έχουν χώρο πόρων από 50% έως 60%. Παρόλο που οι πηλοί έχουν μεγαλύτερο συνολικό πορώδες από την άμμο, οι πόροι στην άμμο είναι μεγαλύτεροι, διευκολύνοντας την καλή αποστράγγιση και αερισμό. Οι χώροι πόρων διακρίνονται σε μακρόπορους και μικρόπορους. Η άμμος έχει περισσότερους μακρόπορους χώρους, ενώ οι άργιλοι περιέχουν περισσότερους μικρόπορους. Επομένως, η άμμος είναι πιο πορώδης και δεν παρουσιάζει προβλήματα αποστράγγισης, παρά το ότι έχει μικρότερο συνολικό χώρο πόρων (Mandal, 2016).

Τα εδάφη, ανάλογα με το ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου που περιέχουν, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Ελαφρά εδάφη: Διακρίνονται για την καλή αποστράγγισή τους, την εύκολη κυκλοφορία του αέρα, και τη δυνατότητα να θερμαίνονται και να ψύχονται γρήγορα. Επειδή εκπλύνονται εύκολα, απαιτούν συχνές λιπάνσεις και συνεχείς αρδεύσεις λόγω της χαμηλής συγκράτησης υγρασίας (Βραχόπουλος, 2024).
2. Βαριά εδάφη: Χαρακτηρίζονται από κακή αποστράγγιση και είναι δύσκολα στην κατεργασία. Περιέχουν περισσότερα θρεπτικά στοιχεία αλλά λασπώνουν εύκολα. (Βραχόπουλος, 2024)
3. Εδάφη μέσης σύστασης: Αποτελούν μια ενδιάμεση κατηγορία και συνδυάζουν χαρακτηριστικά και των δύο προηγούμενων τύπων (Βραχόπουλος, 2024).

Χρώμα εδάφους

Το χρώμα του εδάφους είναι ίσως η πρώτη ιδιότητα που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Ακόμα και σήμερα, το χρώμα περιγράφεται βάσει του χρώματός του, όπως μαύρο, κόκκινο ή κίτρινο

χρώμα. Το συγκεκριμένο χρώμα ενός εδάφους εξαρτάται από τις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν σε αυτό (Mandal, 2016).

Για παράδειγμα, διαφορετικά επίπεδα οξείδωσης, ενυδάτωσης και διάχυσης οξειδίων του σιδήρου στα εδάφη μπορούν να προσδώσουν κόκκινο, κίτρινο ή καφέ χρώμα. Τα σκούρα χρώματα στα εδάφη (π.χ. μαύρο) συνδέονται με την περιεκτικότητα και την κατάσταση αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, καθώς και με την παρουσία συγκεκριμένων ορυκτών όπως το τιτάνιο και/ή το μαγγάνιο (Mandal, 2016).

Το διάγραμμα χρωμάτων Munsell χρησιμοποιείται συχνά για την αναγνώριση του χρώματος του εδάφους στο πεδίο. Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει χρωματικές αποχρώσεις που δείχνουν την απόχρωση, την τιμή και τον κορεσμό του χρώματος. Η απόχρωση αναφέρεται στο κυρίαρχο φασματικό χρώμα, η τιμή στη σχετική φωτεινότητα του χρώματος και ο κορεσμός στην καθαρότητα του χρώματος (Mandal, 2016).

Θερμοκρασία εδάφους

Η κύρια πηγή θερμικής ενέργειας για το έδαφος είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία καθορίζει το θερμικό καθεστώς του εδάφους και επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών. Έχει διαπιστωθεί ότι η αποσύνθεση της οργανικής ύλης και η ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου αυξάνονται με την άνοδο της θερμοκρασίας. Συνεπώς, η ποσότητα της οργανικής ουσίας είναι πιθανό να είναι μεγαλύτερη σε εδάφη με χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία του εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη βλάστηση των σπόρων, την ανάπτυξη των φυτών και τη μικροβιολογική δραστηριότητα. Η βλάστηση είναι πιο αργή σε κρύο έδαφος. Η απαιτούμενη θερμοκρασία για τη βλάστηση και την ανάπτυξη των ριζών ποικίλλει ανάλογα με τις καλλιέργειες και τις ποικιλίες. Το χρώμα του εδάφους, η σύνθεση και η περιεκτικότητα σε νερό επηρεάζουν επίσης τη θερμοκρασία του εδάφους (Mandal, 2016).

1.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΛΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι ένα σημαντικό συστατικό του ανθρώπινου περιβάλλοντος και αποτελεί σημαντικό συστατικό του επίγειου οικοσυστήματος. Τα εδάφη χαρακτηρίζονται από φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες. Παρακάτω θα δούμε τι περιλαμβάνουν οι χημικές ιδιότητες του εδάφους:

1. Ανόργανες ουσίες του εδάφους.

2. Οργανικές ουσίες του εδάφους.
3. Κολλοειδείς ιδιότητες των σωματιδίων που υπάρχουν στο έδαφος.
4. Εδαφικές αντιδράσεις.
5. Όξινα εδάφη
6. Βασικά εδάφη (*Balasubramanian, 2017*).

Ανόργανες ουσίες του εδάφους

Το ανόργανο συστατικό (ορυκτό υλικό) του εδάφους αποτελείται από πολλά είδη ορυκτών. Αυτά τα ορυκτά επηρεάζουν τις ιδιότητες του εδάφους. Οι διαφορές μεταξύ των εδαφών οφείλονται κυρίως στον τύπο και τη σχετική αφθονία τέτοιων ορυκτών (*Balasubramanian, 2017*).

Τα ορυκτά είναι ανόργανες ενώσεις που απαντώνται στη φύση και έχουν καθορισμένες κρυσταλλικές δομές. Στα χώματα, ταξινομούνται σε πρωτογενή και δευτερογενή ορυκτά. Πρωτογενή ορυκτά είναι αυτά που σχηματίζονται σε υψηλή θερμοκρασία και κληρονομούνται αμετάβλητα από τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα ενώ δευτερογενή ορυκτά σχηματίζονται σε αντιδράσεις χαμηλής θερμοκρασίας και είτε κληρονομείται από ιζηματογενή πετρώματα (*Balasubramanian, 2017*).

Διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Στο έδαφος, ένα σημαντικό μέρος των θρεπτικών συστατικών των φυτών είναι δεσμευμένο σε πολύπλοκες ενώσεις που δεν είναι προσβάσιμες από τα φυτά. Το μικρότερο μέρος βρίσκεται σε πιο απλές και διαλυτές μορφές, οι οποίες είναι χρήσιμες για τα φυτά. Οι πολύπλοκες ενώσεις μετατρέπονται σταδιακά σε απλούστερες μέσω χημικών και βιολογικών διαδικασιών. Έτσι, η χημική γονιμότητα του εδάφους εξαρτάται κατά κάποιο τρόπο από το πόσο εύκολα τα φυτά μπορούν να αποκτήσουν τα θρεπτικά συστατικά σε μορφή που είναι χρήσιμη γι' αυτά. Αυτό ονομάζεται διαθεσιμότητα ενός θρεπτικού (*Dairy Australia website, 2021*).

Η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος εξαρτάται επίσης από ποικίλους παράγοντες, όπως το pH του εδάφους, το διάλυμα του εδάφους, ο τύπος του εδάφους, καθώς και η ηλικία, ο τύπος και το ριζικό σύστημα του φυτού (*Dairy Australia website, 2021*).

Τα θρεπτικά συστατικά των φυτών μπορούν να αποτελούνται είτε από μοναδικά στοιχεία (όπως το κάλιο (K)) είτε από ενώσεις στοιχείων (όπως το νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3)). Σε κάθε περίπτωση, τα θρεπτικά συστατικά αποτελούνται από άτομα (*Dairy Australia website, 2021*).

Τα ανόργανα θρεπτικά συστατικά απορροφώνται από τα φυτά από το διάλυμα του εδάφους σε μορφή ιόντων. Ένα ιόν είναι ένα ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο που προκύπτει από την

απομάκρυνση ή την προσθήκη ηλεκτρονίων σε ένα άτομο ή μόριο. Ένα ιόν με θετικό ηλεκτρικό φορτίο ονομάζεται κατιόν και ένα με αρνητικό φορτίο ονομάζεται ανιόν. Μεταξύ των κατιόντων περιλαμβάνονται το νάτριο (Na^+), το κάλιο (K^+), το ασβέστιο (Ca^{2+}), το μαγνήσιο (Mg^{2+}) και το αλουμίνιο (Al^{3+}), ενώ ανάμεσα στα ανιόντα βρίσκονται το χλωρίδιο (Cl^-), το νιτρικό (NO_3^-), το θειικό (SO_4^{2-}), το ανθρακικό (CO_3^{2-}), το φωσφορικό (H_2PO_4^-) και το βορικό οξύ (BO_3^{3-}).

Η διαθεσιμότητα του φωσφόρου επηρεάζεται σημαντικά από αντιδράσεις απορρόφησης με ασβέστιο, αλουμίνιο, σίδηρο, μαγγάνιο και αντιδραστικές επιφάνειες ορισμένων αργιλικών ορυκτών. Αυτές οι αντιδράσεις μπορούν να «σταθεροποιήσουν» τον φωσφόρο και να τον καταστήσουν λιγότερο προσβάσιμο στα φυτά (*Dairy Australia website, 2021.*)

Τα κατιόντα και τα ανιόντα μπορούν να:

- Απορροφηθούν από τις ρίζες των φυτών.
- Εκπλυθούν από το έδαφος μέσω του νερού του εδάφους.
- Προσροφηθούν στις επιφάνειες των αρνητικά και θετικά φορτισμένων σωματιδίων του εδάφους.

pH Εδάφους

Για πολλούς ανθρώπους, το pH του εδάφους θεωρείται σημαντικό μόνο για τη χημεία και τη γονιμότητα του εδάφους. Παρ' όλα αυτά, η κατανόηση των λειτουργιών του εδάφους πέρα από την παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά και τον ρόλο του ως μέσου ανάπτυξης των φυτών απαιτούσε τη μελέτη του εδάφους και των ιδιοτήτων του μέσα από το πρίσμα των ευρύτερων λειτουργιών του οικοσυστήματος, μέσω μιας διεπιστημονικής προσέγγισης. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους επιστήμονες να κατανοήσουν τις διεργασίες από το τοπίο σε περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο (*Balasubramanian, 2017*).

Το pH του εδάφους επηρεάζει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες και διαδικασίες του, καθώς και την ανάπτυξη των φυτών. Η διατροφή, η ανάπτυξη και οι αποδόσεις των περισσότερων καλλιεργειών μειώνονται όταν το pH είναι χαμηλό και αυξάνονται καθώς το pH πλησιάζει στο βέλτιστο επίπεδο. Πολλές καλλιέργειες ευδοκιμούν καλύτερα όταν το pH είναι κοντά στο ουδέτερο (6 έως 7,5), αν και κάποιες προτιμούν όξινα ή αλκαλικά εδάφη. Σε όξινα εδάφη, το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νιτρικό άζωτο, ο φώσφορος, το βόριο και το μολυβδαίνιο είναι σε έλλειψη, ενώ ο σίδηρος και το μαγγάνιο υπάρχουν σε αφθονία, πολλές φορές σε επίπεδα τοξικά για ορισμένα φυτά. Ο φώσφορος, ο σίδηρος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και το βόριο συχνά είναι ανεπαρκή σε πολύ αλκαλικά εδάφη (*USDA, 2011*).

Οι πληθυσμοί και η δραστηριότητα των βακτηρίων μειώνονται σε χαμηλά επίπεδα pH, ενώ οι μύκητες προσαρμόζονται σε ένα μεγάλο εύρος pH (όξινο και αλκαλικό). Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί έχουν ένα βέλτιστο εύρος pH για επιβίωση και λειτουργία. Σε πολύ όξινα ή αλκαλικά επίπεδα pH, η ανοργανοποίηση της οργανικής ύλης επιβραδύνεται ή διακόπτεται λόγω της μειωμένης μικροβιακής δραστηριότητας που σχετίζεται με τα βακτήρια. Η νιτροποίηση και η δέσμευση αζώτου επίσης αναστέλλονται από το χαμηλό pH (USDA, 2011).

Η κινητικότητα και η αποδόμηση των ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων, καθώς και η διαλυτότητα των βαρέων μετάλλων, εξαρτώνται από το pH. Οι επιδράσεις του pH του εδάφους στη διαθεσιμότητα κατιόντων επηρεάζουν τη σταθερότητα των συσσωματωμάτων, καθώς πολυσθενή κατιόντα, όπως τα ιόντα ασβεστίου, λειτουργούν ως γέφυρες μεταξύ οργανικών κολλοειδών και αργίλων. Ορισμένες ασθένειες ευδοκιμούν όταν το έδαφος είναι είτε αλκαλικό είτε όξινο (USDA, 2011).

Το pH του εδάφους πράγματι είναι μια κρίσιμη παράμετρος που επηρεάζει πολλές διαδικασίες στο εδαφικό περιβάλλον όπως:

Διαθεσιμότητα των Ουσιών: Το pH επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος. Ορισμένα στοιχεία, όπως το άζωτο και το φώσφορο, είναι πιο διαθέσιμα σε ορισμένα pH επίπεδα.

Βιολογικές Διεργασίες: Το pH επηρεάζει την δραστηριότητα των μικροοργανισμών στο έδαφος. Οι βακτήρια, οι μύκητες και άλλοι μικροοργανισμοί έχουν προτιμήσεις ως προς το pH, και αυτό επηρεάζει την αποσύνθεση των οργανικών υλικών και την κυκλοφορία των θρεπτικών στοιχείων (Balasubramanian, 2017).

Χημικές Ιδιότητες: Το pH επηρεάζει τη διάλυση των μετάλλων και την ανταλλαγή ιόντων στο έδαφος. Υψηλό pH μπορεί να οδηγήσει σε αλκαλικότητα, ενώ χαμηλό pH σε οξύτητα (Balasubramanian, 2017).

Φυσικές Ιδιότητες: Το pH επηρεάζει την πυκνότητα, την υφή και την υγρασία του εδάφους (Balasubramanian, 2017).

Είναι σημαντικό να διατηρούμε ισορροπημένο pH στο έδαφος για να ενισχύσουμε την απόδοση των φυτών και την βιομάζα (Balasubramanian, 2017).

1.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη και την εξέλιξη των φυτών, καθώς όλα τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζονται τα φυτά προέρχονται από αυτό. Το

έδαφος δεν προσφέρει μόνο τροφή για την πανίδα και τη χλωρίδα του, αλλά παρέχει επίσης έναν κατάλληλο βióτοπο. Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διατροφή όλων των ζωντανών οργανισμών. Αυτές οι ιδιότητες περιλαμβάνουν όλα τα φυτά και τα ζώα που ανήκουν σε μακροοργανισμούς και μικροοργανισμούς. Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους έχουν σημαντική επίδραση στη γεωργική παραγωγή φυτών από την αρχαιότητα, και σήμερα έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη μελέτη τους, όπως είναι τα μικρόβια του εδάφους (Gurjar, et al.,2017).

Οι βιολογικές ιδιότητες του εδάφους μεταβάλλονται λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης σε γεωργικές εκτάσεις. Οι άνθρωποι ευθύνονται για την αλλαγή του πληθυσμού και των ειδών των μικροβίων του εδάφους. Αυτές οι αλλαγές στο εδαφικό περιβάλλον μπορεί να έχουν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Σε ορισμένες περιοχές του κόσμου, τα εδάφη χάνουν τη γονιμότητά τους ή η παραγωγικότητα των γεωργικών καλλιεργειών μειώνεται παρόλο της ορθής χρήσης (Gurjar, et al.,2017).

«Ένα υγιές έδαφος είναι η ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως ζωτικό σύστημα για τη διατήρηση της παραγωγικότητας των ζώων και των φυτών, τη διατήρηση ή τη βελτίωση της ποιότητας του νερού και του αέρα και την υγεία των φυτών και των ζώων εντός των ορίων ενός οικοσυστήματος» (Doram and Zeiss, 2000).

Οι οργανισμοί του εδάφους διασπούν την οργανική ύλη, καθιστώντας τα θρεπτικά συστατικά διαθέσιμα για απορρόφηση από τα φυτά και άλλους οργανισμούς. Τα θρεπτικά συστατικά που αποθηκεύονται στα σώματα των οργανισμών του εδάφους αποτρέπουν επίσης την απώλεια θρεπτικών ουσιών μέσω της έκπλυσης. Τα μικρόβια παράγουν απόβλητα που συμβάλλουν στη διατήρηση της δομής του εδάφους, ενώ οι γαιοσκώληκες βοηθούν στη διανομή αυτών των ωφέλιμων αποβλήτων σε όλο το προφίλ του εδάφους (McCuin and Schultz, 2013).

1.4 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η ποικιλομορφία των οργανισμών σε ένα υγιές έδαφος κυμαίνεται από τα μικρότερα μονοκύτταρα βακτήρια , φύκια , μύκητες , πρωτόζωα , νηματώδεις , αρθρόποδα και τα πιο ορατά γαιοσκώληκες , έντομα, μικρά σπονδυλωτά και φυτά.

Βακτήρια

Τα βακτήρια είναι μικροσκοπικοί, μονοκύτταροι οργανισμοί – γενικά πλάτος 4/100.000 της ίντσας (1 μm) και κάπως μεγαλύτερο σε μήκος. Ό,τι λείπει από τα βακτήρια σε μέγεθος, το

αποτελούν σε αριθμούς. Ένα κουταλάκι του γλυκού παραγωγικό χώμα περιέχει γενικά από 100 εκατομμύρια έως 1 δισεκατομμύριο βακτήρια (USDA, 2011).

Τα βακτήρια προσφέρουν πολλά οφέλη στα φυτά, και η παροχή θρεπτικών συστατικών είναι ένα από τα σημαντικότερα. Συγκεκριμένα βακτήρια απελευθερώνουν άζωτο, θείο, φώσφορο και ιχνοστοιχεία από την οργανική ύλη. Επίσης άλλα βακτήρια προκαλούν διάσπαση των μετάλλων του εδάφους, απελευθερώνοντας με αυτό τον τρόπο ιχνοστοιχεία όπως κάλιο, φώσφορο, μαγνήσιο, ασβέστιο και σίδηρο. Επιπλέον, κάποια βακτήρια παράγουν και απελευθερώνουν φυτικές ορμόνες που προκαλούν αύξηση και διεγείρουν την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος (McCuin and Schultz, 2013).

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη βακτηρίων που μπορούν να μετατρέπουν το άζωτο από αέριο στον ατμό σε μορφές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα φυτά. Αυτές οι βακτηριακές δράσεις επιστρέφουν το άζωτο στο περιβάλλον σε μορφή αερίου. Κάποια είδη βακτηρίων δένουν το άζωτο στις ρίζες των οσπρίων, ενώ άλλα μπορούν να το κάνουν αυτό ανεξάρτητα από την παρουσία φυτών. Τα βακτήρια επίσης αναλαμβάνουν τη μετατροπή του άζωτου από αμμωνία σε νιτρογόνο και αντίστροφα, ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους. Εκτός από αυτή τη βασική λειτουργία, τα βακτήρια παρέχουν και άλλα οφέλη στα φυτά, όπως την αύξηση της διαλυτότητας των θρεπτικών συστατικών, τη βελτίωση της δομής του εδάφους, την προστασία από ασθένειες των ριζών και την αποτοξίνωση του εδάφους (McCuin and Schultz, 2013).

Γαιοσκώληκες

Οι γαιοσκώληκες είναι σωληνοειδή, τμηματικά μέλη του φύλου Annelida που σκάβουν στο έδαφος. Μέσω των κινήσεων και της δράσης τους στο έδαφος, οι γαιοσκώληκες έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά του εδάφους, αποσυνθέτοντας οργανική ύλη, διεγείροντας τη μικροβιακή δραστηριότητα, αναμειγνύοντας μεταλλικά σωματίδια και οργανική ύλη, ενισχύοντας το πορώδες και τη διείσδυση του εδάφους, αερίζοντας το έδαφος, αυξάνοντας την ικανότητα συγκράτησης νερού και βελτιώνοντας τη συνολική κλίση του εδάφους (Edwards and Bohlen, 1996).

Τα σκουλήκια του εδάφους ευημερούν σε περιοχές απαλλαγμένες από καλλιεργητική επεξεργασία. Με το διεξοδικό και συχνό όργωμα του χωραφιού, ο αριθμός τους μπορεί να μειωθεί ακόμη και κατά 90%. Το όργωμα μειώνει τον πληθυσμό των σκουληκιών, αφυδατώνοντας το έδαφος, θάβοντας τα φυτικά υπολείμματα που τρέφονται και αυξάνοντας τον κίνδυνο παγετού. Επιπλέον, μπορεί να καταστρέψει τις αντίπαλες θέσεις των σκουληκιών και ακόμη να τα εξοντώσει. Τα νεαρά σκουλήκια εμφανίζονται κυρίως στην αρχή της άνοιξης

και του φθινοπώρου, όπου εκδηλώνουν ακόμη μεγαλύτερη δραστηριότητα κατά την καλλιέργεια του εδάφους (*Edwards and Bohlen, 1996*).

Γενικώς, η μείωση ή η εξάλειψη του οργώματος (ιδίως το άροτρο το φθινόπωρο) μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των σκουληκιών, χρησιμοποιώντας μέτρα όπως η μικρότερη χρήση καλουπιού στο άροτρο, η μείωση του μεγέθους των υπολειμμάτων (χρησιμοποιώντας έναν κόφτη άχυρου), η προσθήκη ζωικής κοπριάς και η καλλιέργεια πράσινης κοπριάς. Προτείνεται επίσης η διατήρηση όσο το δυνατόν περισσότερων υπολειμμάτων της επιφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (*McCuin and Schultz, 2013*).

Κυανοβακτήρια

Τα κυανοβακτήρια, , είναι φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί που κατέχουν φωτοσυνθετικό σύστημα παρόμοιο με αυτό των φυτών. Αυτά τα μικρόβια εξαπλώνονται στην επιφάνεια του εδάφους ή μέσα στα ανώτερα επίπεδα του εδάφους, όπου μπορούν να απορροφήσουν το φως που χρειάζονται για τη φωτοσύνθεση. Η ικανότητα τους να δένουν αζωτούχες ενώσεις και να δεσμεύουν βιολογικά το άζωτο έχει σημασία ως πρώιμοι κάτοικοι σε αποσαθρούμενα γεωλογικά υποστρώματα και συμβάλλει στον σχηματισμό του εδάφους. Αυτό το χαρακτηριστικό κάνει τα κυανοβακτήρια σημαντικά για τη διατήρηση της βιολογικής ισορροπίας στο οικοσύστημα (*Χατζηπαυλίδης et.al, 2022*).

Μύκητες

Οι μύκητες αποτελούν μια ξεχωριστή ομάδα οργανισμών που διαφέρουν από τα φυτά και τα ζώα. Ομαδοποιούνται σε υφές, που είναι ινώδεις χορδές, οι οποίες σχηματίζουν τα μυκήλια. Οι μύκητες είναι χρήσιμοι στο οικοσύστημα καθώς έχουν τη δυνατότητα να διασπώνται οργανικά υλικά που άλλοι οργανισμοί δεν μπορούν, και στη συνέχεια απελευθερώνουν αυτά τα θρεπτικά στο έδαφος για τη χρήση άλλων οργανισμών (*Usharani et. Al., 2019*).

Επιπλέον, οι μύκητες μπορούν να συμβιώνουν με τα φυτά, προσαρμόζονται στις ρίζες τους και τους παρέχουν θρεπτικά συστατικά, ενώ από την άλλη πλευρά μπορούν να είναι παράσιτα και να εξάγουν θρεπτικά συστατικά από τα φυτά ή άλλους οργανισμούς επιδιώκοντας τον εγωισμό. Έτσι, οι μύκητες αποτελούν σημαντικό κομμάτι του οικοσυστήματος και συμβάλλουν στην καλή λειτουργία του (*Usharani et. Al., 2019*).

Νηματώδεις

Τα νηματώδη σκουλήκια αποτελούν σημαντικό μέρος της εδαφικής οικοκοινότητας και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην οικολογική ισορροπία. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία

νηματώδων που λειτουργούν σε διάφορα επίπεδα του εδαφικού τροφικού ιστού. Τα νηματώδη μπορούν να διακριθούν σε διάφορες ομάδες βάσει της διατροφής τους, όπως οι τροφοδότες βακτηρίων, οι τροφοδότες μυκήτων και τα αρπακτικά νηματώδη (*Usharani et. Al., 2019*).

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι τα νηματώδη μπορούν να συμβάλουν στην ανοργανοποίηση του εδάφους και στην απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών που είναι σημαντικά για τη διατροφή των φυτών. Επιπλέον, η ποικιλομορφία των νηματώδων και η συμμετοχή τους σε διάφορες λειτουργίες στο έδαφος τους καθιστούν σημαντικούς δείκτες της ποιότητας του εδάφους (*Usharani et. Al., 2019*).

Έτσι, οι νηματώδη σκουλήκια είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της υγείας του εδάφους και την οικολογική ισορροπία του οικοσυστήματος (*Usharani et. Al., 2019*).

Πρωτόζωα

Τα πρωτόζωα είναι άχρωμοι, μονοκύτταροι οργανισμοί που μοιάζουν με ζώα και αποτελούν σημαντικό μέρος της εδαφικής κοινότητας. Έχουν μεγάλο μέγεθος σε σχέση με τα βακτήρια και ποικίλλουν από μικρά έως λίγα χιλιοστά. Ο πληθυσμός τους σε καλλιεργήσιμο έδαφος είναι αρκετά υψηλός και είναι άφθονα στο επιφανειακό έδαφος. Μπορούν να αντέξουν σε αντίξοες εδαφικές συνθήκες λόγω του προστατευμένου και αδράνει σταδίου στον κύκλο ζωής τους (*Usharani et. Al., 2019*).

Οι πρωτόζωα έχουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της μικροβιακής ισορροπίας στο έδαφος, αντλώντας τη διατροφή τους από τα βακτήρια του εδάφους. Επίσης, μερικά πρωτόζωα έχουν χρησιμοποιηθεί ως βιολογικοί παράγοντες ελέγχου ενάντια σε οργανισμούς που προκαλούν επιβλαβείς ασθένειες στα φυτά. Ωστόσο, ορισμένα πρωτόζωα του εδάφους μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες στον άνθρωπο, οι οποίες μεταδίδονται μέσω του νερού και άλλων μέσων.. Έτσι, η κατανόηση των ρόλων και χαρακτηριστικών των πρωτόζωων είναι σημαντική για τη διατήρηση της υγείας του εδάφους και την ανθρώπινη υγεία (*Usharani et. Al., 2019*).

Μικροαρθρόποδα

Τα μικροαρθρόποδα είναι σημαντικοί δείκτες υγείας του εδάφους λόγω της αφθονίας τους, της ποικιλομορφίας και της ποικιλομορφίας λειτουργιών τους. Έχουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της μικροβιακής αποσύνθεσης, τη διεγερτική βοσκή μικροβίων και τη διάσπαση μικροβιακών πολλαπλασιαστών. Επίσης, συμβάλλουν στη ρύθμιση των πληθυσμών βοσκών από αρπακτικά και στην καταστολή των παθογόνων ριζών (*Brackin et. al, 2017*).

1.5 ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ ΕΛΑΦΟΥΣ

Η οργανική ύλη του εδάφους πηγάζει από τα υπολείμματα φυτών και ζώων που προστίθενται στο έδαφος, μαζί με τα υπολείμματα μικροοργανισμών και τα προϊόντα τους. Στην αρχή η ορολογία “οργανική ουσία” περιλάμβανε εξ’ ολοκλήρου τα φυτικά και ζωικά υπολείμματα στο έδαφος, ανεξάρτητα από το γινόταν η διαδικασία της αποσύνθεσης, ενώ ο όρος “χούμος» περιοριζόταν στα συστατικά που προέρχονταν μόνο από το μετασχηματισμό των ήδη υπαρχόντων συστατικών και την δημιουργία νέων (Σινάνης, 2016).

Σήμερα, εξαιτίας του μεγάλου όγκου οργανικών συστατικών σε πολλά γεωργικά εδάφη, οι όροι χούμος και οργανική ύλη χρησιμοποιούνται συνώνυμα και αναφέρονται στο μετασχηματισμένο, σταθερό οργανικό υλικό, εξαιρουμένων των μη αποσυντεθειμένων ζωικών και φυτικών υπολειμμάτων. Τα βασικά συστατικά της οργανικής ύλης διαφέρουν σημαντικά από τις ζωικές ή φυτικές ενώσεις από τις οποίες προέρχονται, με κολλώδη χαρακτήρα, μεγάλη ειδική επιφάνεια, υψηλό αρνητικό φορτίο και ποικίλο χρώμα από ανοικτό καφέ έως μαύρο. Αξίζει να σημειωθεί πως στην οργανική ύλη του εδάφους υπάρχουν επίσης ενώσεις που δεν αποσυνθέτονται εύκολα (όπως έλαια, λίπη, λιγνίνη κλπ.) και ονομάζονται μη χουμικές ενώσεις (Σινάνης, 2016).

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την υγεία και τη γονιμότητα του εδάφους, καθώς και για τη διατήρηση της ατμόσφαιρας σε CO₂. Η οργανική ουσία που παρέχεται από τα οργανικά υπολείμματα που προστίθενται στο έδαφος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη φυσική και χημική ισορροπία του εδάφους (Σινάνης, 2016).

Η διάσπαση των οργανικών υπολειμμάτων στο έδαφος από τους μικροοργανισμούς οδηγεί στην έκλυση CO₂, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή αναπλήρωσης για τη φυτώρια το κύκλο του άνθρακα. Επιπλέον, η οργανική ουσία περιέχει σημαντικά μικροθρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο, θείο και φώσφορο, τα οποία είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Η αξία της οργανικής ουσίας ως πηγή θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά είναι ότι αυτά απελευθερώνονται σταδιακά, χωρίς να χάνονται με τη στράγγιση του νερού (Σινάνης, 2016).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΟ ΡΥΖΙ

2.1 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ριζικό σύστημα

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ριζικών συστημάτων στο ρύζι:

1. το βλαστικό (ρίζιο),
2. το μεσοκοτύλιο και
3. το κομβικό (τυχαίο).

Η σπερματική ρίζα, η οποία μεγαλώνει μέχρι και τα 15 cm, είναι ενεργή μέχρι το έβδομο στάδιο των φύλλων μετά τη βλάστηση. Σε συνθήκες βαθιάς σποράς, η ρίζα μεσοκοτυλίου σχηματίζεται μεταξύ του κόμβου του κολεόπτρου και της βάσης της ρίζας. Τόσο η κοτυληδόνα όσο και η μεσοκοτυλική ρίζα έχουν περιορισμένη λειτουργικότητα (*Mohapatra and Sahu, 2022*).

Οι δευτερεύουσες τυχαίες ρίζες, γνωστές ως λειτουργικές ρίζες, σχηματίζονται τυπικά από το κάτω τμήμα του μεσογονάτου των κυρίων κόμβων του στελέχους. Αυτές οι ρίζες βρίσκονται συνήθως κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και προκαλούν επίσης βλαστό. Σε κάθε κόμβο παρουσιάζεται- ανάπτυξη ριζών 5-25 cm (*Mohapatra and Sahu, 2022*).

Οι κύριες ρίζες, που φυτρώνουν απευθείας από τους κόμβους των μίσχων, είναι οι ρίζες που έχουν προτεραιότητα. Καθώς η ανάπτυξη προχωρά, οι δευτερεύουσες ρίζες έχουν άλλες δευτερεύουσες ρίζες οι οποίες με την σειρά τους έχουν τις τριτογενείς ρίζες, με αποτέλεσμα να έχουμε ένα περίπλοκο και εκτεταμένο δίκτυο ινωδών ριζών. Με κάθε σειρά διακλάδωσης, η διάμετρος της ρίζας μειώνεται (*Mohapatra and Sahu, 2022*).

Το ινώδες ριζικό σύστημα, το οποίο αναπτύσσεται εκτενέστερα οριζόντια παρά κατακόρυφα, αποδεικνύεται πιο αποτελεσματικό στην εξαγωγή ορυκτών από το επιφανειακό στρώμα του βυθισμένου εδάφους σε σύγκριση με ένα ριζικό σύστημα βρύσης. Ενώ ένα ριζικό σύστημα είναι υπεύθυνο για την εμβάθυνση στο έδαφος για αναζήτηση νερού και άλλων βασικών πόρων, το ανώτερο τμήμα των κόμβων στελέχους, που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, παράγει επίσης τυχαίες ρίζες (*Mohapatra and Sahu, 2022*).

Ωστόσο, αυτές οι ρίζες τείνουν να είναι πιο λεπτές από αυτές που προέρχονται από το κάτω μέρος. Ο σχηματισμός τριχών της ρίζας επηρεάζεται από το περιβάλλον του εδάφους. Σε

συνθήκες αερόβιας εδάφους, παράγεται αφθονία τριχών της ρίζας, ενώ οι συνθήκες βυθισμένου εδάφους αποθαρρύνουν την ανάπτυξή τους (Mohapatra and Sahu, 2022).

Επιπλέον, σε μαλακό ορεινό έδαφος, πολλοί τύποι ρυζιού εμφανίζουν μήκη ριζών που ξεπερνούν τη 1 ίντσα, ενώ σε πλημμυρισμένο έδαφος, το μήκος της ρίζας σπάνια υπερβαίνει τα 40 cm. Οι πλήρως ανεπτυγμένες ρίζες διαθέτουν ευρύχωρους θύλακες αέρα που διευκολύνουν τη διέλευση του αέρα από τη ρίζα στο βλαστό σε υδάτινα περιβάλλοντα (Mohapatra and Sahu, 2022).

Στέλεχος

Ο βλαστός του ρυζιού είναι όρθιος, κυλινδρικός και κοίλος, χωρίς πυρήνα εκτός από τα σημεία των κόμβων. Αποτελείται από πολλούς κόμβους και μεσογονάτια. Οι πρώιμες ποικιλίες έχουν μικρότερα μεσογονάτια σε σύγκριση με τις όψιμες ποικιλίες (Mohapatra and Sahu, 2022).

Ο αριθμός των μεσογονάτιων μπορεί να κυμαίνεται από 10 cm μέχρι 20 cm, ανάλογα με τον γονότυπο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Κάθε κόμβος φέρει ένα φύλλο σε εναλλασσόμενη διάταξη και έναν οφθαλμό στη βάση του. Ο οφθαλμός μπορεί να αναπτυχθεί σε βλαστό. Ο συνολικός αριθμός των κόμβων στον κύριο βλαστό προκύπτει από το άθροισμα των φύλλων συν δύο, που αντιπροσωπεύουν τους κόμβους για τα κολεόφυλλα και την πανίδα. Η ανάπτυξη των εσωτερικών κόμβων γίνεται ιεραρχικά, με κάθε επόμενο εσωτερικό λοβό να είναι μακρύτερος από τον προηγούμενο (Mohapatra and Sahu, 2022).

Οι πέντε ανώτεροι εσωτερικοί λοβοί του στελέχους τείνουν να επιμηκύνονται, με τον ανώτατο να είναι ο μακρύτερος. Ορισμένες ποικιλίες ρυζιού που αναπτύσσονται σε βαθιά νερά, επιμηκύνουν τα κατώτερα μεσογονάτια τους έως και 30 cm, για να προσαρμοστούν στην αύξηση της στάθμης του νερού κατά την πλημμύρα (Mohapatra and Sahu, 2022).

Η επιμήκυνση των μεσογονάτιων επηρεάζει το ύψος του φυτού, που υπολογίζεται ως η απόσταση από τη βάση του στελέχους μέχρι την κορυφή του τελευταίου φύλλου ή λοβού. Σε διατομή, ο μεσογονάτιος κόμβος διαθέτει μια μεγάλη μυελώδη κοιλότητα, ενώ ο ιστός γύρω από την κοιλότητα περιέχει πολλές μεγάλες αγγειακές δεσμίδες. Μικρότερες αγγειακές δεσμίδες βρίσκονται πιο κοντά στην επιδερμίδα του στελέχους (Mohapatra and Sahu, 2022).

Φύλλα

Τα φύλλα του ρυζιού αποτελούνται από τον κολεό και το έλασμα, με την ένωση τους να σχηματίζει ένα ζευγάρι από ωτίδια και γλωσσίδια. Η βάση του κολεού ενώνεται με έναν κόμβο ο οποίος παίζει υποστηρικτικό ρόλο στο φυτό κατά τη βλαστική ανάπτυξη, λειτουργώντας ως αποθήκη αμύλου και σακχάρων πριν από την ανθοφορία (Μποτάνης, 2017).

Κατά την περίοδο της αναπαραγωγής, το έλασμα στηρίζει το στέλεχος και αυξάνει την αντοχή του κατά της θραύσης σε ποσοστό 30-60%. Το έλασμα είναι επίσης το κύριο όργανο για τη φωτοσύνθεση και την αναπνοή του φυτού.

Το ανώτερο φύλλο σημαία παίζει ουσιαστικό ρόλο στη φωτοσύνθεση των φυτών. Οι φόβες είναι μικρά ανοίγματα στο κολεό του ανώτερου φύλλου. Από αυτά αναδύεται το νερό, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Η διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα μέσω των φόβων είναι σχεδόν παράλληλη με την επάκρια φόβη (Μποτάνης, 2017).

Η γωνία που σχηματίζει το φύλλο επηρεάζει τη διάχυση του φωτός. Όταν το φύλλο είναι πιο κάθετο στον ήλιο, λαμβάνει περισσότερο φως. Αντίθετα, όταν το φύλλο είναι πιο οριζόντιο, μειώνεται η ένταση του φωτός που φτάνει στον χλωροφύλλη (Μποτάνης, 2017).

Το γλωσσίδιο είναι μια λεπτή, λευκή, τριγωνική μεμβράνη στη βάση του ελάσματος, ανάμεσα στο έλασμα και τον κολεό. Ο ρόλος του είναι η ρύθμιση της υγρασίας ή της ροής του αέρα ανάμεσα στο στέλεχος και τον κολεό. Επίσης, έχει την δυνατότητα να σταματά την είσοδο της βροχής. Τα ωτίδια, τα οποία βρίσκονται στα όρια ανάμεσα στον κολεό και το λαιμό, μπορεί να έχουν ανοιχτό πράσινο ή μωβ χρώμα, και συχνά είναι δρεπανοειδή και τριχωτά (Μποτάνης, 2017).

Έλασμα

Το έλασμα είναι το ακραίο τμήμα του φύλλου που είναι μακρύτερο από το περίβλημα του φύλλου. Είναι επίπεδο, στενό και εκτείνεται στο ανώτερο τμήμα του φύλλου που ενώνεται με το κάλυμμα του φύλλου στη θέση του παχύ κολάρου (Mohapatra and Sahu, 2022).

Το έλασμα είναι στενό, ισχιδές ή εφηβικό με ευδιάκριτο μέσο ραβδισμό και παράλληλη νεύρωση. Το τελευταίο φύλλο, δηλαδή το φύλλο σημαία, έχει έλασμα κοντύτερο και πλατύτερο από τα άλλα. Στο στάδιο της εκκίνησης, το έλασμα του φύλλου σημαίας είναι παράλληλο με τον άξονα του πανικού, αλλά μετά την εμφάνιση του πανικού, πέφτει προς τα κάτω σχηματίζοντας οξεία γωνία με τον άξονα του πανικού. Το έλασμα είναι πράσινο και φωτοσυνθετικό και είναι υπεύθυνο για την πρωτογενή παραγωγή των προσλαμβανόμενων ουσιών (Mohapatra and Sahu, 2022).

Ταξιανθία

Η ταξιανθία του ρυζιού αποτελείται από έναν κεντρικό άξονα, γνωστό ως ράχη, ο οποίος είναι μια προέκταση του βλαστού. Αυτή η ταξιανθία είναι επάκρια φόβη και περιλαμβάνει διάφορα μέρη: το γόνατο ή τη βάση, τη ράχη, τις κύριες και δευτερεύουσες διακλαδώσεις, τον ποδίσκο ανθιδίου, τα λέπυρα και τα σταχίδια. Η δομή της βάσης της φόβης μοιάζει με αυτήν των βλαστικών μονάδων του στελέχους, αν και τα φύλλα είναι υποτυπώδη και τα αδέρφια έχουν εξελιχθεί σε κλαδιά (Μποτάνης, 2017).

Κατά την περίοδο ανθοφορίας, ο κεντρικός άξονας της ράχης μπορεί να φτάσει σε μήκος από 12 μέχρι και 15 cm και διαθέτει από 8 έως 10 κόμβους. Η κύρια διακλάδωση εμφανίζεται 8 με 10 ημέρες μετά το ξεστάχυσμα και αποσπάται από τη ράχη. Ο ποδίσκος ανθιδίου σχηματίζεται από το γόνατο πριν την κορυφή της κύριας διακλάδωσης, καθώς και από όλα τα γόνατα των δευτερευουσών διακλαδώσεων. Το σχήμα της φόβης μπορεί να είναι είτε συμπαγές είτε ανοιχτό, ενώ συνήθως περιέχει από 75 έως 150 σταχίδια (Μποτάνης, 2017).

Στάχης

Ο στάχης είναι η κύρια δομή της άνθησης μέσα στην ταξιανθία και παράγει κόκκους κατά τη διαδικασία της ωρίμανσης. Συνδέεται με τον κόμβο του κλάδου μέσω ενός ποδίσκου. Περιλαμβάνει ένα μόνο άνθος, το οποίο σχηματίζεται από δύο ζεύγη γλαύκων: τις στοιχειώδεις γλαύκες και τις κενές γλαύκες. Οι πρώτες, που δεν έχουν άξονες, βρίσκονται στη βάση του σταχυδίου και προέρχονται από την άκρη του ποδίσκου, με τη μία να είναι λίγο πιο ψηλή από την άλλη (Mohapatra and Sahu, 2022).

Στην οικογένεια των σιτηρών, οι στοιχειώδεις γλαύκες συνοδεύονται από μία ή περισσότερες ανθοφόρες γλαύκες, οι οποίες προκύπτουν από έναν κοντό άξονα που ονομάζεται ραχίλλα. Στο σιτάρι και το κριθάρι, σχηματίζονται αρκετά άνθη αφού δημιουργηθούν οι στοιχειώδεις γλαύκες. Αντίθετα, το ρύζι έχει ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, καθώς διαθέτει ένα επιπλέον ζευγάρι κενών γλαυκών πριν από την παραγωγή δύο ανθοφόρων γλαυκών που τοποθετούνται σε κοντινή διαδοχή (Mohapatra and Sahu, 2022).

Υπάρχουν έξι στήμονες, οι οποίοι φέρουν το δισυπόστατο ανθήριο τους σε λεπτές ίνες. Αυτοί οι στήμονες περιβάλλουν έναν μονόλοβο ύπερο, ο οποίος διαθέτει έναν ύπερο και ένα στίγμα που είναι τριχωτό και διχαλωτό, γεγονός που διευκολύνει την αερομεταφερόμενη επικονίαση (Mohapatra and Sahu, 2022).

Στη βάση της ωοθήκης εντοπίζονται δύο μικρά, ωοειδή και σαρκώδη στοιχεία. Αυτά τα όργανα έχουν μορφή λέπια και τοποθετούνται ασύμμετρα στο δεύτερο στέλεχος του άνθους, ακριβώς έξω από αυτό, και θεωρούνται αντίστοιχα με τα πέταλα των λουλουδιών. Κατά τη διάρκεια της ανθοφορίας, αυτά τα στοιχεία διογκώνονται με την απορρόφηση νερού. Η ταχεία αυτή διόγκωση προκαλεί το άνοιγμα του άνθους μέσω του διαχωρισμού του λεμφίου (Mohapatra and Sahu, 2022).

Κόκκος ρυζιού

Ο κόκκος του ρυζιού είναι συνήθως ένας καρπός που ονομάζεται καρυόψιχα και έχει επιμήκες σχήμα. Το εξωτερικό κέλυφος που αποτελείται από το λεμμά και την παλέα περικλείει την καρυόψιχα (καφέ ρύζι). Το καστανό ρύζι αποτελείται κυρίως από το εξωτερικό

περικάρπιο, που ακολουθείται από το περίβλημα του σπόρου, τον πυρήνα, ένα μικρό έμβρυο προς την κοιλιακή πλευρά και ένα μεγάλο ενδοσπέρμιο (Dunna and Roy, 2013).

Στο ρύζι indica, το λήμμα, η παλέα και η ραχίλλα αποτελούν το κέλυφος, ενώ στο ρύζι japonica το κέλυφος αποτελείται κυρίως από υποτυπώδη γλοία και μερικές φορές από ένα τμήμα του ποδίσκου. Ένας κόκκος ζυγίζει περίπου 10-40 mg. Το κέλυφος αποτελεί σχεδόν το 20% του συνολικού βάρους του κόκκου, ενώ το μήκος και το πλάτος των κόκκων ποικίλλει μεταξύ των διάφορων ποικιλιών που υπάρχουν (Dunna and Roy, 2013).

2.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι ποικιλίες ρυζιού διακρίνονται με βάση τις συνθήκες ανάπτυξής τους και το καλλιεργητικό τους σύστημα. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες: οι ποικιλίες που καλλιεργούνται σε πεδινές ή πλημμυρισμένες περιοχές, οι ορεινές ποικιλίες που δεν κατακλύζονται από νερό και οι ποικιλίες που αναπτύσσονται σε λιμνάζοντα ή βαθιά υδάτινα εδάφη (Παπακώστα και Τασιοπούλου, 2007).

Στην πρώτη κατηγορία, περιλαμβάνονται ποικιλίες που αναπτύσσονται σε αγρούς με βάθος νερού, φυσικό ή τεχνητό, έως και 50 εκατοστά κατά τη διάρκεια της κύριας καλλιεργητικής περιόδου, καλύπτοντας το 75% των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Αυτές οι ποικιλίες είναι διεθνώς γνωστές ως lowland ή paddy rice (Παπακώστα και Τασιοπούλου, 2007).

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ποικιλίες που καλλιεργούνται σε περιοχές με υψηλές βροχοπτώσεις, χωρίς καμία πλημμυρίδα, και καταλαμβάνουν περίπου το 10% των καλλιεργούμενων εκτάσεων, αναφέρονται ως upland rice (Παπακώστα και Τασιοπούλου, 2007).

Τέλος, οι ποικιλίες της τρίτης κατηγορίας αναπτύσσονται σε εδάφη όπου το ύψος του νερού υπερβαίνει τα 51 εκατοστά, φτάνοντας μέχρι και τα 5-6 μέτρα. Χαρακτηρίζονται από την ταχεία ανάπτυξη των στελεχών τους, ώστε τα φύλλα τους να διατηρούνται πάνω από την επιφάνεια του νερού. Αυτές οι ποικιλίες αντιπροσωπεύουν το 15% των καλλιεργούμενων εκτάσεων και βρίσκονται σε περιοχές που πλήττονται από έντονες βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια της μουσωνικής περιόδου (Παπακώστα και Τασιοπούλου, 2007).

Ένα σημαντικό κριτήριο για την κατηγοριοποίηση των ποικιλιών ρυζιού, είναι η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, η οποία κυμαίνεται συνήθως από 80 έως 280 ημέρες. Οι ποικιλίες διακρίνονται σε πρώιμες (80-130 ημέρες), μεσαίας πρωιμότητας (130-160 ημέρες) και όψιμες (πάνω από 160 ημέρες). Οι ποικιλίες με μικρότερο βιολογικό κύκλο είναι πιο

κατάλληλες για εύκρατες περιοχές, ενώ οι όψιμες ευδοκιμούν σε τροπικές και υποτροπικές συνθήκες. Η αντίδραση των ποικιλιών στη φωτοπερίοδο επιτρέπει επίσης τον διαχωρισμό τους σε ευαίσθητες και αδιάφορες (Παπακώστα και Τασιοπούλου, 2007).

2.3 ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η ποιότητα του ρυζιού είναι καθοριστική για όλους τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία παραγωγής, επεξεργασίας και κατανάλωσής του, καθώς αυτή επηρεάζει σημαντικά τη θρεπτική και εμπορική αξία των κόκκων. Η ποιότητα των ρυζιών αξιολογείται με βάση υποκειμενικά και αντικειμενικά κριτήρια, όπως η εμφάνιση, η ποιότητα άλεσης, η απόδοση κατά τη διαδικασία άλεσης, η συμπεριφορά κατά το μαγείρεμα, η επεξεργασία και η διατροφική αξία (Τούσιου, 2022).

Η εμφάνιση του ρυζιού σχετίζεται κυρίως με το σχήμα των κόκκων, το οποίο εξαρτάται από το μήκος, το πλάτος, την αναλογία μήκους προς πλάτος και την κρυσταλλικότητα του ενδοσπερμίου. Η κρυσταλλικότητα του κόκκου είναι πολύ σημαντικός δείκτης ποιότητας, καθώς η παρουσία μαργαρίτη (αδιαφανείς κηλίδες) σε διαφανείς κόκκους μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εμφάνιση και, κατά συνέπεια και την ποιότητα (Τούσιου, 2022).

Ένα άλλο σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης είναι ο δείκτης απόδοσης κατά την διαδικασία άλεσης. Αυτή η απόδοση καθορίζεται από την αναλογία των ολόκληρων και σπασμένων κόκκων που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της άλεσης του ακατέργαστου ρυζιού. Οι ποικιλίες ρυζιού με μακρούς και λεπτούς κόκκους συνήθως πωλούνται σε υψηλότερες τιμές σε σύγκριση με αυτές που έχουν πιο κοντούς ή παχύτερους κόκκους (Τούσιου, 2022).

Επιπλέον, η συμπεριφορά του ρυζιού κατά το μαγείρεμα και οι ιδιότητες επεξεργασίας του είναι επίσης καθοριστικές για την αξιολόγηση της ποιότητάς του. Οι δύο κύριοι δείκτες ποιότητας που σχετίζονται με αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η περιεκτικότητα σε άμυλο (AC) και η θερμοκρασία ζελατινοποίησης (GT). Η περιεκτικότητα σε άμυλο στο επεξεργασμένο ρύζι αντιπροσωπεύει περίπου το 90% του ξηρού βάρους, με τις φυσικοχημικές του ιδιότητες να επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του μαγειρέματος και τη γεύση (Τούσιου, 2022).

Όσον αφορά τη θρεπτική ποιότητα, αυτή προσδιορίζεται κυρίως από την περιεκτικότητα πρωτεΐνης του κόκκου. Έρευνες έχουν δείξει ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι ένα ποσοτικό χαρακτηριστικό. Παράγοντες όπως η εποχή καλλιέργειας, η τοποθεσία, η αζωτούχος λίπανση, η διαχείριση του νερού και ο έλεγχος ζιζανίων παίζουν κύριο ρόλο στη μεταβολή της περιεκτικότητας αυτής. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη στο ρύζι μπορεί να

επιτευχθεί μέσω γενετικής βελτίωσης ποικιλιών με υψηλή πρωτεΐνη ή μέσω κατάλληλης διαχείρισης του περιβάλλοντος και αγροτικών πρακτικών (Τούσιου, 2022).

2.4 ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ

Κατά την κατηγοριοποίηση των ποικιλιών ρυζιού, εξετάζονται παράγοντες όπως το σχήμα και το χρώμα των κόκκων, οδηγώντας σε κατηγορίες όπως οι μακρόσπερμες, μεσόσπερμες, μικρόσπερμες, επιμήκεις, ενδιάμεσες και στρογγυλόσπερμες. Για την ταξινόμηση τους, αναλύεται η αναλογία μήκους προς πλάτος του κόκκου, καθώς και το ίδιο το μήκος του ρυζιού (Καραμάνος, 1999).

Επιπλέον, οι ποικιλίες του ρυζιού διακρίνονται βάσει της περιεκτικότητας σε άμυλο στο ενδοσπέρμιο, που περιλαμβάνει αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη. Αυτές οι ουσίες επηρεάζουν την υφή του ρυζιού μετά το μαγείρεμα. Η ικανότητα απορρόφησης νερού και διόγκωσης του κόκκου σχετίζεται με την περιεκτικότητα σε αμυλόζη, ενώ οι υψηλές ποσότητες αμυλοπηκτίνης κάνουν το ρύζι πιο μαλακό, με τους κόκκους να κολλάνε μεταξύ τους και σχηματίζουν συσσωρεύσεις (Καραμάνος, 1999).

Στις κηρώδεις ποικιλίες ρυζιού, το ενδοσπέρμιο έχει μια γαλακτώδη εμφάνιση και κηρώδη υφή, αποτελούμενο κυρίως από αμυλοπηκτίνη. Ο βασικός χρωμοσωμικός αριθμός του ρυζιού ανέρχεται σε $2n=24$ (Καραμάνος, 1999).

Αρωματικό ρύζι

Το αρωματικό ή αρωματισμένο ρύζι είναι μια συγκεκριμένη ομάδα ρυζιού που αναγνωρίζεται για τα αρώματα του. Η μοναδικότητα του αρώματος είναι το κύριο γνώρισμα του και ο λόγος που προτιμάται μεταξύ των διάφορων άλλων ιδιοτήτων του ρυζιού, όπως η γεύση, το χρώμα, τα θρεπτικά συστατικά κ.λπ. Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών, η τιμή και η ζήτηση της συγκεκριμένης ποικιλίας γίνεται υψηλότερη σε σχέση με τις μη αρωματικές ποικιλίες που κυκλοφορούν στο εμπόριο (Karkee, 2021).

Η προέλευση του αρωματικού ρυζιού είναι η Ινδική υποήπειρος, όπου καλλιεργείται από τους κατοίκους εδώ και πολλά χρόνια στους πρόποδες των Ιμαλαΐων στα ινδικά κρατίδια και στην περιοχή Terai του Νεπάλ. Το αρωματικό ρύζι καταναλώνεται και καλλιεργείται επί το πλείστον στην Ινδία, στις ΗΠΑ, στο Νεπάλ, στο Ιράν την Ταϊλάνδη, το Μπαγκλαντές, το Αφγανιστάν και στην Ινδονησία (Karkee, 2021).

Οι χώρες όπου εξάγουν την συγκεκριμένη ποικιλία στην Ευρώπη και στην Μέση Ανατολή είναι κυρίως η Ινδία και η Ταϊλάνδη, όπου η κύρια ποικιλία εξαγωγής είναι το λεπτόκοκκο

αρωματικό ρύζι. Οι επίσημα αναγνωρισμένες αρωματικές ποικιλίες ρυζιού υπολογίζονται περίπου στις 300, αλλά παρατηρείται περιορισμός στην χρήση και στην παραγωγή (Karkee, 2021).

Ένα από τα πιο γνωστά σε όλον τον κόσμο ρύζια είναι το ρύζι Basmati προερχόμενο από την Ινδία, το Azucena και το Milfor προερχόμενο από τις Φιλιππίνες, Rojolele της Ινδονησίας, ποικιλίες Sadri του Ιράν, Barah του Αφγανιστάν και Della από τις Ηνωμένες Πολιτείες (Karkee, 2021).

Η παρουσία του αρώματος οφείλεται στην εμφάνιση πτητικών ενώσεων, όμως όχι σε κάποια συγκεκριμένη ένωση που προσδίδει το ευχάριστο άρωμα. Αφορά δείγματα 114 διαφόρων μειγμάτων πτητικών ουσιών. Μεταξύ όλων αυτών των πτητικών ενώσεων, η 2-ακετυλο-1-πυρρολίνη (2AP) αναγνωρίζεται ως μια σημαντική ένωση που συμβάλλει στην αρωματική οσμή (Karkee, 2021).

Το ευχάριστο άρωμα από το αρωματικό ρύζι δεν σχετίζεται μόνο με το μαγειρεμένο ρύζι. Ορισμένες ποικιλίες εκπέμπουν άρωμα στο χωράφι κατά την περίοδο της ανθοφορίας και απελευθερώνουν άρωμα από φύλλα, κόκκους και άλλα μέρη. Οι Mittal et al., (1995) αποκάλυψαν ότι το άρωμα μπορεί να προσδιοριστεί από τα φύλλα μιας καλλιέργειας (Karkee, 2021).

Χρωματιστό ρύζι

Το χρωματισμένο ρύζι περιλαμβάνει ποικιλίες των οποίων ο φλοιός και το αλευρώδες στρώμα περιέχουν μία ποικιλία χρωστικών ουσιών. Οι χρωστικές αυτές είναι φαινολικές ενώσεις, που προσδίδουν στους κόκκους του ρυζιού ένα φυσικό χρώμα, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από καφέ έως κόκκινο (λόγω των προανθοκυανιδινών) και από μωβ έως μαύρο (λόγω των ανθοκυανινών) (Karkee, 2021).

Έχουν καταγραφεί πολλές φαινολικές ενώσεις, όπως ανθοκυανίνες, προανθοκυανιδίνες, 4-υδροξυκινναμωμικό οξύ, 4,7-διυδροξυβανιλικό οξύ, συριγγαλδεΰδη και βανιλίνη, καθώς και παράγωγα του p-κουμαρικού. Οι ενώσεις χαμηλού μοριακού βάρους συναντώνται σε κόκκους με ανοιχτό καφέ φλοιό, ενώ οι κόκκοι με κόκκινο και μαύρο φλοιό περιέχουν φαινόλες υψηλότερου μοριακού βάρους (Karkee, 2021).

Πολλές έρευνες έχουν επισημάνει τα οφέλη του χρωματισμένου ρυζιού και του πίτουρού του, το οποίο περιέχει φυτοχημικά συστατικά με αντιφλεγμονώδεις, αντιοξειδωτικές, αντικαρκινικές και αντιγηραντικές ιδιότητες. Ορισμένες φαινολικές ενώσεις, όπως η τοκοφερόλη και οι ανθοκυανίνες που εξάγονται από το χρωματισμένο ρύζι, αποδεικνύονται αποτελεσματικοί εξουδετερωτές των ελεύθερων ριζών (Karkee, 2021).

Επιπλέον, δρα κατά του διαβήτη αναστέλλοντας τη δράση των ενδογενών α-αμυλάσης και α-γλυκοσιδάσης, περιορίζοντας τη μετατροπή του αμύλου σε γλυκόζη στο λεπτό έντερο, ενεργώντας έτσι ως πηγή ανθεκτικού αμύλου για τον εντερικό μικροβιόκοσμο στο παχύ έντερο. Η βιοδραστική ένωση από το χρωματισμένο ρύζι μπορεί να δώσει αντικαρκινικά αποτελέσματα, μειώνοντας τη βιωσιμότητα των καρκινικών κυττάρων και μπλοκάροντας καρκινογόνες διεργασίες. Ανάλογα με την τύπο της χρωστικής, το χρωματισμένο ρύζι μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως κόκκινο, μωβ ή μαύρο ρύζι (Karkee, 2021).

Μαύρο ρύζι

Το μαύρο ρύζι είναι ένα είδος ρυζιού που διαθέτει περικάρπιο ή σπόρο με έντονο μωβ ή μαύρο χρώμα. Αυτή η απόχρωση προέρχεται από τη συσσώρευση ανθοκυανίνης, η οποία βρίσκεται σε διαφορετικά στρώματα του περικαρπίου, του περιβλήματος του σπόρου και της αλευρονικής περιοχής. Η προέλευση του μαύρου ρυζιού εντοπίζεται στις τροπικές περιοχές της ποικιλίας Japonica, και τα γονίδια που δίνουν το μαύρο χρώμα έχουν επεκταθεί και στο υποείδος indica. Αυτού του είδους το ρύζι έχει μια πλούσια ιστορία, καθώς ήταν γνωστό ως απαγορευμένο, ουράνιο ή αυτοκρατορικό ρύζι και επιτρεπόταν μόνο σε μέλη της υψηλής κοινωνίας να το καταναλώνουν. Λειτουργούσε μάλιστα ως θησαυρός, καθώς πιστεύεται ότι προστάτευε από τη γήρανση, είχε σημαντική θρεπτική αξία και χρησιμοποιούνταν στην αρχαία ιατρική.

Υπολογίζεται ότι υπάρχουν πάνω από 200 ποικιλίες μαύρου ρυζιού παγκοσμίως, με την Κίνα να καλύπτει το 62% της παγκόσμιας παραγωγής αυτού του ρυζιού, αναπτύσσοντας περισσότερες από 54 σύγχρονες ποικιλίες με υψηλή απόδοση και αντοχή σε ασθένειες. Αυτές οι ποικιλίες θεωρούνται ότι έχουν θεραπευτικές ιδιότητες και πολύ υψηλή θρεπτική αξία, μερικές φορές αναφέρονται ως το "ρύζι της μακροχρόνιας ζωής". Το εξωτερικό περικάρπιο ή το αλευρονικό στρώμα περιέχει χρωστικές όπως η προανθοκυανίνη και η ανθοκυανίνη, οι οποίες προσφέρουν υγειονομικά οφέλη με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, ελαχιστοποιώντας τη δράση των τοξικών ελεύθερων ριζών. Εκτός από αυτές τις ενώσεις, το μαύρο ρύζι περιέχει επίσης θρεπτικά στοιχεία όπως σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό και φυτικές ίνες, που συχνά λείπουν από το λευκό ρύζι. Η τακτική κατανάλωση αυτού του ρυζιού μπορεί να προσφέρει προστασία από νοσήματα όπως ο διαβήτης, η παχυσαρκία, ο καρκίνος και η δυσκοιλιότητα (Karkee, 2021).

Κόκκινο ρύζι

Το συγκεκριμένο κείμενο αναφέρεται σε ένα είδος ρυζιού που θεωρείται ριζάνιο, το οποίο έχει ένα κόκκινο στρώμα πίτουρου. Αυτό το κόκκινο ρύζι είναι γνωστό για την παρουσία του σε αγρούς ρυζιού, εμφανίζεται φυσικά και έχει ένα χρωματισμένο πίτουρο, που οφείλεται στις

προανθοκυανιδίνες και άλλες χρωστικές όπως οι πολυφαινόλες και η ανθοκυανίνη, οι οποίες είναι γνωστές για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Το κόκκινο ρύζι προσφέρει περισσότερες πρωτεΐνες, ψευδάργυρο και σίδηρο σε σύγκριση με το λευκό ρύζι και συνήθως καταναλώνεται είτε ολόκληρο είτε μερικώς αποφλοιωμένο. Η γεύση του είναι παρόμοια με αυτή του καρυδιού (Karkee, 2021).

Η σημασία του κόκκινου ρυζιού είναι σημαντική, καθότι αναφέρεται σε ιερές κείμενα του Ινδουισμού όπως τα Agni, Vishnu και Garuda Purana, όπου αναγνωρίζεται για την ικανότητά του να καταπολεμά την δίψα, να μειώνει την εφίδρωση και να προάγει την αναγέννηση. Σε διάφορες περιοχές της Ινδίας, χρησιμοποιείται για την ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και του πυρετού, είναι ευρέως καταναλωμένο από τις μητέρες κατά τη διάρκεια του θηλασμού και χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση προβλημάτων όπως η λευκορροία και οι επιπλοκές από εκτρώσεις. Εκτός αυτών, θεωρείται δροσερό και τονωτικό (Karkee, 2021).

Το κόκκινο ρύζι, το οποίο παρασκευάζεται μέσω της ζύμωσης με τη βοήθεια της μαγιάς *Monascus purpurea*, μπορεί να βρεθεί ως ζιζάνιο σε διάφορες αγροοικολογικές περιοχές. Παρά την πλούσια θρεπτική του αξία, το ρύζι αυτό κατέχει επίσης μεγάλη δυνητική αξία, καθώς έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται σε ακραίες και ποικιλόμορφες περιβαλλοντικές συνθήκες, και μπορεί να χρησιμεύσει ως γενετικό υλικό για την ανάπτυξη νέων ποικιλιών στο μέλλον (Karkee, 2021).

Καστανό ρύζι

Το καστανό ρύζι είναι είτε μη αποφλοιωμένο είτε μερικώς αποφλοιωμένο και θεωρείται ρύζι ολικής άλεσης. Αυτό σημαίνει ότι το στρώμα πίτουρου παραμένει ανέπαφο με τον κόκκο μετά την αφαίρεση του εξωτερικού φλοιού. Σε αντίθεση με το λευκό ρύζι, το καστανό έχει το στρώμα του πίτουρου, το οποίο δίνει στον κόκκο του χαρακτηριστικό καφέ ή κοκκινωπό-καφέ χρώμα. Κατά την επεξεργασία του ρυζιού, αρχικά απομακρύνεται ο φλοιός από τον ολόκληρο κόκκο (paddy) για να παραχθεί το καστανό ρύζι, ενώ η αφαίρεση του πίτουρου οδηγεί στην παραγωγή του λευκού ρυζιού (Karkee, 2021).

Το πίτουρο περιέχει το περικάρπιο, την αλευρόνη, το στρώμα της υποαλευρόνης και το φύτρο, που είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία και βιοδραστικές ενώσεις, οι οποίες έχουν πολλές ευεργετικές ιδιότητες. Το χαρακτηριστικό χρώμα του πίτουρου στο καστανό ρύζι προέρχεται από την παρουσία χρωστικών όπως οι προανθοκυανιδίνες, βιταμίνες, φυτικές ίνες και ανόργανα άλατα (Karkee, 2021).

Ως εναλλακτική λύση, το καστανό ρύζι είναι προτιμότερο από το λευκό ρύζι, το οποίο έχει υψηλό γλυκαιμικό δείκτη και μπορεί να προκαλέσει αυξημένο οξειδωτικό στρες και άλλους κινδύνους για την υγεία. Νεότερες έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση λευκού ρυζιού

μπορεί να σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2. Αντίθετα, το καστανό ρύζι μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των επιπέδων ινσουλίνης και των γλυκαιμικών δεικτών, προσφέροντας επιπλέον οφέλη για την υγεία. Σημαντικό είναι ότι η κατανάλωση βλαστημένου καφέ ρυζιού μπορεί να βελτιώσει την υφή, τη γεύση και την περιεκτικότητα σε βιοδραστικά μόρια (Karkee, 2021).

Ρύζι γλασέ

Το κολλώδες ρύζι (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) παρουσιάζει κολλώδη υφή κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος, το οποίο του έχει δώσει και την ονομασία αυτή. Υπάρχουν ποικιλίες κολλώδους ρυζιού που ποικίλουν σε χρώματα, τόσο σε λευκές όσο και σε χρωματιστές. Μετά το μαγείρεμα, η γεύση του είναι γλυκιά, γεγονός που οδήγησε στην εναλλακτική ονομασία "γλυκό ρύζι" (Karkee, 2021).

Η Λαϊκή Δημοκρατία του Laos έχει αναγνωριστεί ως σημαντικός τόπος βιοποικιλότητας για το κολλώδες ρύζι, με περίπου 2.470 γενετικά πλάσματα, που αντιστοιχούν στο 20% της παγκόσμιας ποικιλίας. Η Κίνα είναι η κύρια χώρα παραγωγής και κατανάλωσης κολλώδους ρυζιού παγκοσμίως, το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 3% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής λευκασμένου ρυζιού (Karkee, 2021).

Η κολλώδης υφή του ρυζιού οφείλεται κυρίως στην ελλιπή περιεκτικότητα σε αμυλόζη, ένα από τα δύο βασικά συστατικά του αμύλου, που αποτελείται κατά 10-30% από αμυλόζη και 70-90% από αμυλοπηκτίνη. Σε αντίθεση, το μη κολλώδες ρύζι έχει και τα δύο μόρια σε μεγαλύτερες αναλογίες. Το κολλώδες ρύζι έχει πολύ χαμηλή (<5%) ή σχεδόν καθόλου περιεκτικότητα σε αμυλόζη, με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλοπηκτίνη (Karkee, 2021).

Είναι γνωστό ότι πολλές ντόπιες ποικιλίες κολλώδους ρυζιού είναι πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά όπως η βιταμίνη E, οι αντιοξειδωτικές ουσίες, οι πρωτεΐνες, το βήτα-καροτένιο και το φολικό οξύ. Παρά τη θρεπτική τους αξία, χρησιμοποιούνται σε πολλές παραδοσιακές ασιατικές συνταγές, όπως επιδόρπια, κρασί από ρύζι, σούσι, μπαλάκια ρυζιού και κέικ (Karkee, 2021).

Χρυσό ρύζι

Το χρυσό ρύζι αποτελεί μια ειδική ποικιλία ρυζιού που έχει δημιουργηθεί μέσω τεχνικών γενετικής μηχανικής για να συνθέτει β-καροτίνη. Σε αντίθεση με το κανονικό ρύζι, περιλαμβάνει επιπλέον γονίδια που εισάγονται μέσω γενετικής τροποποίησης. Ο σκοπός της ανάπτυξης του ήταν να προσφέρει βιταμίνη A σε πληθυσμούς που βασίζουν τη διατροφή τους στο ρύζι. Ο καθηγητής Ingo Potrykus από το Ινστιτούτο Επιστήμης Φυτών είναι ο δημιουργός του χρυσού ρυζιού το 1999 (Karkee, 2021).

Αυτό το γενετικά τροποποιημένο ρύζι περιέχει σημαντική ποσότητα β-καροτένιου και άλλων καροτενοειδών, τα οποία είναι πρόδρομες ουσίες της βιταμίνης Α. Στο ανθρώπινο σώμα, το β-καροτένιο μετατρέπεται σε βιταμίνη Α. Το χρυσό ρύζι μπορεί να λειτουργήσει ως μια επιπλέον πηγή βιταμίνης Α και β-καροτένιου, βοηθώντας στην πρόληψη ελλείψεων που σχετίζονται με σοβαρές παθήσεις όπως η τύφλωση και η ξηροφθαλμία (Karkee, 2021).

Ουσιαστικά, το χρυσό ρύζι παρέχει 1,6-2,0 μg β-καροτένιο ανά γραμμάριο ξηρού ρυζιού, ποσότητα που δεν καλύπτει τις καθημερινές ανάγκες σε βιταμίνη Α. Ιδιαίτερα τα μικρά παιδιά είναι πιο επιρρεπή στην έλλειψη αυτής της βιταμίνης, καθώς δεν καταναλώνουν επαρκείς ποσότητες στερεάς τροφής. Επιπλέον, υπάρχουν ανησυχίες ότι η παρουσία ξένων γονιδίων στο ρύζι θα μπορούσε να επηρεάσει την τοξικότητά του, να μειώσει τη διατροφική του αξία και να περιπλέξει τη γενετική μεταφορά (Karkee, 2021).

2.5 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το ρύζι ανήκει στο γένος *Oryza* και στη φυλή *Oryzaceae* της οικογένειας *Gramineae* (*Poaceae*). Το γένος *Oryza* περιλαμβάνει 25 αναγνωρισμένα είδη, εκ των οποίων τα 23 είναι άγρια είδη και δύο, το *O. sativa* και το *O. Glaberrima* θεωρούνται καλλιεργούμενα είδη (Tripathi et. Al., 2011).

Το *O. sativa* είναι το πιο ευρέως καλλιεργούμενο από τα δύο καλλιεργούμενα είδη. Καλλιεργείται παγκοσμίως, μεταξύ άλλων και στην Ασία, Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρωπαϊκή Ένωση, Μέσης Ανατολής και στις αφρικανικές χώρες. Ωστόσο, το *O. glaberrima* καλλιεργείται αποκλειστικά στη Δυτική Αφρική (Tripathi et. Al., 2011).

Η επιστημονική βιβλιογραφία αποκαλύπτει διάφορες δυσκολίες, που συνδέονται με τη χρήση άγριων ειδών *Oryza*, ιδίως όσον αφορά την ταυτοποίηση. Κατά τη διάρκεια ενός πειράματος, μπορεί να είναι σαφές ότι το βλαστικό πλάσμα έχει ταυτοποιηθεί λανθασμένα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις η λανθασμένη ταυτοποίηση μπορεί να είναι λιγότερο προφανής (Vaughan et. Al., 2003).

Για τα είδη που μπορούν να ταυτοποιούνται εύκολα με βάση τη μορφολογία τους, αυτό δεν θα πρέπει να αποτελεί πρόβλημα. Ωστόσο, η μορφολογική διάκριση μεταξύ ειδών που είναι συμβατά μεταξύ τους συχνά δεν είναι σαφείς. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, μεταξύ των Ασιατικών, Αυστραλιανών και Λατινοαμερικανικών ειδών του γονιδιώματος AA και μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων (Vaughan et. Al., 2003).

Χρησιμοποιώντας μια ανάλυση RAPD, οι Martin κ.ά. [40] ανέφεραν ότι 16 από τις 93 προσθήκες του γονιδιώματος AA που αναλύθηκαν είχαν ταυτότητα που φαινόταν να διαφέρει από εκείνη που παρείχε η τράπεζα γονιδίων. Παρά τη σακκοποίηση των πανέλων, είναι αδύνατο να αποκλειστεί ο υβριδισμός μεταξύ διασταυρούμενων συμβατών βλαστών κατά την αναγέννηση σε μια τράπεζα γονιδίων. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις κατά την επιλογή του βλαστικού πλάσματος για χρήση σε συγκριτικές μελέτες (Vaughan et. Al., 2003).

2.6 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ

Το *Oryza sativa* είναι σε μεγάλο βαθμό ένα αυτογόνιμο φυτό (αυτογονιμοποιούμενο) που πολλαπλασιάζεται μέσω σπόρων που παράγονται με αυτοεπικονίαση. Η διασταυρούμενη επικονίαση μεταξύ άγριων ειδών και ποικιλιών *Oryza sativa* έχει αναφερθεί ότι συμβαίνει σε φυσικά ενδιαίτηματα. Ο βαθμός διασταύρωσης έχει αναφερθεί ότι είναι γενικά υψηλότερος στις ποικιλίες Indica και στα άγρια είδη απ' ό,τι στις ποικιλίες Japonica (Tripathi et. El., 2011).

Αγενής αναπαραγωγή

Αν και το *Oryza sativa* καλλιεργείται ετησίως, τα φυτά του ρυζιού μπορούν να αναπτύσσονται βλαστικά και συνεχώς υπό ευνοϊκές συνθήκες νερού και θερμοκρασίας, ακόμη και μετά την παραγωγή σπόρων. Αυτός ο πολυετής χαρακτήρας του *Oryza sativa* θεωρείται ότι έχει κληρονομηθεί από το προγονικό είδος *Oryza rufipogon* (Tripathi et. El., 2011).

Υπό φυσικές συνθήκες, οι οφθαλμοί των βασικών κόμβων των φυτών του ρυζιού, αρχίζουν να αναπτύσσονται εκ νέου μετά τη συγκομιδή των κόκκων ρυζιού. Αυτοί οι νέοι καλλιεργητές, αναπτύσσονται καλύτερα σε συνθήκες μακράς ημέρας και χρησιμοποιούνται σε ορισμένες χώρες για την απόκτηση δεύτερης συγκομιδής (Tripathi et. El., 2011).

Οι τεχνικές καλλιέργειας κυττάρων και των ιστών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων και την αναπαραγωγή ιστών ή φυτών αγενώς υπό τις κατάλληλες καλλιεργητικές συνθήκες. Τα απλοειδή φυτά μπορούν εύκολα να ληφθούν μέσω της καλλιέργειας των ανθέων και γίνονται διπλοειδή αυθόρμητα ή όταν αντιμετωπίζονται τεχνητά με χημικές ουσίες (Tripathi et. El., 2011).

Μέθοδοι αναπαραγωγικής απομόνωσης

Η συνήθης μέθοδος αναπαραγωγικής απομόνωσης στην περίπτωση του ρυζιού, είναι η χωρική απομόνωση. Σε περίπτωση ποικιλιών, έχει προταθεί απόσταση απομόνωσης 3 μέτρων για την παραγωγή σπόρων (Tripathi et. El., 2011).

Για τα υβρίδια, η απαίτηση απόστασης απομόνωσης είναι 200 μέτρα. Έχει επίσης αναφερθεί, ότι η εξόρμηση μπορεί να αποφευχθεί με την κατανομή ποικιλιών με επαρκώς διαφορετικό χρόνο ωριμότητας σε γειτονικούς αγρούς ή με την υιοθέτηση επαρκώς διαφορετικών ημερομηνιών φύτευση (Tripathi et. El., 2011).

2.7 ΕΧΘΡΟΙ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΙΕΣ

2.7.1 Εχθροί

Τα ασπόνδυλα παράσιτα δεν αποτελούν σημαντικό πρόβλημα για την παραγωγή ρυζιού στην Ευρώπη. Μερικά, όπως τα έντομα και τα σκουλήκια μπορούν να επηρεάσουν τη φάση εγκατάστασης της καλλιέργειας (Ferrero, 2007).

Βλαστοφάγοι

Οι βλαστοφάγοι συνιστούν τους πιο σοβαρούς εχθρούς του ρυζιού σε παγκόσμιο επίπεδο. Τρεις οικογένειες εντόμων, οι Noctuidae, Diopsidae και Pyralidae, έχουν καταγραφεί ως βλαστοφάγοι του ρυζιού, ενώ οι πυραλίδες είναι οι πιο εξειδικευμένες και καταστροφικές (Iqbal, 2020).

Στην Ασία, οι πιο επικίνδυνες και ευρέως διαδεδομένες εκλογές περιλαμβάνουν τα *Scirpophaga incertulas*, *Chilo suppressalis*, *Sesamia inferens*, *Scirpophaga innotata* και *Chilo polychrysus*. Οι *Chilo suppressalis* και *Scirpophaga incertulas* ευθύνονται για ζημιές που κυμαίνονται από 5-10% της συνολικής παραγωγής ρυζιού στην περιοχή αυτή (Iqbal, 2020).

Η σίτιση και η διάτρηση των φύλλων από τα εκκολαπτόμενα έντομα προκαλούν μεγάλες επιμήκεις, υπόλευκες, λεκιασμένες ζώνες στους βλαστούς. Ενώ σπάνια προκαλούν συρρίκνωση και ξήρανση των άκρων των φύλλων, στο μέσον της αναπτυξιακής περιόδου, το κεντρικό στέλεχος των φύλλων μαυρίζει και στεγνώνει, παρά τη διατήρηση του πράσινου χρώματος στα κατώτερα φύλλα. Αυτή η κατάσταση αναφέρεται ως "νεκρή καρδιά", με τους μολυσμένους βλαστούς να ξεραίνονται (Iqbal, 2020).

Οι γεωπονικές πρακτικές άσκησης καλλιέργειών επιδρούν σημαντικά στον πληθυσμό των βλαστοφάγων. Υψηλές δόσεις αζωτούχων λιπασμάτων προσφέρουν καλύτερη θρέψη στα φυτά και οδηγούν σε υψηλότερες αποδόσεις. Ωστόσο, διευκολύνουν επίσης την εμφάνιση βακτηριακών και μυκητιασικών ασθενειών, αυξάνοντας τη συνωστισμένη κατάσταση των καλλιιεργειών και την ευαισθησία των ιστών, γεγονός που ευνοεί την ανάπτυξη των βλαστοφάγων (Iqbal, 2020).

Γενικά, τα έντομα τείνουν να αναπτύσσονται ταχύτερα, να παράγουν περισσότερους απογόνους και να ολοκληρώνουν περισσότερες γενεές ανά καλλιέργεια όταν οι συνθήκες είναι πλούσιες σε άζωτο, με αποτέλεσμα να προκαλούν μεγαλύτερες ζημιές. Η ωοτοκία των βλαστοφάγων ευνοείται από την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων. Για τη διαχείρισή τους, το άζωτο πρέπει να εφαρμόζεται σε διαχωρισμένες δόσεις σε βέλτιστες ποσότητες. Η χρησιμοποίηση μορφών λιπασμάτων με αργή απελευθέρωση αζώτου (όπως η θειοποιημένη ουρία ή η υπερ-κοκκία ουρίας) μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και στη μείωση της προσβολής από εχθρούς. Επιπλέον, η εφαρμογή διοξειδίου του πυριτίου ενισχύει την ανθεκτικότητα της καλλιέργειας έναντι των βλαστοφάγων (Iqbal, 2020).

Σκώληκες

Οι γαιοσκώληκες ή τα σκουλήκια, τρέφονται κυρίως από φυτά ρυζιού. Αν και έχουν παρόμοιες τάσεις, μπορούν να διακριθούν εύκολα λόγω των επιθετικών τους συνηθειών. Οι εξερχόμενοι σκώληκες αναπτύσσονται στα επάνω μέρη του φυτού, αφήνοντας συχνά μόνο τα μεσογονάτια μέρη ανέγγιχτα. Από την άλλη, οι νεοσσοί του κοπτικού σκουληκιού εκδηλώνονται κυρίως στα υπόγεια τμήματα των φυτών (Iqbal, 2020).

Ένα από τα πιο γνωστά είδη είναι το *Mythimna (Pseudaletia) unipuncta*, το οποίο προκαλεί περιοδικώς απώλειες στις καλλιέργειες. Το *M. unipuncta* είναι πολυφάγο και αποτελεί σοβαρό παράσιτο για το σιτάρι, το ρύζι, το κριθάρι, τη βρώμη, καθώς και για άλλες καλλιέργειες που δεν ανήκουν στην οικογένεια των γρασιδιών. Είναι ιθαγενές στη Βόρεια Αμερική, αλλά έχει καταγραφεί σε πολλές περιοχές της Ασίας, της Ευρώπης και της Αυστραλίας. Στο κεφάλαιο αυτό, αναφέρονται οι επικίνδυνες κάμπιες όπως η θερμαντική κάμπια του ρυζιού, η φθινοπωρινή βραχιόλι και η κοινή κοπτοραπτική κάμπια (Iqbal, 2020).

Κάμπια του ρυζιού

Η κάμπια του ρυζιού (*Spodoptera mauritia acronyctoides*) σπάνια προκαλεί σοβαρές ζημιές στις καλλιέργειες ρυζιού. Ο κύριος ξενιστής αυτού του πολυφάγου εντόμου είναι το ορεινό ρύζι, αλλά μπορεί επίσης να προσβάλει ζιζάνια και καλλιέργειες σιτηρών. Ορισμένα είδη κάμπιας είναι πολύ κοινά στη Νότια Ινδία και ευρύτερα στη Νοτιοανατολική και Ανατολική Ασία, με την κάμπια του ρυζιού να αποτελεί το πιο ζημιογόνο παράσιτο από τα αρματώδη σκουλήκια στο ρύζι (Iqbal, 2020).

Αυτές οι κάμπιες συχνά εμφανίζονται αιφνίδια σε μεγάλους αριθμούς και μετακινούνται από χωράφι σε χωράφι. Γενικά, επηρεάζουν κυρίως το φυτώριο του ρυζιού, ενώ οι μεταφυτευμένες καλλιέργειες δεν πλήττονται σοβαρά. Οι νεοεκκολαπτόμενες προνύμφες του φυτού προκαλούν μια άρρωστη όψη με κομμένα φύλλα και μαρασμένα (Iqbal, 2020).

Φθινοπωρινό σκουλήκι

Το φθινοπωρινό αρματωμένο σκουλήκι (*Spodoptera frugiperda*) προκαλεί οικονομικές ζημιές στις καλλιέργειες ρυζιού, αν και εμφανίζεται μόνο σε περιοδικά διαστήματα. Είναι επίσης γνωστό ως νότιος αρουραίος, σκουλήκι χόρτου και σκουλήκι υπερχειλίσης. Επηρεάζει επίσης άλλες καλλιέργειες, όπως δημητριακά, αγρωστώδη, καπνό, βαμβάκι, όσπρια και λάχανο. Έχει παρατηρηθεί κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική, αλλά είναι κοινό στις Κεντρικές και Νότιες Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς και σε νεοτροπικές περιοχές (*Iqbal, 2020*).

Οι εκκολαπτόμενες προνύμφες τρέφονται με τα φύλλα, αφήνοντας την επιδερμίδα άθικτη. Στην αρχή, καταναλώνουν μόνο τα πιο ευαίσθητα μέρη των φύλλων, ενώ καθώς αναπτύσσονται, μπορούν να φάνε όλο το φύλλωμα, αφήνοντας πίσω μόνο τα σκληρά μέρη του φυτού. Η ζημιά γίνεται εμφανής περίπου 3-4 ημέρες μετά την εισβολή και η έντονη αποφύλλωση ολοκληρώνεται όταν οι νεοσσοί συγκεντρώνονται στα φυτά (*Iqbal, 2020*).

Μυρμήγκια

Το μυρμήγκι είναι ένα κοινωνικό έντομο που συναντάται σε διάφορους βιοτόπους, αλλά είναι πιο συχνά εντοπισμένο σε ξηροσπαρμένα ρυζοχώραφα, βροχερούς υγροτόπους και ορεινές περιοχές. Στην Ασία, ορισμένα από τα πιο κοινά είδη μυρμηγκιών που προκαλούν σοβαρές ζημιές είναι τα *Pheidologeton diversus*, *Pheidole* sp., *Solenopsis geminata* και *Munomorium pharaonis* (*Iqbal, 2020*).

Οι συγκεκριμένοι τύποι μυρμηγκιών, όπως τα μυρμήγκια συγκομιδής και τα μυρμήγκια φωτιάς, τρέφονται κυρίως με σπόρους ρυζιού που δεν έχουν βλαστήσει, προκαλώντας ζημιές στα φυτά. Οι φωλιές τους συχνά βρίσκονται σε αναχώματα ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους σε ορεινές καλλιέργειες. Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι μη βλαστημένοι σπόροι, αυτά τα μυρμήγκια ενδέχεται να επιτεθούν και σε βλαστημένους σπόρους. Οι ζημιές που προκαλούνται από τα μυρμήγκια οδηγούν σε αποσπασματική και μειωμένη ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, τα μυρμήγκια συνεργάζονται με τις αφίδες για να δημιουργήσουν σήραγγες στο έδαφος, οι οποίες σχετίζονται με τα ριζικά συστήματα των φυτών (*Iqbal, 2020*).

Συνήθως, τα μυρμήγκια επιτίθενται στους σπόρους μετά τη σπορά, γι' αυτό και για να μειωθούν οι απώλειες, προτείνεται η χρήση αυξημένου ποσοστού σπόρων. Η εφαρμογή σκόνης εντομοκτόνου στους σπόρους συμβάλλει στον έλεγχο των μυρμηγκιών στα ρυζοχώραφα (*Iqbal, 2020*).

Τερμίτες

Οι τερμίτες ανήκουν στην οικογένεια Termitidae και είναι γνωστοί ως λευκά μυρμήγκια, καθώς εμφανίζουν ένα επίγειο τρόπο ζωής και έχουν μια κοινωνική δομή με καστές όπως

εργάτες, βασιλιάς, βασίλισσα και στρατιώτες. Οι τερμίτες δεν μπορούν να αφομοιώσουν την κυτταρίνη λόγω της απουσίας πρωτοζώων στο πεπτικό τους σύστημα (*Iqbal, 2020*).

Αυτά τα έντομα καλλιεργούν μύκητες σε συγκεκριμένα υπόγεια κύτταρα, οι οποίοι είναι ικανοί να διασπάσουν την κυτταρίνη. Οι τερμίτες αποτελούν σοβαρή απειλή για τις καλλιέργειες ρυζιού σε ορεινές περιοχές και μπορεί να εμφανίζονται επίσης σε εδάφη με ελαφριά υφή σε βροχερούς υγρότοπους. Στην Αφρική, οι τερμίτες από τα γένη *Macrotermes* και *Microtermes* έχουν καταγραφεί ως παράσιτα στα ορεινά ρυζοχώρα που καλλιεργούνται με φυσική βροχόπτωση. Σημαντικά προβλήματα προκαλούνται από τους τερμίτες τόσο στην Αφρική όσο και στη Λατινική Αμερική (*Iqbal, 2020*).

Η υφή του εδάφους και η υγρασία του παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση του ρυθμού διείσδυσης. Τα εδάφη με ελαφρύτερη σύσταση και χαμηλή υγρασία παρουσιάζουν περισσότερες διηθήσεις. Οι τερμίτες προτιμούν να επιτίθενται σε παλαιότερα φυτά με υψηλότερη περιεκτικότητα σε κυτταρίνη, καθώς επιτίθενται και σε φυτά που αντιμετωπίζουν αφυδάτωση. Δημιουργούν λαγούμια κατά μήκος των κορμών των φυτών και στη συνέχεια τρέφονται με τις ρίζες τους (*Iqbal, 2020*).

Για την αντιμετώπιση των τερμιτών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας εναλλακτικός ξενιστής κατά την φύτευση, όπως τα υπολείμματα άλλων καλλιεργειών που μπορεί να παραγκωνίσουν τους τερμίτες από τις κύριες καλλιέργειες. Η αφαίρεση των κατεστραμμένων φυτών από τα χωράφια συμβάλλει στη μείωση της εξάπλωσης των τερμιτών (*Iqbal, 2020*).

Για την καταπολέμηση αυτών των εντόμων στα ρυζοχώρα, χρησιμοποιούνται διάφορα εντομοκτόνα. Οι κοκκώδεις εφαρμογές εντομοκτόνων στις αναχωματώσεις και στα αυλάκια σποράς, καθώς και η επεξεργασία με εντομοκτόνα κατά την φύτευση, είναι οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι ελέγχου των τερμιτών (*Iqbal, 2020*).

2.7.2 Ασθένειες

Η ανάπτυξη του ρυζιού επηρεάζεται από διάφορες ασθένειες. Οι κυριότερες ασθένειες στους ευρωπαϊκούς αγρούς ρυζιού είναι αυτές που προκαλούνται από παρασιτικούς μύκητες, όπως: *Pyricularia oryzae* (*Magnaporthe grisea*), ο παράγοντας της έκρηξης. *Bipolaris oryzae* (*Cochliobolus miyabeanus*), ο παράγοντας της ασθένειας της καφέ κηλίδας, *Fusarium moniliforme* (*Gibberella fujikuroi*), ο παράγοντας της ασθένειας *bakanae* (*Ferrero, 2007*).

Άλλοι μύκητες μπορεί να βλάψουν την ανάπτυξη του ρυζιού, όπως για παράδειγμα ο *Sclerotium oryzae*, ο παράγοντας της βλαστικής σήψης και εκείνων που προκαλούν την απόσβεση των σποροφύτων (*Ferrero, 2007*).

Στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης όπου καλλιεργείται ρύζι, τα συμπτώματα ασθενειών είναι συχνά ορατά, αν και οι σοβαρές επιδημίες και οι μεγάλες απώλειες παραγωγής είναι σχετικά σπάνιες. Οι περισσότερες παθογόνες οργανώσεις μεταδίδονται είτε μέσω σπόρων είτε από το έδαφος, και αναπαράγονται κυρίως μέσω των πρέμνων. Η εφαρμογή μυκητοκτόνων στους σπόρους μπορεί να μειώσει σημαντικά την εμφάνιση μυκητολογικών ασθενειών, ειδικά την απόσβεση των σποροφύτων (*Ferrero, 2007*).

Για να προληφθούν οι ασθένειες, είναι σημαντική η σωστή εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τον κατάλληλο χρόνο και την απαιτούμενη ποσότητα. Η ανάλυση του εδάφους είναι χρήσιμη για την εύρεση του σωστού συνδυασμού θρεπτικών στοιχείων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην πιθανότητα έλλειψης καλίου, καθώς αυτό μπορεί να προκαλέσει ανισορροπίες στη κυτταρική συγκέντρωση, που επηρεάζει την αντοχή των φυτών στις ασθένειες (*Ferrero, 2007*).

Οι καλλιεργητές ρυζιού συνήθως είναι καλά ενημερωμένοι για τα σημάδια μιας αρχικής μυκητιακής προσβολής. Ένα από τα κύρια σημάδια υψηλής ευαισθησίας σε μια ασθένεια είναι η πρόωρη και υπερβολικά έντονη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της βλαστικής φάσης. Σε μια τέτοια περίπτωση, είναι επιτακτική ανάγκη να γίνει άμεσα αποστράγγιση και να διατηρούνται οι ορυζώνες όσο πιο ξηροί γίνεται (*Ferrero, 2007*).

Όταν η προσβολή από παθογόνα προκαλεί τις πρώτες κηλίδες στα φύλλα, είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν εγκαίρως ειδικά μυκητοκτόνα (*Ferrero, 2007*).

Για την καταπολέμηση της ασθένειας της έκρηξης, συνήθως πραγματοποιούνται δύο επεμβάσεις: η πρώτη όταν εμφανίζονται οι αρχικές κηλίδες στα φύλλα, κατά την περίοδο σχηματισμού του πανικού (ή και λίγο αργότερα), και η δεύτερη κατά την εκκόλαψη των φυτών, λίγο πριν την εξάντληση της λοβής (κεφαλής). Σε ορισμένες περιπτώσεις προτείνεται να γίνει μόνο η δεύτερη θεραπεία (*Ferrero, 2007*).

Στην Ευρώπη, τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα για την καταπολέμηση των βλαστικών ασθενειών είναι τα: tricyclazole, azoxystrobin, pyroquilon, isprothiolane, prochloraz και tebuconazole (*Ferrero, 2007*).

Τα τελευταία χρόνια, έχει δοθεί έμφαση στην ανάπτυξη ποικιλιών ρυζιού που είναι ανθεκτικές στις κυριότερες ασθένειες που πλήττουν το φυτό (*Ferrero, 2007*).

Πυρκαγιά

Η σποροξήρανση οφείλεται σε διάφορους μύκητες που μπορούν να προέλθουν από το έδαφος και τους σπόρους, όπως οι *Curvularia*, *Cochiobolus*, *Fusarium*, *Sarocladium*, *Sclerotium* και *Rhizoctonia*. Αυτή η ασθένεια εκδηλώνεται με καστανές, λεπτές και ακανόνιστες κηλίδες στα φυτά του ρυζιού, είτε στο σημείο ανάπτυξης είτε στα κολεόπτιλα (*Iqbal, 2020*).

Οι μύκητες εισέρχονται στα ανώριμα σπορόφυτα προκαλώντας ζημιά. Τα προσβεβλημένα σπορόφυτα που αναδύονται από το έδαφος μπορεί να πεθάνουν ξαφνικά. Για την ελαχιστοποίηση της προσβολής από τους μύκητες, είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται σωστές γεωπονικές πρακτικές, όπως η σπορά πρώιμων ποικιλιών. Η αποστράγγιση του χωραφιού και η φύτευση των σπόρων σε ιδανικές θερμοκρασίες αποτελούν τα πιο αποτελεσματικά μέτρα ελέγχου της ασθένειας. Επιπλέον, η επεξεργασία των σπόρων με μυκητοκτόνα που προσφέρουν προστασία συμβάλλει στην πρόληψη των ζημιών και εξασφαλίζει ικανοποιητικές αποδόσεις (Iqbal, 2020).

Μούχλα

Η μούχλα είναι μία μυκητολογική ασθένεια που σχετίζεται με τα είδη *Achlya* και *Pythium*. Η παρουσία της μούχλας του νερού γίνεται αντιληπτή ως ένα κλωνάρι μυκήτων γύρω από τους σπόρους στην επιφάνεια του εδάφους (Iqbal, 2020).

Μετά τη διαδικασία αποστράγγισης των πλημμυρών, οι σπόροι μπορεί να σαπίσουν, με αποτέλεσμα την εμφάνιση πρασινωπών-καφέ ή χάλκινων-καφέ κηλίδων στην επιφάνεια του εδάφους, μεγάλης διάστασης περίπου όσο ένα κέρμα, με σάπιο σπόρο στο κέντρο. Αυτή η απόχρωση οφείλεται στην παρουσία πράσινων φυκών και βακτηρίων που αναμειγνύονται με τις υφές των μυκήτων (Iqbal, 2020).

Η αποστράγγιση και το ξέπλυμα της σποράς μπορούν να συμβάλλουν στην πρόληψη της μούχλας του νερού. Η περιοδική κατάκλυση βοηθά επίσης στη μείωση της ζημιάς που προκαλείται από την νερομουχρίτσα. Είναι σημαντικό να μην ξεκινά η σπορά πριν η μέση ημερήσια θερμοκρασία φτάσει τους 35 °C. Τέλος, η επεξεργασία του σπόρου με τα προτεινόμενα μυκητοκτόνα συμβάλλει σημαντικά στην ελαχιστοποίηση των ζημιών (Iqbal, 2020).

Σκωρίαση της κόμης

Η σκωρίαση της κόμης είναι μια δευτερεύουσα ασθένεια του ρυζιού, η οποία προκαλείται από το είδος *Erwinia*. Αν και σπάνια παρατηρείται, τα συμπτώματα εκδηλώνονται κατά την κορύφωση της ανάπτυξης του φυτού. Η περιοχή της κόμης παρουσιάζει σάπισμα και μαλακότητα, γεγονός που επηρεάζει τους χαμηλότερους μεσογονάτιους κόμβους και προκαλεί μια δυσάρεστη οσμή. Τα φυτά αρχίζουν να μαραίνονται σταδιακά, ενώ οι ρίζες μαυρίζουν και εμφανίζουν αποχρωματισμένες ραβδώσεις. Σημειώνεται ότι αντίστοιχος αποχρωματισμός μπορεί να προκληθεί λόγω λανθασμένης χρήσης ορμονικών ζιζανιοκτόνων, όπως το 2,4-D. Σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχουν ειδικές πρακτικές καταπολέμησης που να συνιστώνται (Iqbal, 2020).

Σήψη ριζών

Η σήψη των ριζών είναι μια μυκητιασική ασθένεια, γνωστή επίσης ως νέκρωση των ριζών τροφοδοσίας, προκαλούμενη από τα *Pythium dissotocum*, *Pythium spinosum* και άλλα είδη *Pythium*. Η ασθένεια αυτή οδηγεί σε μαύρο αποχρωματισμό των ριζών, ο οποίος μειώνει την ικανότητα απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων (Iqbal, 2020).

Ως αποτέλεσμα, τα φύλλα αρχίζουν να κιτρινίζουν και τα φυτά χάνουν τη ζωτικότητα τους. Η σωστή λίπανση μπορεί να βελτιώσει τα συμπτώματα, αν και συνοδεύεται από μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων (Iqbal, 2020).

Η διαχείριση του σκουληκιού της ρίζας μπορεί να συμβάλει στην ελάφρυνση της σήψης, ενώ η αποστράγγιση του εδάφους ενισχύει την ανάπτυξη των ριζών, εντούτοις μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αποδοτικότητα της θρεπτικής τους χρήσης και να οδηγήσει σε άλλες προκλήσεις, όπως η εξάπλωση ζιζανίων (Iqbal, 2020).

Κόμβος ρίζας

Ο κόμβος ρίζας προκαλείται από τον νηματώδη *Meloidogyne*, ο οποίος ευδοκιμεί υπό ξηρές και θερμές συνθήκες. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν διογκωμένες ρίζες και σχηματισμούς κόμβων ή γόμφων. Τα φυτά αποκτούν κίτρινο χρώμα, γίνονται νάνα και χάνουν τη ζωτικότητα τους. Αν και η ασθένεια αυτή είναι σπάνια, οι απώλειες στην απόδοση είναι ελάχιστες (Iqbal, 2020).

Βακτηριακή προσβολή των φύλλων

Η βακτηριακή κηλίδα που προσβάλλει τα φύλλα είναι αποτέλεσμα του βακτηρίου *Xanthomonas campestris* και συνιστά σοβαρή πάθηση για το ρύζι, ιδίως κατά τη βροχερή περίοδο (Iqbal, 2020).

Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως επιμήκεις βλάβες κοντά στις άκρες των φύλλων, οι οποίες μπορεί να έχουν μήκος αρκετών εκατοστών και αναγνωρίζονται από την υδαρή τους εμφάνιση. Στην αρχή, οι άκρες των φύλλων γίνονται λευκές, στη συνέχεια κιτρινίζουν και τελικά μετατρέπονται σε γκριζες αποχρώσεις εξαιτίας των σαπροφυτικών μυκήτων. Οι άκρες κυματίζουν, οδηγώντας σε θάνατο του φύλλου και του φυτού, με αποτέλεσμα οι κόκκοι να παραμένουν κενοί (Iqbal, 2020).

Για την αποτελεσματική διαχείριση της βακτηριακής προσβολής, είναι σημαντικό να οργώνεται το άχυρο και τα υπολείμματα στο έδαφος μετά τη συγκομιδή. Η καύση των προσβεβλημένων φυτών συμβάλλει στη μείωση των κινδύνων εξάπλωσης της ασθένειας. Η σωστή προετοιμασία του εδάφους και η χρήση σπόρων υψηλής ποιότητας μειώνουν τις πιθανότητες εκδήλωσης της πάθησης. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ανθεκτικών ποικιλιών για την πρόληψη της ασθένειας. Η υπερβολική εφαρμογή αζώτου μπορεί να

ευνοήσει την ασθένεια, γι' αυτό προτείνεται να γίνεται η εφαρμογή του σε κατανεμημένες δόσεις (Iqbal, 2020).

Αλτερνάρια

Η πάθηση αυτή, γνωστή και ως *Alternaria leaf spot*, προκαλείται από τον μύκητα *Alternaria padwickii* και παρατηρείται συχνά σε περιοχές καλλιέργειας ρυζιού σε όλο τον κόσμο. Χαρακτηρίζεται από στρογγυλά ή ωοειδή λευκά ή ανοιχτόχρωμα στίγματα που έχουν κοκκινωπό-καφέ περιθώριο. Οι κοντινές κηλίδες μπορούν να συγχωνευθούν, δημιουργώντας διπλές ωοειδείς εστίες. Στο κέντρο κάθε κηλίδας ενδέχεται να εμφανιστεί μία μικρή μαύρη δομή που σχετίζεται με την καρποφορία του μύκητα (Iqbal, 2020).

Η θεραπεία των σπόρων με μυκητοκτόνα μπορεί να περιορίσει την προσβολή των σποροφύτων, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα μόλυνσης των φύλλων μέσω της μείωσης των διαθέσιμων σπορίων (Iqbal, 2020).

2.8 ΤΡΟΦΟΠΕΝΙΕΣ

Οι ελλείψεις μικροθρεπτικών στοιχείων σπάνια παρατηρούνται σε όξινα έως ελαφρώς όξινα αργιλώδη εδάφη ($\text{pH} = 5$ έως $6,5$). Αντίθετα, ιλυώδη και αμμοπηλώδη εδάφη, καθώς και εδάφη με υψηλό pH ($>7,5$), είναι πιο επιρρεπή σε ελλείψεις ψευδαργύρου (Zn). Επιπλέον, εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε διαθέσιμο φωσφόρο και χαμηλή οργανική ουσία ενδέχεται επίσης να παρουσιάσουν ανεπάρκεια ψευδάργυρου (Walker and Street, 2003).

Έλλειψη ψευδάργυρου

Η έλλειψη ψευδαργύρου στα νεαρά φυτά ρυζιού μπορεί να εκδηλωθεί με διάφορους τρόπους. Τα φυτά μπορεί να αποκτούν χάλκινη απόχρωση, με τα φύλλα να εμφανίζουν συχνά ένα ακανόνιστο σκουριασμένο μοτίβο. Όταν εξεταστούν προσεκτικά παρατηρείται πτώση των φύλλων και ωχρότητα. Το κάτω τμήμα των φύλλων μπορεί να αποκτά ωχροπράσινη απόχρωση από 2 έως 4 ημέρες μετά την πλημμύρα, και τα φύλλα γίνονται κιτρινωπά και αρχίζουν να ξεραίνονται από 3 έως 7 ημέρες μετά την πλημμύρα. Αυτά τα συμπτώματα είναι πιο έντονα σε περιοχές με ψυχρά νερά και στις περιπτώσεις όπου η πλημμύρα είναι πιο βαθιά (Walker and Street, 2003).

Το ζήτημα της ανεπάρκειας μπορεί να γίνει πιο σοβαρό εξαιτίας των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών τη νύχτα, ειδικά όταν εφαρμόζονται μεγάλες ποσότητες μη αποσυντεθειμένης οργανικής ύλης, όπως το άχυρο στο ρυζώνα, σε ψυχρές συνθήκες. Σε αλατούχα και αλκαλικά εδάφη, καθώς και σε περιοχές με κακή αποστράγγιση, η υπερβολική χρήση λιπασμάτων N, P

και Κ σε χωράφια όπου απομακρύνεται το ανώτερο στρώμα του εδάφους καθιστά την ποικιλία Vijetha πιο ευάλωτη σε ανεπάρκεια Ζn (*Vijay και Roy, 2013*).

Έλλειψη θείου

Μια ξαφνική δυσάρεστη μυρωδιά υδρόθειου, παρόμοια με αυτή των σάπιων αυγών, μπορεί να προέρχεται από το έδαφος. Το φυτό θα εμφανίσει μαύρες κηλίδες στις ρίζες του, οι οποίες θα γίνουν κοκκινωποκαφέ όταν εκτεθούν στον αέρα. Η καλλιέργεια αρχίζει να μαραίνεται, με τα μεγάλα φύλλα να κιτρινίζουν και να στεγνώνουν πρόωρα. Οι περιοχές του πεδίου θα δείχνουν παραμελημένη εμφάνιση. Η ανεπάρκεια σε θείο μπορεί να διορθωθεί με την εφαρμογή αζωτούχων λιπασμάτων όπως το Ασβέστιο νιτρικό αμμώνιο (CAN). Επίσης, η συχνή αποστράγγιση του εδάφους μπορεί να μειώσει τη ζημιά (*Vijay and Roy, 2013*).

Έλλειψη Αζώτου

Η οργανική ύλη του εδάφους παρέχει σημαντικές ποσότητες αζώτου, το οποίο είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη και τη βέλτιστη απόδοση του ρυζιού. Το άζωτο αποτελεί κρίσιμο συστατικό για τη σύνθεση αμινοξέων και πρωτεϊνών, καθώς και νουκλεϊκών οξέων και χλωροφύλλης (*Shrestha et al., 2020*).

Τα πρώτα σημάδια ανεπάρκειας ενδέχεται να παρατηρηθούν αρχικά στους παλαιότερους και έπειτα στους νεότερους σπόρους, και σε πιο προχωρημένο στάδιο θα εμφανιστούν χλωρωτικά σημεία ή ακόμη και νέκρωση φυτικών οργάνων, εάν η έλλειψη αυξάνεται δραματικά (*Shrestha et al., 2020*).

Έλλειψη Φωσφόρου

Ο φωσφόρος (P) διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές διαδικασίες των φυτών, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης του γενετικού υλικού και της παραγωγής ενέργειας μέσω της σύνθεσης ATP και νουκλεοτιδίων (*Shrestha et al., 2020*).

Η σοβαρή έλλειψη φωσφόρου μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη και στην παραγωγικότητα των φυτών. Στο ρύζι, ο φωσφόρος είναι σημαντικό για την ανάπτυξη της ρίζας, καθώς επίσης προάγει την ωρίμανση και την πρόωπη άνθηση, ενώ ενισχύει την αντοχή σε διάφορες βιοτικές και αβιοτικές πιέσεις (*Shrestha et al., 2020*).

Η ανεπάρκεια φωσφόρου μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στην ωρίμανση του ρυζιού και να αυξήσει την ευπάθεια σε ασθένειες. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, το ρύζι αρχίζει να συσσωρεύει ξηρή ύλη και οι ενδείξεις έλλειψης φωσφόρου μπορεί να γίνουν εμφανείς με τη μορφή καχεξίας και σκουρόχρωμων φύλλων. Αυτή η έλλειψη μπορεί να καθυστερήσει την ωρίμανση του ρυζιού κατά μία ή δύο εβδομάδες. Η απορρόφηση φωσφόρου από το ρύζι εξαρτάται από τη δυναμική του εδάφους και τις ιδιότητες απορρόφησης, με περιορισμένες

αντιδράσεις σε άλλα κύρια και δευτερεύοντα θρεπτικά στοιχεία όπως το κάλιο, το άζωτο και τον ψευδάργυρο (Shrestha et al., 2020).

Έλλειψη Καλίου

Το κάλιο παίζει καίριο ρόλο στην ανάπτυξη των ριζών, στη στήριξη της υγιούς ανάπτυξης των φυτών, στη μείωση της καταπόνησης, στην προώθηση της κυτταρικής διαίρεσης, καθώς και στην παροχή οσμωτικής πίεσης. Συμβάλλει επίσης στην εξουδετέρωση των οργανικών οξέων και ενισχύει την ανθεκτικότητα των σπόρων απέναντι σε είναι παρασιτικά φαινόμενα και ασθένειες, υποστηρίζοντας έτσι τη διατήρηση του μεταβολισμού τους (Shrestha et al., 2020).

Το κάλιο θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά θρεπτικά συστατικά, αμέσως μετά το άζωτο, που είναι απαραίτητο για το ρύζι. Είναι κρίσιμο να παρακολουθούνται τα επίπεδά του, ιδιαίτερα σε συνθήκες υγρασίας που επηρεάζουν τη λιγνίωση των αγγείων. Η κατάλληλη χρήση καλίου σχετίζεται άμεσα με τη λιγνινοποίηση των κυττάρων του σκληρεγχύματος, καθώς και με τις αγγειακές δομές που ενισχύουν την αντίσταση στη βαρύτητα (Shrestha et al., 2020).

Τα κύρια σημάδια έλλειψης καλίου στο ρύζι περιλαμβάνουν τη μεσοκυττάρια χλώρωση και την εμφάνιση περιθωρίων στα κατώτερα φύλλα, τα οποία αρχίζουν από τις άκρες. Αυτά τα συμπτώματα μπορεί να παραπέμπουν και σε έλλειψη αζώτου, ωστόσο, οι φυτεύσεις δείχνουν ελάχιστη ή καθόλου καθυστέρηση στην ανάπτυξη, με καχεκτική εμφάνιση και σκούρα πράσινα φύλλα (Shrestha et al., 2020).

Η έλλειψη καλίου μπορεί να εκδηλωθεί με παρόμοια συμπτώματα με την ασθένεια tungro, η οποία ωστόσο περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές και χαρακτηρίζεται από πιο έντονα πορτοκαλί και κίτρινα φύλλα με καχεκτική όψη. Η έλλειψη καλίου οδηγεί σε σημαντική μείωση της απόδοσης λόγω του μικρότερου μεγέθους και βάρους των κόκκων του ρυζιού (Shrestha et al., 2020).

Έλλειψη βορίου

Το βόριο (B), που είναι στοιχείο του κυτταρικού τοιχώματος, είναι σημαντικό για την ελάχιστη βιωσιμότητα της γύρης, κυρίως όταν υπάρχει έλλειψή αυτού. Τα συμπτώματα της ανεπάρκειας του βορίου τείνουν να παρατηρούνται κυρίως κατά την περίοδο ανάπτυξης των νεαρών φυτών, κυρίως κατά τη διάρκεια της φάσης με τα λευκά φύλλα, αφού το βόριο δεν ανακατανέμεται στις νέες αναπτυξιακές δομές (Shrestha et al., 2020).

Η έλλειψη βορίου στο ρύζι μπορεί να έχει ως συνέπεια τη μείωση της απόδοσης στους σπόρους, φαινόμενο γνωστό και ως "στεριότητα ορνιθίων". Οι Okuda και συνεργάτες (1961)

παρατήρησαν ότι τα φυτά ρυζιού που παρουσίαζαν έλλειψη Β δεν κατάφεραν να βγουν από τη φάση της μπότας, με αποτέλεσμα να μειωθεί η παραγωγή σπόρων (*Shrestha et al., 2020*).

Έλλειψη σιδήρου

Όσον αφορά τον σίδηρο (Fe), αυτός παίζει έναν κρίσιμο ρόλο στη φωτοσύνθεση του ρυζιού. Η ανεπάρκειά του μπορεί να παρεμποδίσει την απορρόφηση καλίου. Τα νεότερα φύλλα του ρυζιού είναι τα πρώτα που εκδηλώνουν συμπτώματα έλλειψης σιδήρου εξαιτίας της αδυναμίας τους να μετατρέψουν το στοιχείο αυτό σε θρεπτικό για το φυτό. Η ανεπάρκεια σιδήρου αρχίζει με το μεσοκυττάριο κιτρίνισμα και τη χλώρωση των νεαρών φυτών. Καθώς εξελίσσεται αυτή η ανεπάρκεια, εμφανίζεται μια χαρακτηριστική ωχροκίτρινη εμφάνιση με λευκασμένα σημεία (*Shrestha et al., 2020*).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

3.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Το ρύζι είναι μια καλλιέργεια που ευδοκimeί σε τροπικά κλίματα. Αναπτύσσεται καλύτερα σε περιοχές με υγρές έως υπο-υγρές συνθήκες. Αυτή η καλλιέργεια μπορεί να καλλιεργηθεί σε διάφορες κλιματικές συνθήκες, όπως εύκρατες, τροπικές και υποτροπικές, και σε σχεδόν όλα τα είδη εδαφών, με διαφορετικά επίπεδα απόδοσης. Οι ποικιλίες ρυζιού που καλλιεργούνται σε διαφορετικές αγροκλιματικές περιοχές έχουν ποικιλία αποδόσεων, ανάλογα με την εμφάνιση των κλιματικών παραμέτρων (*Pathak et. Al., 2020*).

Οι κλιματικοί παράγοντες όπως οι ανώτερες και οι κατώτερες θερμοκρασίες, η σχετική υγρασία το πρωί και το απόγευμα, η βροχόπτωση, καθώς και η ένταση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, είναι κρίσιμοι για την ανάπτυξη και τις φάσεις της καλλιέργειας. Η ανάπτυξη και η τελική απόδοση των φυτών ρυζιού είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε αυτές τις κλιματικές συνθήκες (*Pathak et. Al., 2020*).

Οι ιδανικές θερμοκρασίες για την ανάπτυξη του ρυζιού κυμαίνονται από 25°C έως 35°C, ενώ οι περιοχές με μέση ετήσια θερμοκρασία πάνω από 24°C είναι οι πιο κατάλληλες για την παραγωγή ρυζιού. Είναι επίσης σημαντικό, η ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της βλάστησης να μην πέφτει κάτω από 15°C, καθώς αυτό επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη. Στις εύκρατες περιοχές, η καλλιέργεια του ρυζιού με άρδευση συχνά ξεκινά την άνοιξη (*Pathak et. Al., 2020*).

Η συγκομιδή της καλλιέργειας ρυζιού πρέπει να γίνεται πριν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 13°C το φθινόπωρο. Αντίθετα, στις τροπικές περιοχές, οι θερμοκρασίες παραμένουν ευνοϊκές για την ανάπτυξη του ρυζιού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και οι καλλιέργειες ξεκινούν με την έναρξη των βροχών (*Pathak et. Al., 2020*).

Οι ιδανικές θερμοκρασίες για το φύτευμα κυμαίνονται από 22-31°C, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας είναι 25-30°C και 20-25°C τη νύχτα. Κατά την ανθοφορία φτάνουν τους 30°C και 23°C κατά τη φάση ωρίμανσης (*Pathak et. Al., 2020*).

Η βέλτιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι 29°C, ενώ τη νύχτα 19°C για τις πρώτες 15 ημέρες μετά την ανθοφορία. Στη συνέχεια, οι θερμοκρασίες πρέπει να είναι 26°C

την ημέρα και 16°C τη νύχτα για μια αποτελεσματική ωρίμανση. Η υγρή βλαστική ανάπτυξη είναι προτιμητέα, ενώ ξηρός και ηλιόλουστος καιρός κατά την ωρίμανση είναι ιδανικός. Η ιδανική σχετική υγρασία κυμαίνεται από 60-80% κατά την ανάπτυξη του ρυζιού (*Pathak et. Al., 2020*).

Η βροχόπτωση μεταξύ 1000 mm και 2000 mm είναι ιδανική για την καλλιέργεια του ρυζιού, με τη μέγιστη απόδοση να καταγράφεται με βροχοπτώσεις από 1000 mm έως 1150 mm (*Pathak et. Al., 2020*).

Οι αλλαγές στην ηλιοφάνεια λόγω διαφορετικών νεφώσεων επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή ρυζιού. Η ηλιακή ακτινοβολία έχει ιδιαίτερα σημαντική επίδραση τις τελευταίες 35 έως και 45 ημέρες της περιόδου ωρίμανσης. Αυτή η επίδραση είναι πιο έντονη όταν οι παράγοντες όπως το νερό, η θερμοκρασία και τα αζωτούχα θρεπτικά συστατικά δεν περιορίζουν την ανάπτυξη (*Pathak et. Al., 2020*).

Για να εξασφαλιστεί η παραγωγικότητα, απαιτείται άφθονη ηλιοφάνεια, συνήθως άνω των 400 ωρών, ειδικά κατά τους δύο τελευταίους μήνες της καλλιέργειας. Το ρύζι είναι ένα φυτό βραχείας ημέρας και οι ποικιλίες που είναι φωτοευαίσθητες και υψηλής απόδοσης μπορούν να αποδώσουν και σε συνθήκες χαμηλής ηλιοφάνειας (250-350 ώρες έντονης ηλιοφάνειας). Οι σύγχρονες ποικιλίες που καλλιεργούνται επιδεικνύουν διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με τις κλιματικές συνθήκες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές ποικιλίες (*Pathak et. Al., 2020*).

3.2 ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Το ρύζι μπορεί να αναπτυχθεί σε ορεινές περιοχές, σε μέτριες συνθήκες ύψους νερού, καθώς και σε βάθος 1,5-5 μέτρων. Ωστόσο, οι επίπεδες εκτάσεις είναι πιο ιδανικές για την καλλιέργειά του. Οι περιοχές με κλίση 0-2% θεωρούνται οι πιο κατάλληλες για την καλλιέργεια ρυζιού (*Pathak et. Al., 2020*).

Τα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο που διαθέτουν καλή ικανότητα συγκράτησης νερού, είναι επίσης ιδανικά. Οι ορυζώνες συνήθως έχουν μέση έως λεπτή υφή, αργιλοαργιλώδη και ιλυοαργιλώδη, που επιτρέπουν τη διήθηση 10-20 mm νερού ανά ημέρα, για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Τα κακώς αποστραγγιζόμενα εδάφη είναι τα πιο επιθυμητά (*Pathak et. Al., 2020*).

Η καλλιέργεια ρυζιού ευδοκimei καλύτερα σε ουδέτερο pH, αν και μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα εύρος pH από 5 έως 8, χωρίς σημαντική μείωση της απόδοσης. Παρ' όλα αυτά, σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, αυξημένης υγρασίας και με επαρκή βροχόπτωση καθώς και

εγκαταστάσεις άρδευσης, το ρύζι είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί σε κάθε είδος εδάφους (Pathak et. Al., 2020).

3.3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ

3.3.1 Αμειψισπορά

Η αμειψισπορά είναι ευρέως διαδεδομένη ως η συνεχόμενη εναλλαγή των καλλιεργειών σε ένα χωράφι, κατά την διάρκεια μίας χρονικής περιόδου ορισμένων ετών, όπου προτιμώνται καλλιέργειες που έχουν διαφορετική καλλιεργητική τεχνική, διάρκεια βιολογικού κύκλου, βάθος ρίζας, απαιτήσεις σε νερό και θρεπτικά συστατικά καθώς και εχθρούς ή ασθένειες που αυτές αντιμετωπίζουν. Η εναλλαγή καλλιεργειών είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες, για την διατήρηση της γονιμότητας των αγρών (Bullock, 1992).

Στην Ελλάδα, δεν είναι εύκολη η τακτική αλλαγή καλλιέργειας, διότι το ρύζι καλλιεργείται κυρίως σε εδάφη, που μπορεί να δυσκολέψουν την καλή ανάπτυξη άλλων φυτών μεγάλης καλλιέργειας. Επίσης, ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας είναι πως οι γεωργοί έχουν υψηλό κέρδος από την παραγωγή του ρυζιού, και αυτό οδηγεί στο να το καλλιεργούν για πολλά συνεχόμενα χρόνια. Ένας συνηθισμένος τρόπος αλλαγής καλλιεργειών, όταν είναι επιτρεπτή η αλατότητα που υπάρχει στο έδαφος, είναι η καλλιέργεια ρυζιού για τρία συνεχόμενα χρόνια και έπειτα η αλλαγή του σε καλαμπόκι, ζαχαρότευτλο ή και βαμβάκι για ένα μόλις χρόνο. Αυτό βοηθά στην αντιμετώπιση ζιζανίων με μεγάλη διάρκεια ζωής όπως είναι για παράδειγμα το ψαθί (*Typha latifolia*) και οι σκιρποί (*Scirpus spp.*), καθώς και άλλων ετήσιων ζιζανίων, όπως η μουχρίτσα (*Echinochloa spp.*) και το κόκκινο ρύζι (*Oryza sativa*). Η εναλλαγή καλλιεργειών λοιπόν, είναι αναγκαία για την αντιμετώπιση πολυετών ζιζανίων και ειδικότερα για το τελευταίο, όπου είναι απαραίτητη η αλλαγή καλλιέργειας για τουλάχιστον τρία χρόνια (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2012).

3.3.2 Προετοιμασία Εδάφους

Το αρχικό όργωμα πραγματοποιείται αμέσως μετά το πέρας της συγκομιδής της τελευταίας καλλιέργειας, δηλαδή το φθινόπωρο ή τον χειμώνα. Παρ' όλα αυτά, είναι πιθανό αυτό να γίνει ακόμα και κατά την διάρκεια της άνοιξης, γεγονός που σχετίζεται με το είδος της καλλιέργειας ή και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά τους χειμερινούς μήνες, καθώς και την μηχανική σύσταση του εδάφους. Το πόσο βαθύ θα είναι το όργωμα που θα γίνει, ποικίλλει.

Συνήθως αυτό κυμαίνεται από 15 μέχρι και 20 cm, ενώ το βαθύτερο όργωμα που φτάνει έως και 25 cm, προτιμάται σε αρκετά βαριά εδάφη, έχοντας ως στόχο τον καλύτερο αερισμό, την πιο βαθιά διείσδυση των ριζών και την αντιμετώπιση του κόκκινου ρυζιού (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 1: Γεωργικός Ελκυστήρας με Καλλιεργητή (Προσωπική Λήψη)

Τα υπολείμματα που υπάρχουν στον αγρό από την τελευταία καλλιέργεια, τις περισσότερες φορές φλέγονται από τους γεωργούς, ενώ σπανιότερα ενσωματώνονται στο έδαφος. Οι καινούργιες μηχανές συγκομιδής έχουν αχυροκοπτικό, το οποίο κόβει σε μικρά τμήματα την καλαμιά και την σκορπίζει στον αγρό, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί στη συνέχεια όσο το δυνατόν καλύτερη ενσωμάτωση μέσω του οργώματος. Είναι άκρως απαραίτητο να γίνεται άριστη ενσωμάτωση, καθώς τα κομμάτια της καλαμιάς που θα παραμείνουν στον αγρό θα δημιουργήσουν προβλήματα στην ακόλουθη καλλιεργητική περίοδο, αφού η καλαμιά χρωματίζει το νερό, ελαττώνει το φως γεγονός που οδηγεί στην δυσκολία του ρυζιού να ανέλθει στην επιφάνεια. Κατά την διάρκεια της άνοιξης, σε περίπτωση που υπάρχουν στο χωράφι ζιζάνια, ο παραγωγός κάνει δισκοσβάρνα με τον γεωργικό ελκυστήρα με σκοπό την εξάλειψή τους (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2012).

Σε ένα χωράφι στο οποίο δεν έχει σπαρθεί ξανά ρύζι, είναι αναγκαίο να γίνει πρόωρα η ισοπέδωση του και ο παραγωγός να το οριοθετήσει κατάλληλα με προχώματα, προκειμένου

να μπορεί να συγκρατηθεί στη συνέχεια το νερό. Στην περίπτωση όπου στο χωράφι καλλιεργείται για δεύτερη συνεχόμενη χρονιά ρύζι, πραγματοποιείται απλά μία ισοπέδωση για την συντήρηση του, όπως ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και με τα προχώματα. Είναι απαραίτητο να τονίσουμε πως τα τελευταία οφείλουν να είναι πολύ σταθερά και με μεγάλη ισχύ, γιατί η πιθανή καταστροφή τους, κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, θα προκαλέσει σημαντικά ζητήματα συγκράτησης του νερού (Δήμας 2008).



Εικόνα 2: Γεωργικός Ελκυστήρας με Scraper (Προσωπική Λήψη)

Η ισοπέδωση είναι μία από τις σημαντικότερες διεργασίες του χωραφιού. Η απόκλιση του αγρού δεν πρέπει να ξεπερνά τα 5 cm ανά 100 m, γιατί αλλιώς θα παρουσιαστούν σημαντικά ζητήματα στα βαθύτερα σημεία, όπου υπάρχει πλεονασμός νερού. Συγκεκριμένα, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολίες επάνω στο φυτό του φυτού, στο αδέλφωμα και στην ανάπτυξη του. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 επιλέγονται από τους ρυζοπαραγωγούς για την ισοπέδωση ενός χωραφιού, ειδικά μηχανήματα που επεξεργάζονται το βάθος του με ακτίνες laser. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που αυτά παρέχουν είναι τα ακόλουθα:

1. Η αύξηση του αγρού μέχρι και 100 στρέμματα δίχως την απειλή αποκάλυψης μη γόνιμου εδάφους.
2. Η μείωση των διαστάσεων των προχωμάτων και των εξόδων δημιουργίας τους, έχοντας ως συνέπεια να υπάρχει μεγαλύτερη καλλιεργήσιμη γη.
3. Η ευκολία των εργασιών του αγρού και του αλλωνισμού, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της απαραίτητων εξόδων.

4. Το ομοιόμορφο βάθος νερού στο χωράφι, η μειωμένη απαίτηση όγκου νερού σε ποσοστό 50% και η ελαχιστοποίηση της ζητούμενης εργασίας για την άρδευση.
5. Η άνοδος των αποδόσεων σε ποσοστό μέχρι και 30% (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).



Εικόνα 3: Γεωργικός Ελκυστήρας με Ισοπεδωτή (Προσωπική Λήψη)

Αφού πραγματοποιηθεί η ισοπέδωση του χωραφιού, είναι αναγκαίο τις περισσότερες φορές να γίνει ένα φρεζάρισμα. Έπειτα, η επόμενη γεωργική διεργασία είναι η εφαρμογή βασικής λίπανσης και πιθανών προστατικού ζιζανιοκτόνου, όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Η ενσωμάτωση της λίπανσης και του ζιζανιοκτόνου πραγματοποιείται με ένα ακόμη φρεζάρισμα. Η φρέζα από πίσω, έχει ένα ειδικό κύλινδρο, που δημιουργεί κατάλληλα αυλάκια για να μην μετακινείται ο σπόρος κατά την διάρκεια της σποράς που ακολουθεί, αφού πρώτα το χωράφι έχει γεμίσει με νερό (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2012).

3.3.3 Λίπανση

Το ρύζι, το σιτάρι και ο αραβόσιτος χρειάζονται θρεπτικά συστατικά για να αναπτυχθούν, τα οποία και λαμβάνουν από το έδαφος με παρόμοιους τρόπους. Αυτό όμως που ξεχωρίζει το ρύζι από τις υπόλοιπες καλλιέργειες, είναι το γεγονός πως βρίσκεται μέσα στο νερό, με αποτέλεσμα να αλλάζει έτσι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους, καθώς και η εφαρμογή των λιπασμάτων στον αγρό. Για την παραγωγή του ρυζιού στην Ελλάδα, το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P), το Θείο (S) και το Κάλιο (K) αποτελούν τα

κυριότερα θρεπτικά συστατικά, ενώ από ιχνοστοιχεία την πρώτη θέση καταλαμβάνει ο Ψευδάργυρος (Zn) (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Το άζωτο (N) αποτελεί συστατικό των αμινοξέων των πρωτεϊνών (ενζύμων) των νουκλεϊκών οξέων και των χλωροφύλλη στα φυτά και είναι συνήθως το θρεπτικό συστατικό που περιορίζει περισσότερο την απόδοση στην παραγωγή ρυζιού. με εξαίρεση τα εδάφη που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη η οποία μπορεί να παρέχει αρκετό N κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Είναι ένα κινητό στοιχείο στο εσωτερικό του φυτού έτσι ώστε η μείωση της περιεκτικότητάς του συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στα μεγαλύτερα φύλλα. Κάτω φύλλα φυτού ρυζιού με έλλειψη N κιτρινίζουν αργότερα αλλά αν η έλλειψη δεν διορθωθεί ολόκληρο το φυτό μπορεί να γίνει χλωρωτικό. Η έλλειψη N στο ρύζι οδηγεί σε μείωση του ύψους του φυτού της καλλιέργειας της φυλλικής επιφάνειας και το ρυθμό φωτοσύνθεσης της καλλιέργειας (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Το αρδευόμενο πεδινό ρύζι είναι μια από τις πιο ανεπαρκείς καλλιέργειες όσον αφορά τη λίπανση. αποδοτικότητα της χρήσης N. Μπορούν να ακολουθηθούν διάφορες επιλογές διαχείρισης για την παροχή επαρκούς ποσότητα N στην καλλιέργεια ρυζιού για βέλτιστη παραγωγή και ελάχιστες απώλειες στο περιβάλλον. Ωστόσο η επιτυχής υιοθέτηση ενός συνόλου πρακτικών για το ρύζι πεδινών περιοχών απαιτεί την κατανόηση των σχέσεων μεταξύ της ανάπτυξης και της ανάπτυξης του ρυζιού της βιολογικών και χημικών μετασχηματισμών του αζώτου των λιπασμάτων και του εγγενούς εδαφικού αζώτου των χημικών ουσιών του εδάφους και φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τη διαχείριση του αρδευτικού νερού (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Το άζωτο (N) αποτελεί το βασικό θρεπτικό συστατικό του ρυζιού και ταυτόχρονα είναι το πιο απαιτητικό απ' όλα στην εφαρμογή. Συγκεκριμένα συνδράμει στην ανάπτυξη του αδελφώματος, την ποσότητα των φύβων, τον αριθμό των κόκκων σε κάθε φόβη και τέλος στην απόδοση του φυτού. Για μια ικανοποιητική απόδοση 900-1100 kg/στρ. είναι αναγκαίο η εφαρμογή του στον χωράφι να φτάνει τα 18-25 μονάδες/στρ. Εάν ο παραγωγός επιλέξει μια ποικιλία ρυζιού που δεν είναι τόσο ώσιμη ή έχει πραγματοποιηθεί νωρίτερα εναλλαγή καλλιέργειας με μηδική, προτείνεται μικρότερη δόση αζώτου. Αντίθετα στην περίπτωση που εφαρμοστεί μεγαλύτερη δοσολογία από αυτή που χρειάζεται στον αγρό από τον παραγωγό, οι συνέπειες είναι σοβαρές και ποικίλλουν. Αναλυτικότερα:

- I. Εντοπίζεται ραγδαία αύξηση της περικοιλάριας, γνωστή ως μία από τις κυριότερες ασθένειες του ρυζιού.
- II. Παρατηρείται πλάγιασμα των φυτών
- III. Σχηματίζονται υδαρή φυτά, τα οποία προσβάλλονται εύκολα από μύκητες

- IV. Υπάρχει επιβάρυνση ως προς το περιβάλλον, λόγω περίσσειας νιτρικών ιόντων
- V. Οι παραγωγοί επιβαρύνονται με περιττά έξοδα
- VI. Η ποιότητα του προϊόντος χάνει την αξία της

Για την βασική και την επιφανειακή λίπανση, τα καλύτερα αζωτούχα λιπάσματα είναι εκείνα που το άζωτο βρίσκεται σε αμμωνιακή μορφή ή ακόμα αυτά που προκαλούν τη δημιουργία του NH_4^+ . Η χρήση λιπασμάτων με νιτρική μορφή αζώτου είναι καλό να μην υφίσταται, διότι υπάρχουν τεράστιες απώλειες με την απονιτροποίηση. Τα πιο κατάλληλα λιπάσματα είναι η άνυδρος αμμωνία (82% N), η ουρία (45-46% N), η νιτροθειική αμμωνία (26% N), η θειική αμμωνία (21% N) και η υγρή αμμωνία (20% N). Προτείνεται το λίπασμα να έχει μορφή κόκκων, διότι τα θρεπτικά συστατικά τους, απελευθερώνονται σε τμήματα, ενώ επίσης κατά την επιφανειακή λίπανση ο διασκορπισμός τους επιτυγχάνεται ομοιόμορφα και με μεγαλύτερη ευκολία (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Σε εδάφη με μεγαλύτερη αλατότητα, προτείνεται η χρήση λιπασμάτων τα οποία έχουν μεγάλη ποσότητα SO_4^{2-} , έτσι ώστε το pH του εδάφους να ελαττωθεί. Όσο αναφορά το χρονικό περιθώριο που εφαρμόζεται το άζωτο (N) στο χωράφι, έχει σημειωθεί πως ορθό είναι το 40% αυτού να εφαρμόζεται με ενσωμάτωση στο έδαφος κατά την διάρκεια της βασικής λίπανσης, ενώ το υπόλοιπο 60% χωρίζεται σε 2 διαφορετικές δοσολογίες κατά την επιφανειακή λίπανση. Συγκεκριμένα, το 40% της επιφανειακής λίπανσης εφαρμόζεται στο αδέλωμα, περίπου ένα μήνα μετά τη σπορά (25-30 ημέρες) και το υπόλοιπο 20% πριν την αρχή διόγκωσης της ταξιανθίας, περίπου 2 μήνες από την σπορά (50-60 ημέρες) (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Ο φώσφορος (P) είναι ένα από τα σημαντικότερα θρεπτικά συστατικά για το ρύζι. Στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού, συνδράμει στην ανάπτυξη των ριζών του. Στην συνέχεια όμως, βοηθά και στην άνθιση του φυτού καθώς και στο να γίνει αυτό πιο ώριμο, ενώ ταυτόχρονα έχει σημαντικό ρόλο και στην αύξηση βάρους των κόκκων. Για να έχουμε μία ικανοποιητική απόδοση παραγωγής κατά την διάρκεια της συγκομιδής, είναι αναγκαία η εφαρμογή 5-6 μονάδες φωσφόρου ανά στρέμμα. Στην περίπτωση που ο φώσφορος που υπάρχει στο χωράφι έχει πολύ μεγάλη συγκέντρωση, είναι πιθανό να μειωθεί σημαντικά η διαθεσιμότητα του. Επειδή στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης, το φυτό απαιτεί μεγάλη συγκέντρωση φωσφόρου, κρίνεται απαραίτητο όλη η ποσότητα του, να εφαρμόζεται στην βασική λίπανση και έπειτα να γίνεται η ενσωμάτωση. Η ποσότητα φωσφόρου στον καρπό, αντιστοιχεί περίπου στο 60-75% του συνολικού φωσφόρου που προσέλαβε το φυτό. Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι ο φώσφορος στο έδαφος δεν έχει μεγάλη κινητικότητα (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Από την άλλη πλευρά η έλλειψη φωσφόρου στο ρύζι εμφανίζεται όταν αρχίζει η άροση και το φυτό ξεκινά να συσσωρεύει ξηρή ουσία. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν σοβαρή καχεξία και όρθια φύλλα με σκουροπράσινο χρώμα, ενώ επίσης καθυστερεί η επιμήκυνση των κυττάρων και η επέκταση των φύλλων. Σε συνθήκες έλλειψης P το ρύζι δεν ανταποκρίνεται στην εφαρμογή N K και άλλων θρεπτικών στοιχείων.

Το κάλιο (K) είναι υπεύθυνο για την ποσότητα των αδελφιών, την σύνθεση και την μεταφορά υδατανθράκων στην δημιουργία και το γέμισμα των κόκκων. Η ιδανική ποσότητα καλίου είναι 6-8 μονάδες/στρ. η οποία βοηθά:

- I. Στην παραγωγή μεγαλύτερης και καλύτερης απόδοσης καρπού
- II. Στην αύξηση αντοχής των καρπών από πολλούς εχθρούς και ασθένειες
- III. Στην αντοχή των καρπών στις δύσκολες συνθήκες καιρού
- IV. Στην αντοχή των φυτών από το πλάγιασμα με ενδυνάμωση του στελέχους τους (*Singh et al., 2004*).

Το θείο (S) αποτελεί βασική ανάγκη του φυτού για την ανάπτυξη του και την καλύτερη ποιότητα και απόδοση του ρυζιού. Εάν για οποιοδήποτε λόγο, η ποσότητα του δεν είναι η κατάλληλη, θα παρατηρηθεί χρονική καθυστέρηση στην ωρίμανση του φυτού. Γενικότερα όμως το ρύζι, δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις όσο αναφορά την εφαρμογή ποσότητας θείου. Είναι πλέον γνωστό, πως η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων που συμπεριλαμβάνουν το θείο μέσα τους, είναι επαρκή και δεν απαιτείται ξεχωριστά η παραπάνω εφαρμογή του (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012*).

Στην Ελλάδα παρατηρήθηκε έλλειψη ψευδαργύρου (Zn) σε εδάφη με μεγάλο αριθμό pH. Αναφέρεται πως η ποσότητα του στο έδαφος και η εισροή του από το φυτό σχετίζεται με τις χημικές ιδιότητες του πρώτου καθώς και από αλληλεπιδράσεις εντός της ριζόσφαιρας. Όταν υπάρχει μειωμένη ποσότητα ψευδαργύρου, επηρεάζεται αρνητικά η ανάπτυξη του φυτού. Αν αυτή παρατηρηθεί νωρίς, δηλαδή από το στάδιο της ανάπτυξης του βλαστού και καταπολεμηθεί πρόωρα με την προσθήκη του στο έδαφος μισό μήνα πριν την σπορά, δεν θα υπάρχει πρόβλημα στην απόδοση της παραγωγής (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012, Δήμας 2008*). Τα συμπτώματα έλλειψης ψευδαργύρου γίνονται πιο εύκολα αντιληπτά και είναι εντονότερα, σε συνθήκες κατάκλισης (*Norman κ.ά., 2003*).



Εικόνα 4: Διαδικασία Λίπανσης ρυζιού με λιπασματοδιανομέα επάνω σε γεωργικό ελκυστήρα με σιδερένιους τροχούς
(Προσωπική Λήψη)

3.3.4 Σπορά

Η σπορά είναι κρίσιμο να πραγματοποιηθεί νωρίς, καθώς όταν είναι έγκαιρη δίνει μεγαλύτερη απόδοση συγκριτικά με την όψιμη. Η κατάλληλη περίοδος σχετίζεται με την θερμοκρασία που έχει το έδαφος και το περιβάλλον. Γενικότερα, το ρύζι είναι απαγορευτικό να σπαρθεί εάν η θερμοκρασία του αέρα και του νερού δεν ξεπεράσουν τους 15°C και 12°C αντίστοιχα. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία βρίσκεται μεταξύ των 15-16°C, θα παρατηρήσουμε, πως ύστερα από 5 ημέρες θα ξεκινήσει το φύτευμα του σπόρου, το οποίο και θα ολοκληρωθεί μετά από 12 ημέρες. Αν όμως η θερμοκρασία είναι κοντά στους 10°C απαιτούνται 13 και 23 ημέρες αντίστοιχα για την αρχή και το τέλος του φυτρώματος (Street and Bollich, 2003). Στην χώρα μας, οι ευνοϊκότερες συνθήκες για την σπορά του ρυζιού ξεκινούν αρχές Μαΐου και ολοκληρώνονται στα μέσα αυτού. Πιο συγκεκριμένα από 1 έως 15 Μαΐου για τον τύπο japonica και 5 έως 15 του ίδιου μήνα, για τον τύπο indica. Η τελευταία ποικιλία απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες για το φύτευμα της (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Ο σπόρος που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί οφείλει να είναι απαραίτητα της ποικιλίας που θα προτιμήσουν, οπωσδήποτε παραγωγής της χρονιάς που πέρασε, να είναι απολυμασμένος,

ώριμος, υγιές και η βλαστική του ικανότητα να ξεπερνά το ποσοστό των 90%. Σε όλους τους ρυζοκαλλιεργητές προτείνεται ο σπόρος σποροπαραγωγής που θα προμηθευτούν να μην ξεπερνά τα 3 έτη, προκειμένου η ποιότητα του να είναι άρτια, να μειώνονται οι προσβολές από ασθένειες ή μικρόβια και το προϊόν να έχει βέλτιστη ποιότητα (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Ο κατάλληλος αριθμός φυτών για μία επιτυχημένη καλλιέργεια ρυζιού, είναι κάπου μεταξύ 105 και 205 φυτών ανά τετραγωνικό μέτρο, χωρίς να έχει ζωτική σημασία η μέθοδος σποράς (Street and Bollich, 2003). Ένας ικανοποιητικός αριθμός φυτών όπου μπορεί το ρύζι να έχει την καταλληλότερη δυνατή απόδοση, είναι τις πιο πολλές φορές τα 215 φυτά/m². Στην Ελλάδα η προτεινόμενη ποσότητα σπόρου, βρίσκεται μεταξύ 18-24 kg/στρ, ανάλογα πάντοτε με την ποικιλία που επιλέγουμε (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Η σπορά πραγματοποιείται σε κάθε περίπτωση, ύστερα από κατάκλιση του αγρού με νερό. Είναι άκρως απαραίτητο, να πραγματοποιηθεί μέχρι και 2 ημέρες αφού πλημμυρίσει το χωράφι με νερό, έτσι ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κρούστας στην επιφάνεια του, η οποία θα δυσκολέψει την επαφή του σπόρου με το έδαφος προκειμένου να σχηματιστούν οι ρίζες. Η σπορά επιτυγχάνεται με λιπασματοδιανομέα και οι γεωργικοί ελκυστήρες φοράνε σιδερένιους τροχούς, προκειμένου να είναι πιο ομαλή η κίνηση τους μέσα στο νερό και να μην βουλιάζουν (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Ο σπόρος διασκορπίζεται μέσω του λιπασματοδιανομέα υγρός ή ξηρός στο χωράφι. Στην πρώτη περίπτωση, για να υγραθεί ο σπόρος, τοποθετείται μέσα σε ειδικούς σάκους στο νερό για περίπου 1 ημέρα (μέχρι και 36 ώρες), προκειμένου να έχει μεγαλύτερο βάρος και να μπορεί να εισέλθει ευκολότερα στο νερό που υπάρχει ήδη στο χωράφι, με σκοπό την ομοιόμορφη κατανομή του. Στην δεύτερη περίπτωση, όπου ο σπόρος είναι στεγνός, υπάρχουν περισσότερα οφέλη. Το κυριότερο από αυτά είναι η μεγάλη ευκολία στην διαχείριση του και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο, η μέθοδος αυτή αποτελεί την βασική επιλογής σποράς από όλους τους παραγωγούς τα τελευταία χρόνια (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Η σπορά επιτυγχάνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Η επικρατέστερη εκδοχή των τελευταίων ετών είναι αυτή μέσω λιπασματοδιανομέα, ενώ στη δεύτερη περίπτωση γίνεται από τους ίδιους τους ανθρώπους, οι οποίοι περπατούν μέσα στο πλημμυρισμένο χωράφι και διασκορπίζουν τον σπόρο με το χέρι. Όπως είναι αντιληπτό, η τελευταία έχει πάψει πλέον να υφίσταται λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας και των γεωργικών μηχανημάτων και πραγματοποιείται μόνο στις υποανάπτυκτες χώρες της Ανατολής. Παρ' όλα αυτά κρίνεται απαραίτητο, όποια μέθοδος και αν χρησιμοποιείται, η σπορά να πραγματοποιείται ομοιόμορφα (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Εάν παρατηρήσουμε πως το φύτευμα στο χωράφι είναι αραιό, αυτό μπορεί να έχει προκληθεί είτε από πρώιμη σπορά, είτε από ένα λιγότερο σύνηθες φαινόμενο που είναι οι ύπαρξη μακροχρόνιων μειωμένων θερμοκρασιών τον μήνα της σποράς. Αναγκαστικά λοιπόν, εφόσον το επιτρέπει χρονικά όρια, οι καλλιεργητές στρέφονται στην επανασπορά. Έτσι, απομακρύνουν το νερό από τον αγρό και αφήνουν το χωράφι να ξεραθεί. Έπειτα, προβαίνουν στο φρεζάρισμα του ορυζώνα για να γίνει το έδαφος πιο ανώμαλο και να είναι έτσι πιο εύκολη η εγκατάσταση των νέων φυτών. Στη συνέχεια, γίνεται ξανά κατάκλιση του χωραφιού από την αρχή και ύστερα αρχίζει εκ νέου η σπορά (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Ένας δεύτερος τρόπος σποράς, είναι η μεταφύτευση νεαρών φυταρίων, όπου αυτά έχουν αναπτυχθεί σε κατάλληλα σπορεία. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, επιλέγονται χωράφια όπου η μηχανική τους σύσταση δεν είναι σκληρή, με σκοπό η εξαγωγή των νέων φυτών να μην είναι δύσκολη και να μην υπάρχει προσβολή του ριζικού συστήματος. Γενικά, ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της μεταφύτευσης, είναι πως το μικρό χρονικό περιθώριο ανάπτυξης των φυταρίων στο χωράφι, προσφέρει την δυνατότητα εγκατάστασης πολλαπλών καλλιεργειών σε μέρη με υψηλή βλαστική ικανότητα, άρα και μεγαλύτερο κέρδος για τον άνθρωπο. Ωστόσο, ύστερα από ορισμένα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν από το Ινστιτούτο Σιτηρών, τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μεταφύτευση ρυζιού στην Ελλάδα δεν είναι ενθαρρυντικά (Παπακώστα- Τασοπούλου, 2012).



Εικόνα 5 Σπορά Ρυζιού σε κατακλιμένο αγρό (Προσωπική Λήψη)

3.3.5 Έλεγχος Ζιζανίων

Η πρόληψη των ζιζανίων αποτελεί τη βασική στρατηγική για την καταπολέμησή τους, περιορίζοντας την εμφάνιση και την εξάπλωσή τους στις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει ολοκληρωμένες πρακτικές που αποσκοπούν στην εκτίμηση της πρόσβασης και της ανάπτυξης των σπόρων ζιζανίων σε συγκεκριμένες περιοχές (Riaz et. al, 2020).

Ένα από τα πιο σημαντικά βήματα για την πρόληψη της ετήσιας παραγωγής των ήδη παρόντων σπόρων, ριζωμάτων ή κονδύλων ζιζανίων, είναι η υγιεινή στα γεωργικά περιβάλλοντα. Αυτό περιλαμβάνει μέτρα, που εμποδίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Για παράδειγμα, όλες οι φυσικές, χημικές ή μηχανικές πρακτικές που ελέγχουν την ανάπτυξή τους ανήκουν σε αυτήν την υγιεινή. Επίσης, οι κανονισμοί καραντίνας είναι σημαντικοί για την αποφυγή εισόδου ζιζανίων σε νέες περιοχές. Επιπλέον, οι μη καλλιεργούμενες ζώνες κοντά σε αγρούς, όπως κανάλια άρδευσης, φράχτες και τάφροι, θα πρέπει να παρακολουθούνται προσεκτικά (Riaz et. al, 2020).

Από την άλλη, είναι απαραίτητο να αποφεύγεται η μόλυνση των σπόρων καλλιεργειών από σπόρους ζιζανίων, είτε διαλέγοντας ποικιλίες ρυζιού που είναι ανθεκτικές στα ζιζάνια, είτε καθαρίζοντας τους σπόρους πριν από την αποθήκευση ή τη σπορά. Ένας καθαρός αγρός, που φυτεύεται με σπόρους ρυζιού μολυσμένους από ζιζάνια σε ποσότητα 2 σπόρων ανά κιλό, μπορεί να οδηγήσει σε 10 κιλά ζιζανιοφόρων σπόρων ανά εκτάριο, σε διάρκεια τριών ετών (Riaz et. al, 2020).

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για τα ζιζάνια που μοιάζουν με φυτά ρυζιού, καθώς πρέπει να εξαλείφονται αποτελεσματικά. Για το λόγο αυτό, οι φυτείες ρυζιού θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από σπορόφυτα ζιζανίων. Συνιστάται η χρήση καθαρών και πιστοποιημένων σπόρων από αξιόπιστες πηγές, για να ελαχιστοποιηθεί η εξάπλωση ζιζανίων σε νέες περιοχές. Επιπλέον, η συντήρηση καθαρών αγρών, των καναλιών άρδευσης και του γεωργικού εξοπλισμού είναι ζωτικής σημασίας για την καταπολέμηση των ζιζανίων (Riaz et. al, 2020).

1. Μηχανικός έλεγχος

Ο μηχανικός ή φυσικός έλεγχος αναφέρεται σε μεθόδους που περιλαμβάνουν τη διαχείριση ή την εξάλειψη των ζιζανίων μέσω φυσικών ενεργειών. Αυτές οι πρακτικές περιλαμβάνουν σκάψιμο, ξεβοτάνισμα, όργωμα, κούρεμα και δισκοσβάρνα. Διάφορα χειροκίνητα εργαλεία χρησιμοποιούνται για την καταστροφή και την απομάκρυνση των ζιζανίων (Riaz et. al, 2020).

Στην περίπτωση του ξηρού ρυζιού, η μεσοκαλλιέργεια που επαναλαμβάνεται δύο ή τρεις φορές παρακάμπτοντας το σβάρνισμα με μικρή λεπίδα ή σκαλιστήρι, 20 με 45 ημέρες μετά τη σπορά, μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματική για τον έλεγχο των ζιζανίων. Στην περίπτωση του ρυζιού που ποτίζεται, οι ζιζανιοκτονίες γίνονται σε δύο φάσεις: η πρώτη πραγματοποιείται 15-21 ημέρες μετά την εμφάνιση και η δεύτερη, μετά την πρώτη, μεταξύ 30-45 ημερών (Riaz *et. al*, 2020).

Η χειροκίνητη εξάλειψη ζιζανίων είναι μια παραδοσιακή μέθοδος που προτιμάται από μικρούς καλλιεργητές. Στο παρελθόν, η γεωργία ήταν η κύρια πηγή απασχόλησης και η υψηλή διαθεσιμότητα σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος εργασίας, καθιστούσαν τη χειρωνακτική ζιζανιοκτονία συγκρίσιμη με άλλες μεθόδους. Το ξεβοτάνισμα με το χέρι μπορεί να είναι δύσκολο και απαιτεί χρόνο, καθώς η διαδικασία αυτή διαρκεί περίπου 25-35 ημέρες ανά στρέμμα, ανάλογα με την καλλιεργητική μέθοδο και τον τύπο εδάφους (Riaz *et. al*, 2020).

Για την αντιμετώπιση των διαρκών προκλήσεων που σχετίζονται με τα ζιζάνια, είναι κρίσιμο να συνδυαστούν διάφορες μέθοδοι καταπολέμησής τους, με αποτέλεσμα να περιλαμβάνονται και οι διαδικασίες σκάλισματος και χειρωνακτικού βοτανίσματος στη σύγχρονη γεωργία. Αφού χρησιμοποιηθούν ζιζανιοκτόνα, είναι απαραίτητο να εκριζώνονται τα υπόλοιπα ζιζάνια πριν από τη σπορά, καθώς ορισμένα από αυτά μπορεί να έχουν επιβιώσει λόγω ανθεκτικότητας ή λάθους στην εφαρμογή του ψεκασμού. Ζιζάνια που δεν έχουν εξολοθρευτεί, δεν πρέπει να επιτρέπεται να αναπαραχθούν. Για να περιοριστεί η ανταγωνιστικότητά τους, τα βλαστάρια ζιζανίων θα πρέπει να αφαιρούνται δύο ή τρεις φορές κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας (Riaz *et. al*, 2020).

Έχει διαπιστωθεί ότι η χειροκίνητη εξάλειψη ζιζανίων, όταν επαναλαμβάνεται δύο φορές, μειώνει τον πληθυσμό τους σε σύγκριση με τις χημικές μεθόδους ή τα μη κατεργασμένα φυτά. Επιπλέον, η συνεχής χειρωνακτική ζιζανιοκτονία έχει δείξει μείωση της ξηρής βιομάζας των ζιζανίων και βελτίωση της μέσης απόδοσης της καλλιέργειας, είτε σε άχυρο είτε σε κόκκους. Στην περίπτωση του ρυζιού που σπέρνεται άμεσα, το χειροκίνητο ξεβοτάνισμα θα πρέπει να επαναλαμβάνεται τρεις έως και πέντε φορές, για να εξασφαλιστεί η πλήρη εξάλειψη των ζιζανίων σε ένα χωράφι (Riaz *et. al*, 2020).

Κατεργασία εδάφους

Η τροποποίηση των πρακτικών κατεργασίας του εδάφους επηρεάζει το βάθος στο οποίο φυτρώνουν οι σπόροι των ζιζανίων, γεγονός που μπορεί να έχει αντίκτυπο στην ποσότητα των ζιζανίων, καθώς και στην αποτελεσματικότητα των μεθόδων ελέγχου τους στο αγρό. Η μορφή εκμετάλλευσης του συστήματος κατεργασίας του εδάφους, ενδέχεται να έχει πιο έντονη επίδραση στα πολυετή ζιζάνια σε σύγκριση με τα ετήσια (Riaz *et. al*, 2020).

Η γεωργία διατήρησης μπορεί να συμβάλλει στην ενίσχυση της ανάπτυξης των σπόρων νεοφυών ζιζανίων που παρατηρούνται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Η υιοθέτηση της μηδενικής κατεργασίας του εδάφους, αναδύεται ως μια σημαντική μέθοδος στη διαδικασία ολοκληρωμένης διαχείρισης των ζιζανίων. Το φαινόμενο της μηδενικής κατεργασίας, συμβάλλει στη μείωση της πυκνότητας των ζιζανίων, καθώς εξαλείφει τις κατεργασίες. Επιπλέον, προσφέρει αποδοτική διαχείριση των ζιζανίων σε συνδυασμό με τη χρήση ζιζανιοκτόνων σε χαμηλότερες δόσεις. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της μηδενικής κατεργασίας, η διαχείριση των πολυετών ζιζανίων είναι πιο περίπλοκη, λόγω της ανάπτυξης βλαστικών ή αναπαραγωγικών τμημάτων, όπως κονδύλοι, στόλωνες και ριζώματα. Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η χρήση ελάχιστης ή μηδενικής άροσης, είναι απαραίτητο να υιοθετούνται και άλλες κατάλληλες μέθοδοι ελέγχου των ζιζανίων, προκειμένου να επιτευχθεί η αποτελεσματική τους εξάλειψη (Riaz et. al, 2020).

2. Βιολογικός έλεγχος

Η εφαρμογή παράγοντα ή συνδυασμού παραγόντων, καθώς και βιολογικών μεθόδων για την καταστολή των ζιζανίων αναφέρεται ως βιολογικός έλεγχος ζιζανίων. Στους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται διάφοροι τύποι μικροβίων. Ο βιολογικός έλεγχος περιλαμβάνει τη χρήση ζωντανών οργανισμών, όπως έντομα, φυτοφάγα ψάρια, ζώα, οργανισμούς που προκαλούν ασθένειες και ανταγωνιστικά φυτά για τη μείωση των ζιζανίων. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του πληθυσμού των ζιζανίων, αλλά δεν μπορεί να τα εξαλειφθεί πλήρως (Riaz et. al, 2020).

Για παράδειγμα, ο νηματώδης της ρίζας του ρυζιού (*Hirschmanniella spinicaudata*) περιορίζει τα περισσότερα ορεινά ζιζάνια σε φυτείες ρυζιού, ο σκώρος (*Bactra verutana*) πλήττει το *Cyperus rotundus*, το ατσάλινο σκαθάρι (*Altica cyanea*) καταστρέφει το *Ludwigia parviflora* και ο μύκητας σκουριάς (*Puccinia canaliculata*) ελέγχει το *Cyperus esculentus*. Επίσης, διάφοροι μύκητες χρησιμοποιούνται ως μυκοφυτοκτόνα, όπως οι *Cochliobolus lunatas* και *Exserohilum monocerus*, για να καταπολεμήσουν τα αγριόχορτα (Riaz et. al, 2020).

Η ολοκληρωμένη καλλιέργεια ρυζιού με πάπιες (μέθοδος *Aigamo*) είναι μια ιαπωνική παράδοση που διαρκεί 500 χρόνια, η οποία αναδεικνύει την αύξηση της παραγωγικότητας του ρυζιού, τη μείωση των ζιζανίων και των παρασίτων, καθώς και τη βελτίωση της διαθέσιμης θρέψης μέσα από τη συνεργασία των καλλιεργειών ρυζιού με τις πάπιες (Riaz et. al, 2020).

Στα πλαίσια της διαχείρισης ζιζανίων, η θήρευση σπόρων από διάφορα έντομα, όπως τα μυρμήγκια, μπορεί να δράσει ως κρίσιμο εργαλείο, ιδιαίτερα σε συστήματα που δεν χρησιμοποιούν άροση, όπου οι νέοι σπόροι ζιζανίων παραμένουν στην επιφάνεια του εδάφους.

Συνδυάζοντας τη θήρευση σπόρων με άλλες στρατηγικές ελέγχου ζιζανίων, είναι δυνατή η μείωση τόσο της χρήσης ζιζανιοκτόνων, όσο και των σχετικών κινδύνων που συνδέονται με αυτά (Riaz et. al, 2020).

Η θήρευση σπόρων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της τράπεζας σπόρων ζιζανίων, καθώς αυτοί οι σπόροι προσφέρουν τροφή σε αρπακτικά. Η παρουσία φυτικών αποβλήτων στους αγρούς μπορεί να ενισχύσει αυτά τα αρπακτικά. Υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει επιπλέον οικονομικό κόστος κατά την εφαρμογή αυτών των μεθόδων, οι φιλικές προς το περιβάλλον και ασφαλείς προσεγγίσεις για την καταπολέμηση των ζιζανίων μπορούν να ενσωματωθούν σε υφιστάμενες πρακτικές, ως μέρος μίας ολοκληρωμένης στρατηγικής διαχείρισης. Είναι σημαντικό να αξιοποιηθεί η δυναμική των φυσικών παραγόντων βιοελέγχου (Riaz et. al, 2020).

Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί, ότι σε ορισμένες γεωργικές καταστάσεις μπορεί να παρατηρηθεί περιορισμένος πληθυσμός φυσικών εχθρών των ζιζανίων, την χρονική περίοδο που απαιτείται για την αποτελεσματική καταπολέμηση τους (Riaz et. al, 2020).

3. Χημικός έλεγχος

Σημασία των ζιζανιοκτόνων

Η χρήση ζιζανιοκτόνων επηρεάζεται σημαντικά από την προσφορά και το κόστος εργατικού δυναμικού. Ένας από τους πρώτους τρόπους για την εξοικονόμηση εργασίας που υιοθετούν οι αγρότες είναι τα ζιζανιοκτόνα, τα οποία έχουν αποδειχθεί ότι παρέχουν την καλύτερη διαχείριση των ζιζανίων. Για την καταπολέμηση των ζιζανίων, αυτά τα χημικά μέσα είναι πιο αποδοτικά σε ενέργεια και εργασία, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, όπως η μηχανική ή η χειροκίνητη διαχείριση (Riaz et. al, 2020).

Η επιτυχία της άμεσης σποράς ρυζιού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση ζιζανιοκτόνων, καθώς οι χειροκίνητες μέθοδοι ελέγχου μπορεί συχνά να είναι ανέφικτες. Η εφαρμογή του anilophos την επόμενη ημέρα μετά τη σπορά, σε συνδυασμό με χειροκίνητο ξεβοτάνισμα 45 ημέρες μετά, έχει αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική στη μείωση των ζιζανίων και στην επίτευξη υψηλής απόδοσης στους σπόρους. Τα ζιζάνια αναπτύσσονται πολύ γρήγορα, χωρίς την παρέμβαση ζιζανιοκτόνων στα αρχικά στάδια, πριν την πλημμύρα των χωραφιών. Επιπλέον, η εφαρμογή ζιζανιοκτόνων είναι συνήθης σε συστήματα μεταφυτευμένου ρυζιού (Riaz et. al, 2020).

Η Sulfonylurea είναι μια γνωστή ομάδα ζιζανιοκτόνων παγκοσμίως, η οποία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, εκλεκτική και ασφαλής για τα θηλαστικά, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα ελέγχου ζιζανίων ακόμη και σε πολύ χαμηλές δόσεις. Ο κυριότερος περιοριστικός παράγοντας

για τη μεγαλύτερη υιοθέτηση ζιζανιοκτόνων είναι η οικονομική διάσταση. Ωστόσο, η αύξηση των μισθών έχει ωθήσει πολλούς αγρότες να υιοθετήσουν τη χημική καταπολέμηση των ζιζανίων, είτε ως αυτόνομη λύση, είτε ως μέρος μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής. Ως εκ τούτου, η χρήση ζιζανιοκτόνων παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των χωρών (Riaz et. al, 2020).

Τύποι ζιζανιοκτόνων

Οι διάφορες κατηγορίες ζιζανιοκτόνων περιλαμβάνουν τόσο μη επιλεκτικά, όσο και επιλεκτικά σκευάσματα, καθώς και προϊόντα που εφαρμόζονται πριν, κατά τη διάρκεια ή και μετά τη σπορά (Riaz et. al, 2020).

Στα συστήματα παραγωγής ρυζιού, τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται είναι επιλεκτικά, προσφέροντας ευρεία ή στενή κάλυψη και με περιορισμένη επίδραση στην καλλιέργεια. Η επιλογή των συγκεκριμένων σκευασμάτων εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση, την περιεκτικότητα και τον τρόπο εφαρμογής τους. Επομένως, είναι σημαντικό να ακολουθούνται οι οδηγίες για τη σωστή και αποτελεσματική καταπολέμηση των ζιζανίων. Η εφαρμογή μη επιλεκτικών ζιζανιοκτόνων, όπως το glyphosate, συνιστάται προτού φυτευτεί το ρύζι ή όταν υπάρχουν προβλήματα με εισβολές ζιζανίων (Riaz et. al, 2020).

Τα προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση ζιζανίων που δεν μπορούν να ελεγχθούν με επιλεκτικά σκευάσματα πριν εμφανιστούν, ενώ τα μεταφυτρωτικά εφαρμόζονται αφού τα ζιζάνια έχουν ήδη φυτρώσει. Στην κατηγορία των αμιδίων, περιλαμβάνονται ζιζανιοκτόνα όπως το propanil, το pretilachlor και το butachlor. Το butachlor μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως προφυτρωτικό όσο και ως πρώιμο μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση ενός ευρέος φάσματος ζιζανίων (Riaz et. al, 2020).

Διαφορετικά προφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα, όπως το thiobencarb, το butachlor, το oxadiargyl, το pendimethalin, το anilofos, το pretilachlor, το oxadiazon, το pyrazosulfuron ethyl, το nitrofen και το oxyfluorfen, παρέχουν ικανοποιητικό επίπεδο ελέγχου των ζιζανίων (Riaz et. al, 2020).

Για να είναι αποτελεσματική η χρήση αυτών των σκευασμάτων, απαιτείται η τήρηση ορισμένων προϋποθέσεων, όπως κατάλληλη εδαφική υγρασία και εφαρμογή σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, ιδανικά σε συνθήκες στάσιμου νερού. Η χρήση χημικών ουσιών κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας ενδέχεται να περιορίζεται λόγω διάφορων αγρονομικών παραγόντων, ενώ η συνεχής χρήση ενός μόνο ζιζανιοκτόνου μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθεκτικότητας από τα ανεπιθύμητα φυτά. Συνεπώς, η χρήση ζιζανιοκτόνων μετά τη σπορά γίνεται απαραίτητη (Riaz et. al, 2020).

Στις συμβατικές ποικιλίες ρυζιού, η εφαρμογή επιλεκτικών ζιζανιοκτόνων δεν είναι συνηθισμένη για την αντιμετώπιση του ζιζανιογενούς ρυζιού. Ορισμένες έρευνες έχουν δείξει, ότι η αποδοτική καταπολέμηση του ζιζανιογενούς ρυζιού μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, όπως η οξαδιάζη και το metolachlor. Είναι σημαντικό, ωστόσο, να εφαρμόζονται αυτά τα ζιζανιοκτόνα πριν τη σπορά του ρυζιού, ώστε να μη δημιουργηθούν ζημιές στην καλλιέργεια. Επιπλέον, η εφαρμογή συνδυασμών διαφόρων κατάλληλων ζιζανιοκτόνων είναι κρίσιμη σε συστήματα άμεσης σποράς, όπου υπάρχουν διαφορετικά είδη ζιζανίων, ιδιαίτερα σε ξηρές συνθήκες σποράς. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η χρήση προφυτρωτικών ζιζανιοκτόνων, ακολουθούμενη από μεταφυτρωτικά, ώστε να εξασφαλιστεί αποτελεσματικός έλεγχος των ζιζανίων (Riaz *et. al*, 2020).

4. Ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων

Η μοναδική στρατηγική για τη διαχείριση των ζιζανίων μπορεί να μην είναι επαρκής για να διατηρήσει την ανάπτυξή τους κάτω από τα αποδεκτά επίπεδα και να ενδέχεται να προκαλέσει διαταραχή στις κοινότητες ζιζανίων, ανθεκτικότητα και περιβαλλοντικά προβλήματα. Για αυτό το λόγο, η εφαρμογή ενός ποικίλου συστήματος είναι ζωτικής σημασίας για την καταπολέμηση των ζιζανίων, καθώς η χλωρίδα των ζιζανίων είναι πολύ ευαίσθητη στις μεθόδους ελέγχου. Ένας αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου των ζιζανίων, θα πρέπει να στοχεύει στη μείωση του πληθυσμού τους σε επίπεδα, όπου οι επιπτώσεις από τα ζιζάνια δεν θα είναι επιβλαβείς για τα οικολογικά συμφέροντα και την οικονομική ευημερία των αγροτών (Riaz *et. al*, 2020).

Η συνδυασμένη εφαρμογή διαφόρων κατάλληλων πρακτικών ελέγχου ζιζανίων, προσφέρει στους γεωργούς επιπλέον ευκαιρίες για τη διαχείρισή τους, μειώνοντας την εμφάνιση ανεπιθύμητων ζιζανίων. Ως εκ τούτου, η ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων αποτελεί μια επιστημονική προσέγγιση που συνδυάζει τη γνώση της οικολογίας και της βιολογίας των ζιζανίων με περιβαλλοντικούς παράγοντες και διαθέσιμες τεχνολογίες, στοχεύοντας στη χρήση των πιο οικονομικών και βιώσιμων μέσων, με τη χαμηλότερη δυνατή απειλή για τον άνθρωπο και το περιβάλλον (Riaz *et. al*, 2020).

Η ενσωμάτωση διαφορετικών μεθόδων για την καταπολέμηση ζιζανίων συνιστά μια παραδοσιακή στρατηγική. Για παράδειγμα, η συμβατική τεχνική της «λάσπης» για την εξάλειψη των υπαρχόντων ζιζανίων, η μέθοδος της μεταφύτευσης για την εξασφάλιση της ιδανικής φυτοπυκνότητας, καθώς και η συγκέντρωση στάσιμου νερού στα χωράφια ρυζιού για την καταστροφή των ανεπιθύμητων φυτών, ακολουθούμενη από χειρονακτική αφαίρεση

μερικών ζιζανίων, είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του συστήματος (Riaz et. al, 2020).

Ωστόσο, το πιο κρίσιμο στοιχείο σε όλες τις πρακτικές διαχείρισης ζιζανίων είναι η «πρόληψη», που περιλαμβάνει μέτρα για την αποτροπή της εμφάνισης και της εξάπλωσης των ζιζανίων στα χωράφια. Έτσι, η αποτελεσματική ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων συνδυάζει προληπτικές, φυσικές, πολιτισμικές, μηχανικές, βιολογικές και χημικές τεχνικές για την καταστροφή των ζιζανίων, με στόχο την αποτελεσματικότητα, την οικονομία και τη σεβαστή περιβαλλοντική βιωσιμότητα (Riaz et. al, 2020).

3.3.6 Άρδευση

Οι ποσότητες νερού που απαιτεί το ρύζι είναι τεράστιες, με 700 kg περίπου αυτού να χρειάζονται για 1 kg ξηρής ουσίας. Για να έχουμε μία αξιосέβαστη τιμή παραγωγής όπου ο ρυζοκαλλιεργητής θα είναι ευχαριστημένος με την απόδοση του, το νερό που χρειάζεται στο χωράφι φτάνει τα 1100-1400 m³/στρ. Σε εδάφη όμως με μεγαλύτερη αλατότητα, η ποσότητα του είναι πιο απαιτητική, επειδή είναι συχνότερη η ανανέωση του, προκειμένου να απομακρυνθούν τα άλατα που υπάρχουν. Όλη η κατανάλωση νερού που θέλει το ρύζι, βρίσκεται μεταξύ 1300 έως και 3600 m³/στρ., τιμή που σχετίζεται φυσικά με τις συνθήκες του εδάφους. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε, πως η τιμή του ασβεστίου (Ca) στην τιμή των αλάτων, δεν πρέπει να ξεπερνά το 60%. Στην Ελλάδα, σχεδόν σε ολόκληρη την περίοδο ανάπτυξης των φυτών, το χωράφι είναι κατακλυσμένο από νερό, με την απομάκρυνση του να πραγματοποιείται μόλις 15 με 20 ημέρες πριν την συγκομιδή, έτσι ώστε να ξεραθεί ο αγρός και να αρχίσει έπειτα η διαδικασία του αλωνισμού. Οι σημαντικότερες περίοδοι όπου το νερό είναι άκρως απαραίτητο για το χωράφι, είναι πρώτα το φύτευμα και έπειτα το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην αύξηση της ταξιανθίας και της δημιουργίας των κόκκων (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Αφού πραγματοποιηθεί η διαδικασία της σποράς και όσο διαρκεί το στάδιο της φύτευσης και του αδελφώματος, το νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10 εκατοστά σε ύψος. Σε περίπτωση που το νερό λοιπόν είναι πιο μεγάλο από αυτή την τιμή, τότε δημιουργούνται διάφορα προβλήματα στην καλλιέργεια. Συγκεκριμένα, το φύτευμα των φυτών έχει μεγαλύτερη καθυστέρηση από την αναμενόμενη, παρεμποδίζεται η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και αυξάνεται η πιθανότητα ξεριζώματος των νεαρών φυτών. Επιπλέον, κατά την δημιουργία των φυταρίων, αν το νερό ξεπερνά τα 15 εκατοστά, είναι επόμενο να παρατηρήσουμε στο χωράφι λεπτότερα στελέχη και πιο καχεκτικά φυτά με καθυστέρηση στην

ανάπτυξη στις ρίζες τους. Αφού ολοκληρωθεί το αδελφωμα των φυτών, το ύψος του νερού οφείλει να αυξηθεί έως και τα 15 εκατοστά (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012*).

Κατά τη διάρκεια των ενδιάμεσων σταδίων ανάπτυξης της καλλιέργειας, κρίνεται απαραίτητο να μην υπάρξει παύση της κατάκλισης του αγρού. Στα αλατούχα εδάφη κυρίως, η ανανέωση του νερού κάθε εβδομάδα είναι αναγκαία. Η απομάκρυνση του από το χωράφι, προτιμάται μονάχα για την αντιμετώπιση μαλακόστρατων και εντόμων (*Chironomus* spp. κ.α.) που δημιουργούν προβλήματα στο ρύζι, την αποφυγή αερίων που είναι τοξικά για το φυτό και την καταπολέμηση ζιζανίων και εντόμων. Έπειτα, πρέπει να πραγματοποιηθεί ξανά από την αρχή όσο γρηγορότερα γίνεται κατάκλιση του ορυζώνα (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012*).

Η κατάλληλη στιγμή για την αποστράγγιση του χωραφιού, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τύπος του εδάφους, η ποικιλία του ρυζιού που επιλέγεται καθώς και οι καιρικές συνθήκες. Σε γενικές γραμμές, αν η αποστράγγιση πραγματοποιηθεί πολύ νωρίς, μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση και συρρικνωμένους σπόρους, αφού δεν θα έχει ολοκληρωθεί σωστά η ωρίμανση των φυτών. Στα αργιλώδη εδάφη, η αποστράγγιση είναι ορθό να πραγματοποιείται όταν το φυτό έχει ξεσταχυάσει τελείως και ξεκινά η ωρίμανση των φόβων, οι οποίοι έχουν κλίση προς τα κάτω και έχουν αλλάξει ήδη χρώμα. Ένας ακόμη οδηγός είναι στην περίπτωση που το 90% του κάθε φόβου έχει τον ακραίο κόκκο στο επίπεδο της σκληρής ζύμης (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012*).

Όσο αναφορά τη θερμοκρασία που έχει το νερό, αποτελεί κύριο ρόλο στην ανάπτυξη του φυτού. Στο χρονικό διάστημα που διαδραματίζεται η σπορά, είναι απαραίτητο να ξεπερνά τους 12 °C και στη συνέχεια της καλλιέργειας να κυμαίνεται από 21 έως και 30 °C. Σε περίπτωση που αυτή είναι μεγαλύτερη από τις παραπάνω τιμές, θα υπάρξουν συνέπειες για το ρύζι. Πιο συγκεκριμένα θα καθυστερήσει η ανάπτυξη του αδελφώματος, θα μειωθεί η απόδοση και η πρόσληψη του καλίου (K) και τέλος οι κενοί σπόροι θα γίνουν περισσότεροι. Από την άλλη πλευρά, αν η θερμοκρασία είναι κάτω των 15 °C θα υπάρξει καθυστέρηση στην διαφοροποίηση της φόβης, θα μικρύνει το μέγεθος της, θα μεγαλώσει η στειρότητα, θα προκληθεί οψίμιση καθώς και δυσκολία στην απορρόφηση θρεπτικών συστατικών. Σε μέρη όπου η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού κατά το στάδιο του φυτρώματος και της αρχικής ανάπτυξης δεν είναι υψηλή, προτείνεται η προθέρμανση του σε κατάλληλες δεξαμενές, πριν διοχετευτεί στον αγρό (*Παπακώστα – Τασοπούλου 2012*).

3.3.7 Συγκομιδή - Ωρίμανση



Εικόνα 6: Θεριζοαλωνιστική Μηχανή στον αγρό (Προσωπική Λήψη)

Η βέλτιστη στιγμή για τη συγκομιδή του ρυζιού, είναι αυτή που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση στον μύλο και την όσο το δυνατόν πιο μικρή θραυστικότητα, που μπορεί να έχει ο κόκκος. Γενικότερα, είτε η συγκομιδή πραγματοποιηθεί πολύ νωρίς, είτε πολύ αργά, θα υπάρξουν επιπτώσεις στην ποιότητα και στην ποσότητα της παραγωγής. Στην πρώτη περίπτωση, όταν δηλαδή η συγκομιδή γίνει πρόωρα, αρκετά μεγάλος αριθμός σπόρων δεν έχει καταφέρει να ωριμάσει πλήρως. Επιπλέον, το κόστος παραγωγής είναι μεγαλύτερο και μειώνεται η απόδοση που θα έχει τελικά το ρύζι στο μύλο. Στην δεύτερη περίπτωση, που η συγκομιδή πραγματοποιείται δηλαδή καθυστερημένα, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό κόκκων σπάει κατά την διαδικασία της αποφλοίωσης. Επίσης, οι απώλειες αυξάνονται λόγω του πλαγιάσματος, του τινάγματος των σπόρων, την επιρροή δύσκολων καιρικών συνθηκών καθώς και των εντόμων και τρωκτικών που υπάρχουν στο χωράφι. Σε γενικές γραμμές, η συγκομιδή στην χώρα μας πραγματοποιείται το Φθινόπωρο και συγκεκριμένα από το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Σεπτεμβρίου έως και τέλη του επόμενου μήνα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).

Για να καθοριστεί ο κατάλληλος χρόνος συγκομιδής, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής κριτήρια:

1. Η υγρασία των κόκκων οφείλει να είναι μεταξύ 19% και 21%
2. Οι ημέρες από την άνθιση του φυτού, και αναλυτικότερα για ποικιλίες τύπου indica να είναι από 35 έως και 40, ενώ για ποικιλίες τύπου japonica από 40 έως και 45
3. Ο αρχικός κόμβος της φόβης να έχει αποκτήσει κιτρινοκαστανό χρώμα

4. Το 80% των κόκκων τουλάχιστον πρέπει να έχει κίτρινο χρώμα (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012)

Για τη συγκομιδή χρησιμοποιούνται θεριζοαλωνιστικές μηχανές, οι οποίες έχουν ενσωματωμένα διάφορα εξαρτήματα που βοηθούν στη διαδικασία συγκομιδής (Street and Bolich 2003). Στην Ελλάδα, οι πιο πρόσφατες μηχανές είναι εφοδιασμένες με καταστροφέα στελεχών, ο οποίος τα κόβει σε πολύ μικρά τμήματα προκειμένου να γίνει πιο γρήγορη και εύκολη η ενσωμάτωση και η αποσύνθεση των φυτικών υπολειμμάτων. Σε περίπτωση που το έδαφος έχει πολύ υψηλή υγρασία, και λόγω των συχνών βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια περιόδου συγκομιδής, οι ελαστικοί τροχοί αντικαθίστανται από ερπύστριες, προκειμένου να διευκολυνθεί η μετακίνησή τους στον αγρό (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).



Εικόνα 7: Εκφόρτωση ρυζιού για την μεταφορά του από το χωράφι στο μύλο (Προσωπική Λήψη)

Σε αρκετά μέρη του κόσμου, εκτός της Ελλάδας, όπου η βλαστική περίοδος δεν είναι μικρή, είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν δύο εσοδείες τον χρόνο από την ίδια καλλιέργεια, φαινόμενο γνωστό ως ratoon cropping ή second cropping. Αυτό συμβαίνει, γιατί έπειτα από τον αρχικό αλωνισμό, τα φυτά επαναφυτρώνουν από τους οφθαλμούς της καλαμιάς, ακολουθούμενα από μία δεύτερη έκπτυξη ταξιανθιών και ύστερα οδηγούμαστε σε δεύτερη συγκομιδή. Για να πετύχει το παραπάνω σύστημα, σημαντικό ρόλο έχει η επιλογή ποικιλίας που δεν έχει μεγάλο βιολογικό κύκλο και η οποία θα σπαρθεί σχετικά νωρίς. Παρόλα αυτά, ορθό είναι να μην εφαρμόζεται σε μέρη με μεγάλο αριθμό ασθενειών και πλήθη ζιζανίων, όπως

είναι για παράδειγμα το κόκκινο ρύζι. Επιπροσθέτως σε αυτή την αναβλάστηση, είναι αναγκαία η λίπανση του χωραφιού με άζωτο και η κατάκλιση του απευθείας μετά την αρχική συγκομιδή. Η απόδοση μπορεί να βρίσκεται μεταξύ από 20 έως 40% της βασικής καλλιέργειας (Street και Bollish, 2003).

3.3.8 Ξήρανση – Αποθήκευση

Για την αποθήκευση του ρυζιού με ασφάλεια, οι κόκκοι του δεν πρέπει να έχουν ποσοστό υγρασίας που ξεπερνά το 14%. Όταν πραγματοποιείται η συγκομιδή, το ρύζι έχει σχετικά μεγάλη υγρασία σε σχέση με την επιθυμητή. Αν και κατά την μετακίνηση του από τον αγρό στα ξηραντήρια, ένα μέρος αυτής της υγρασίας θα εξατμιστεί, και πάλι είναι άκρως αναγκαία η ξήρανση των σπόρων πριν από την αποθήκευσή τους. Αυτό πραγματοποιείται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Πρώτη και λιγότερο συνηθισμένη επιλογή, είναι με μετακινούμενα ξηραντήρια που έχουν τοποθετεί δίπλα στο χωράφι. Η δεύτερη και κύρια επιλογή, είναι η



Εικόνα 8: Το ρύζι σε ειδικά ξηραντήρια μετά την συγκομιδή
(Προσωπική Λήψη)

μεταφορά των κόκκων ρυζιού σε σταθερά ξηραντήρια όπως συνεταιρισμοί μύλοι και άλλα (Παπακώστα – Τασοπούλου 2012).

Η θραυστικότητα των κόκκων του ρυζιού, επηρεάζεται κατά πολύ από διάφορες συνθήκες ξήρανσης, όπως είναι λόγου χάρη η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, καθώς και από τη διάρκεια της διαδικασίας (Siebenmorgan et al. 2003). Πολύ συχνά, η θερμοκρασία ξήρανσης που χρησιμοποιείται είναι 40-50°C για το ρύζι μύλου και 38-43°C για το ρύζι σπόρου (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).

Είναι γνωστό, πως οφείλουμε να αποφεύγουμε την αποθήκευση αναποφλοϊώτου ρυζιού για πολύ καιρό, όταν ειδικά οι συνθήκες που επικρατούν δεν είναι οι ιδανικές. Το περικάρπιο των κόκκων ρυζιού περιέχει μεγάλο αριθμό λιπαρών ουσιών που μπορούν να οξειδωθούν εύκολα, έχοντας ως αποτέλεσμα να προκαλούν μία ανεπιθύμητη γεύση στο τελικό προϊόν. Ωστόσο, η ωρίμανση των κόκκων ρυζιού με φλοιό κατά την αποθήκευση, μπορεί να μεγαλώσει το ποσοστό των ακέραιων κόκκων και να συνδράμει στην καλύτερη ποιότητα μαγειρέματος (Παπακώστα – Τασοπούλου, 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Συζήτηση

Σε πείραμα που διεξήχθη σε ορυζώνα, ήπια μολυσμένο με Cd στην Κίνα το 2021, μελετήθηκε η επίδραση της εφαρμογής τριών τροποποιήσεων του εδάφους σε σύγκριση με τον έλεγχο (χωρίς τροποποίηση), στην ποιότητα και την απόδοση παραγωγής του ρυζιού καθώς επίσης και στην μεταβολή των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους. Το κλίμα στην περιοχή είναι υποτροπικό με ετήσια βροχόπτωση 1450 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 18 °C. Το έδαφος του ορυζώνα είχε χαμηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (ΙΑΚ), πτωχό σε αφομοιώσιμου φωσφόρο και κάλιο, υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία και pH = 6. Δοκιμάστηκαν δυο πρώιμες και δυο όψιμες ποικιλίες ρυζιού από την Κίνα (Yuan, *et. al.* 2024). Οι τρεις τροποποιήσεις του εδάφους που επιλέχθηκαν ήταν:

- Εφαρμογή ασβέστη (με σύσταση σε $\text{CaO} \geq 35\%$ και σε $\text{MgO} \geq 5\%$) με 150 kg/στρέμμα. Εφαρμογή βιοάνθρακα (παράγεται με πυρόλυση φλοιών ρυζιού στους 550 °C για 2 ώρες περίπου) με 1000 kg/στρέμμα.
- Εφαρμογή λιπάσματος πυριτίου-ασβεστίου (με σύσταση σε $\text{CaO} \geq 25\%$ και σε $\text{SiO}_2 \geq 20\%$) με 225kg/στρέμμα.

Όλες οι τροποποιήσεις του εδάφους εφαρμόστηκαν μία εβδομάδα πριν από τη μεταφύτευση των πρώιμων δενδρυλλίων ρυζιού, ενώ δεν εφαρμόστηκαν στο όψιμο ρύζι. Πριν από την μεταφύτευση του ρυζιού σε όλες τις τροποποιήσεις και στον έλεγχο προστέθηκε λίπασμα (15-15-15) 60 kg/στρέμμα, ενώ στο στάδιο αιχμής του ρυζιού εφαρμόστηκαν 15 kg/στρέμμα ουρία (46% σε άζωτο). Το πείραμα ακολούθησε την διακοπτόμενη άρδευση μέχρι το στάδιο ωρίμανσης του ρυζιού, δηλαδή πότισμα μέχρι ύψους νερού 3 cm κάθε φορά, και αφού στεγνώσει με φυσικό τρόπο ο κύκλος συνεχίζεται (Yuan, *et. al.* 2024).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι και οι τρεις τροποποιήσεις του εδάφους σε σύγκριση με τον έλεγχο μείωσαν την περιεκτικότητα σε κάδμιο (Cd) στο καστανό ρύζι. Όλες οι τροποποιήσεις του εδάφους αύξησαν σημαντικά το pH του εδάφους με αποτέλεσμα να μειωθεί το διαθέσιμο Cd του εδάφους. Η ποιότητα του ρυζιού επηρεάστηκε κυρίως από το pH του εδάφους (διαθέσιμο Cd). Σε σύγκριση με την επεξεργασία ελέγχου, οι τροποποιήσεις με βιοάνθρακα και λίπασμα πυριτίου-ασβεστίου βελτίωσαν την εμφάνιση και τη θρεπτική

ποιότητα του ρυζιού, ενώ η εφαρμογή ασβέστη βελτίωσε σημαντικά την υγιεινή ποιότητα του ρυζιού. Η εφαρμογή του βιοάνθρακα και του λιπάσματος πυριτίου-ασβεστίου αύξησε την οργανική ουσία του εδάφους και τα μακροθρεπτικά συστατικά με αποτέλεσμα να βελτιωθεί η εμφάνιση και η θρεπτική ποιότητα του ρυζιού (Yuan, et. al. 2024). Τέλος, μεταξύ των τροποποιήσεων του εδάφους, το λίπασμα πυριτίου-ασβεστίου είχε το υψηλότερο οικονομικό όφελος. Συνολικά, σε ήπια μολυσμένους με Cd ορυζώνες, η εφαρμογή λιπάσματος πυριτίου-ασβεστίου είχε τα καλύτερα αποτελέσματα ως προς την βελτίωση της ποιότητας του εδάφους και στην αύξηση της απόδοσης και της ποιότητας του ρυζιού (Yuan, et. al. 2024).

Σε ένα άλλο πείραμα καλλιέργειας ρυζιού που διεξήχθη σε πεδινές βροχερές αλλουβιακές περιοχές στην επαρχία Aceh java της Ινδονησίας το 2021, μελετήθηκε η επίδραση διαφορετικών συστημάτων κατεργασίας του εδάφους στην ανάπτυξη του ρυζιού και στην απόδοση της παραγωγής διαφορετικών ποικιλιών. Οι ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι Ciherang, Cibogo, Inpari-13 και Situ. Η μελέτη περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές κατεργασίες του εδάφους. Η πρώτη μεταχείριση περιλαμβάνει έδαφος χωρίς άροση, η δεύτερη μεταχείριση περιλαμβάνει την μειωμένη κατεργασία εδάφους και η τρίτη περιλαμβάνει την πλήρη κατεργασία του εδάφους με γεωργικό ελκυστήρα και αλέτρι σε βάθος 30 cm (Helmi et. al., 2021).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το σύστημα κατεργασίας του εδάφους έχει σημαντική επίδραση στην απόδοση της καλλιέργειας και στο ύψος των φυτών σε 8 καλλιεργητικές εβδομάδες μετά τη φύτευση, αλλά δεν επηρεάζει σημαντικά άλλες παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ύψος φυτού και οι μέγιστες αποδόσεις παρατηρούνται στη μεταχείριση πλήρους κατεργασίας του εδάφους σε σύγκριση με την ακατεργασία, ενώ η μειωμένη κατεργασία σε σύγκριση με την πλήρη κατεργασία έδειξε ισοδύναμα αποτελέσματα ως προς το ύψος των φυτών και την απόδοση, ενώ διατηρεί επιπλέον και την περιβαλλοντική ισορροπία. Επιπλέον, η πλήρη κατεργασία του εδάφους έδειξε σε σύγκριση με τις άλλες δυο μεταχειρίσεις μεγαλύτερο βάρος ανά 1000 κόκκους ρυζιού. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ποικιλίες ρυζιού είχαν σημαντική επίδραση στο ύψος του φυτού, στον συνολικό αριθμό κόκκων, στο βάρος 1.000 κόκκων και στην απόδοση ανά εκτάριο. Η ποικιλία Cibogo έδειξε την υψηλότερη απόδοση, φτάνοντας τους 4,86 τόνους ανά εκτάριο. Η ποικιλία Inpari-13 εμφάνισε το μεγαλύτερο βάρος κόκκων ανά λοβό. Το βάρος των 1.000 κόκκων ήταν επίσης μεγαλύτερο στην Situ Bagendit. Συμπερασματικά, σε ορυζώνες με βροχερές αλλουβιακές περιοχές, όπως στην επαρχία Aceh java, μπορεί να εφαρμοστεί η

μειωμένη κατεργασία στην καλλιέργεια του ρυζιού με χρήση της ποικιλίας Cibogo (*Helmi et al.*, 2021).

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Θεσσαλονίκης το 2022, εξετάστηκε η προσθήκη αστικών αποβλήτων καφέ για συμπληρωματική επιφανειακή λίπανση εδαφών ρυζιού, ποικίλης σύστασης, καθώς και η επίδραση αυτών των αποβλήτων στα θρεπτικά του νερού κατάκλυσης. Πάρθηκαν περίπου 700 εδαφικά δείγματα της περιοχής το 2018 και το 2019. Από αυτά δημιουργήθηκαν 5 μεικτά δείγματα, ανάλογα με την κοκκομετρική σύσταση. Από το κάθε ένα από αυτά τα 5 τοποθετήθηκαν 50gr σε φιαλίδιο 250 ml. Πραγματοποιήθηκαν πέντε επεμβάσεις για το καθένα με την εφαρμογή πέντε διαφορετικών συγκεντρώσεων αστικού αποβλήτου καφέ (από 0%-10%). Σε κάθε φιαλίδιο προστέθηκε μία φορά νερό ίσο με 200 ml για 1.5 μήνα, προκειμένου να προσομοιωθούν οι συνθήκες μίας ρυζοκαλλιέργειας, δηλαδή κατάκλυση του ορυζώνα. Μετά το πέρας αυτού του διαστήματος, μετρήθηκαν στο νερό κατάκλυσης αρκετά μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά, το pH, η αλατότητα και ο βαθμός νατρίωσης για κάθε παρέμβαση (*Κεκελής, 2022*).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις των πιο πολλών υδατοδιαλυτών συστατικών παρουσίασαν αύξηση, με αύξηση της αργίλου και των αποβλήτων καφέ στον ορυζώνα. Ωστόσο, ελαττώθηκε το ασβέστιο και η αλατότητα με την προσθήκη των αποβλήτων καφέ, ενώ τα άζωτο και ο ψευδάργυρος δεν εντοπίστηκαν. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι στα αμμώδη εδάφη, το νερό κατάκλυσης είχε πιο πολλά θρεπτικά συστατικά φωσφόρου, σιδήρου και μαγγανίου, ενώ στα βαριά εδάφη είχε παραπάνω θρεπτικά συστατικά μαγνησίου, βορίου και νατρίου. Αυτό υποδήλωσε έμμεσα πως τα παραπάνω απόβλητα καφέ μπορούν να αξιοποιηθούν ως πιθανή συμπληρωματική επιφανειακή λίπανση χωρίς να δημιουργούν κίνδυνο ρύπανσης (*Κεκελής, 2022*).

Σε πείραμα καλλιέργειας ρυζιού που πραγματοποιήθηκε σε γλάστρες στην επαρχία Τζιλίν της Κίνας το 2022, μελετήθηκε η επίδραση των νανοσωματιδίων του ZnO και του ZnSO₄ στην απορρόφηση του Zn και στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης των φυτών του ρυζιού. Πραγματοποιήθηκε μεταφύτευση των φυτών από θερμοκήπιο σε γλάστρες που το έδαφος ήταν αλατούχο και νατριωμένο. Το κλίμα στην περιοχή είναι ηπειρωτικό με διάρκεια ωρών ηλιοφάνειας που αντιστοιχούν περίπου σε 110 ημέρες και περίοδο χωρίς παγετό 150 ημέρες. Προστέθηκαν 4.5 kg/στρέμμα ένυδρου ZnSO₄ και 3.0 kg/στρέμμα νανοσωματίδια ZnO μεγέθους 50 nm με βάση το ποσοστό εφαρμογής. Και οι δύο πηγές ψευδαργύρου αναμίχθηκαν με 5 cm επιφανειακού εδάφους κατά τη μεταφύτευση. Η λίπανση για κάθε γλάστρα υπολογίστηκε με βάση το συνιστάμενο ποσοστό εφαρμογής αγρού (N 25 kg/στρέμμα, P 10

kg/στρέμμα και K 12 kg/στρέμμα). Η στάθμη του νερού διατηρήθηκε σε βάθος 3-5 cm μετά τη μεταφύτευση και συνεχίστηκε μέχρι δύο εβδομάδες πριν από τη συγκομιδή. Η ποικιλία ρυζιού που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα είναι η Changbai 9 (Dang et. Al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι τόσο η εφαρμογή του $ZnSO_4$ όσο και των νανοσωματιδίων του ZnO , αύξησαν σημαντικά την υπέργεια και τη ριζική βιομάζα του ρυζιού σε σύγκριση με τον έλεγχο. Επιπλέον, η εφαρμογή των νανοσωματιδίων του ZnO σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις αύξησε τα περιεχόμενα της χλωροφύλλης α και β στα φύλλα ρυζιού, με αποτέλεσμα τη μείωση της αναλογίας χλωροφύλλης α/β. Η μείωση αυτού του λόγου χρησιμεύει ως δείκτης αντοχής των φυτών στο στρες της αλατότητας και της νατρίωσης. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος έδειξαν ότι η εφαρμογή των νανοσωματιδίων του ZnO και του $ZnSO_4$ σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις, σε αλατούχο και νατριωμένο έδαφος σε καλλιέργεια ρυζιού σε γλάστρες εμποδίζει την απορρόφηση του Na και διευκολύνει την απορρόφηση του Zn και του K, οδηγώντας σε αύξηση των χρωστικών και στην προώθηση της αποτελεσματικής φωτοσύνθεσης. Σε σύγκριση της εφαρμογής των νανοσωματιδίων του ZnO και του $ZnSO_4$ πιο έντονη επίδραση είχε η εφαρμογή των νανοσωματιδίων του ZnO (Dang et. Al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας ρυζιού μολυσμένης με Cd, ποικιλίας Zhonghua11, που πραγματοποιήθηκε σε γλάστρες στην Κίνα για δυο καλλιεργητικές περιόδους το 2022-2023 μελετήθηκε η επίδραση της διαφυλλικής λίπανσης Zn στην προώθηση του Cd από τα φύλλα προς τους κόκκους του ρυζιού. Σπόροι ρυζιού μετά από απολύμανση βλάστησαν στο σκοτάδι, στην συνέχεια τα σπορόφυτα αναπτύχθηκαν υδροπονικά σε ελεγχόμενες συνθήκες και ακολούθησε μεταφύτευση σε γλάστρες με τύρφη που τοποθετήθηκαν στην συνέχεια σε πλαστικό υπόστεγο. Η μέση θερμοκρασία ήταν περίπου 25°C και η υγρασία περίπου 75% με άρδευση 3 φορές την εβδομάδα. Τα φύλλα των φυτών του ρυζιού υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με διαλύματα που είχαν διαφορετικές συγκεντρώσεις Zn και σταθερή συγκέντρωση Cd και μέχρι την υψηλότερη συγκέντρωση Zn, η οποία αντιστοιχεί στο ανώτερο όριο τυπικού λιπάσματος Zn. Το σταθερό ισότοπο $Cd-111$ χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό της ροής του Cd από τα φύλλα στους κόκκους. Δοκιμάστηκε η διαφυλλική λίπανση με νανοσωματίδια ιοντικού Zn και η διαφυλλική λίπανση με μη ιοντικά νανοσωματίδια οξειδίου του Zn κάτω από τις ίδιες συνθήκες Cd (Liu et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η διαφυλλική λίπανση με Zn μπορεί να μειώσει την περιεκτικότητα του Cd σε κόκκους ρυζιού που καλλιεργείται σε εδάφη μολυσμένα με Cd. Τα υψηλότερα επίπεδα Zn που εφαρμόστηκε στο φύλλωμα ενίσχυσαν την εκροή του

Cd και την κατανομή του στους κόκκους (συγκρίσιμα με την ατμοσφαιρική εναπόθεση κοντά σε μεταλλουργείο). Τα μη ιονικά νανοσωματίδια του οξειδίου του Zn μετριάζουν αυτές τις επιπτώσεις. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν τη σημασία της σωστής διαχείρισης της μεταφοράς του Cd που συσσωρεύεται στα φύλλα του ρυζιού, καθώς είναι κρίσιμη για την πρόληψη της μόλυνσης από Cd στους κόκκους ρυζιού, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου παρατηρείται αυξημένη εναπόθεση Cd από την ατμόσφαιρα. Για το λόγο αυτό, σε περιοχές με υψηλές εναποθέσεις Cd στον αέρα, η χρήση διαφυλλικής λίπανσης ιοντικού Zn για σκοπούς αποκατάστασης θα πρέπει να γίνεται με προσοχή. Θα ήταν χρήσιμο να εξεταστούν άλλες εναλλακτικές μορφές, όπως οι μη ιοντικές μορφές του Zn (Liu et. al., 2024).

Σε πείραμα που διεξήχθη στην επαρχία Zhejiang της Κίνα το 2024, μελετήθηκε η επίδραση βακτηρίων σε δασικό έδαφος με όξινο pH, όσον αφορά την διαλυτοποίηση του φωσφορου, του καλίου και του πυριτίου και την χρησιμοποίηση αυτών των βακτηρίων σε καλλιέργεια ρυζιού ποικιλίας Nipponbare, σε όξινο δασικό έδαφος, με σκοπό την αφομοιωσιμότητα αυτών των στοιχείων από τα φυτά του ρυζιού. Το δασικό έδαφος ήταν πτωχό σε αφομοιώσιμο P, K και Si, πλούσιο σε οργανική ουσία και όξινο pH 4.95. Το έδαφος του πειράματος εμβολιάστηκε με βακτηριακά στελέχη που διαλυτοποιούν τον P, το K και το Si και ανήκουν στην κατηγορία των πρωτεοβακτηρίων, ενώ μια μεταχείριση χρησιμοποιήθηκε για μάρτυρας (έδαφος χωρίς εμβολιασμό) (Zhang et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το όξινο δασικό έδαφος με χαμηλή περιεκτικότητα σε διαθέσιμα στοιχεία του P, K και του Si αποτελεί πολύτιμο πόρο για τα συγκεκριμένα βακτήρια που είναι ικανά να διαλύσουν τα στοιχεία αυτά, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους και στην καλύτερη θρέψη των καλλιεργειών. Τα συγκεκριμένα βακτήρια μπορούν να ενισχύσουν την ανάπτυξη των φυτών του ρυζιού, διευκολύνοντας τη μεταφορά των P, K και Si από το έδαφος προς τα φυτά. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα να μετριάσουν τις ανεπάρκειες του P, K και του Si στο έδαφος, υποστηρίζοντας παράλληλα την ανάπτυξη των καλλιεργειών και την ανάκτηση του διαλυτού P, K και Si από τα χημικά λιπάσματα, συμβάλλοντας στη βελτίωση της χρήσης τους και μειώνοντας τις ανάγκες σε εισροές των χημικών λιπασμάτων. Επιπλέον, αυτά μπορούν να καθυστερήσουν την οξίνιση του εδάφους μέσω της διαλυτοποίησης του Si και να βελτιώσουν την ποιότητα του εδάφους (Zhang et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας ρυζιού στην Κίνα διερευνήθηκε η σταθερότητα των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε υβριδικό ρύζι υψηλής ποιότητας, σε σχέση με τις διαφορετικές

οικολογικές περιοχές και τις διαφορετικές αγρονομικές πρακτικές. Χρησιμοποιήθηκαν δύο υψηλής ποιότητας υβριδικές ποικιλίες ρυζιού, η Zhuliangyou 570 και η Huazheyu 261. Συλλέχθηκαν δείγματα ρυζιού από διαφορετικές οικολογικές περιοχές (εννέα επαρχίες στη νότια Κίνα το 2021-2023). Πειράματα πεδίου πραγματοποιήθηκαν στην πόλη Yongan το 2022 και το 2023, με δύο διαφορετικές ημερομηνίες σποράς και με έξι διαφορετικές εφαρμογές αζώτου. Το έδαφος στο πειραματικό πεδίο ήταν αργιλώδες, όξινο, πλούσιο σε οργανική ουσία και αφομοιώσιμα θρεπτικά N, P, και K. Η γεωπονική διαχείριση έγινε σύμφωνα με τις τοπικές απαιτήσεις για καλλιέργεια υψηλής απόδοσης και ποιότητας. Η μέση θερμοκρασία του αέρα το 2022 για την ποικιλία Zhuliangyou 570 ήταν περίπου 26,0 °C και για την ποικιλία Huazheyu 261 περίπου 29,0 °C, για το 2023 για την ποικιλία Zhuliangyou 570 ήταν περίπου 24,0 °C και για την ποικιλία Huazheyu 261 περίπου 27,0 °C (Xie *et. al.*, 2024).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι και οι δύο ποικιλίες από το υβριδικό ρύζι υψηλής ποιότητας, τόσο στο αγρόκτημα όσο και στα πειράματα πεδίου έδειξαν χαμηλή σταθερότητα στον ρυθμό κεφαλής ρυζιού και στην περιεκτικότητα σε αμυλόζη. Αντίθετα, το υβριδικό ρύζι υψηλής ποιότητας έδειξε υψηλή σταθερότητα στην ποιότητα εμφάνισης του ρυζιού, στο ποσοστό καστανού αλεσμένου ρυζιού και στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (Xie *et. al.*, 2024).

Σε εδάφη που καλλιεργείται ρύζι στην επαρχία Hunan της Κίνας το 2015 μελετήθηκε η μόλυνση από βαρέα μέταλλα τόσο των εδαφών όσο και του παραγόμενου ρυζιού, καθώς επίσης και οι πιθανοί κίνδυνοι για την υγεία. Σε δείγματα ρυζιού και εδάφους προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις του Cd, Cr, As, Ni, Mn, Pb και του Hg από την περιοχή μελέτης (Zeng *et. al.*, 2015).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις του καδμίου και του υδραργύρου ήταν σημαντικά υψηλότερες από τα όρια που θέτει το κινεζικό πρότυπο περιβαλλοντικής ποιότητας για το έδαφος, κυρίως λόγω ανεξέλεγκτων εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Οι μικρές αυξήσεις στις συγκεντρώσεις του αρσενικού, του νικελίου, του μόλυβδου και του μαγγανίου πιθανόν να οφείλονται στη χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων στη γεωργία. Οι μέσες συγκεντρώσεις Cd και Hg στο καστανό ρύζι υπερέβαιναν τα εθνικά πρότυπα για την ασφάλεια των τροφίμων. Η ημερήσια πρόσληψη Cd στην επαρχία Hunan υπολογίστηκε σε 0,133 mg/ημέρα. Τα όξινα εδάφη του Hunan προάγουν τη μεταφορά βαρέων μετάλλων από το έδαφος στο ρύζι. Το Cd ήταν υπεύθυνο για το μεγαλύτερο ποσοστό καρκίνου στην περιοχή. Η μακροχρόνια έκθεση σε βαρέα μέταλλα μέσω της κατανάλωσης

καστανού ρυζιού έχει καρκινογόνους κινδύνους για την υγεία των κατοίκων της περιοχής (Zeng et. al., 2015).

Σε καλλιέργεια ρυζιού που διεξήχθη το 2018-2019 στο πειραματικό αγρόκτημα του Τμήματος Έρευνας Ρυζιού Sakha, στην Αίγυπτο μελετήθηκε η ανθεκτικότητα διαφόρων γονότυπων ρυζιού σε χαμηλές θερμοκρασίες, με πρώιμη και κανονική καλλιέργεια. Στην έρευνα, επιλέχθηκαν 34 γονότυποι ρυζιού. Οι φυτεύσεις έγιναν σε τέσσερις διαφορετικές ημερομηνίες: 1η Μαρτίου, 20η Μαρτίου, 10η Απριλίου και 1η Μαΐου (El-Refae et. al., 2024).

Η μελέτη αποκάλυψε την επίδραση των συνθηκών σποράς και του ψύχους στην απόδοση και τη γονιμότητα των γονότυπων ρυζιού. Το ψυχρό στρες κατά την αναπαραγωγική φάση μειώνει την απόδοση των κόκκων και επηρεάζει αρνητικά τη γονιμότητα των ανθέων. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, επιλέχθηκαν έξι γονότυποι ρυζιού από την ομάδα Japonica, οι οποίοι έδειξαν υψηλή αντοχή στο κρύο και καλή αναπαραγωγική απόδοση. Επίσης, τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής φάσης επιμηκύνει την ωρίμανση της καλλιέργειας και μειώνει την απόδοση των σπόρων, επηρεάζοντας σημαντικά την παραγωγή των ευαίσθητων ποικιλιών. Στην Αίγυπτο ο γονότυπος Sakha104 έδειξε καταλληλότητα για πρώιμη καλλιέργεια και για κανονική (El-Refae et. al., 2024).

Ένα πείραμα διεξήχθη το 2024 σε αλλουβιακά εδάφη κατά μήκος του ποταμού Ganga, της Ινδίας, για να μελετηθεί κατά πόσο η αειφόρος διαχείριση του νερού στην καλλιέργεια ρυζιού μειώνει τη μόλυνση από αρσενικό και αυξάνει την παραγωγικότητα. Τα εδάφη που βρίσκονται κατά μήκος του ποταμού Ganga διευκολύνουν τη μεταφορά του αρσενικού στα φυτά ρυζιού κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Το αρσενικό και το πυρίτιο είναι δύο ανταγωνιστικά στοιχεία, με το Si να ελαχιστοποιεί τη συσσώρευση As στα φυτά του ρυζιού. Η μελέτη προτείνει την εναλλασσόμενη άρδευση στην καλλιέργεια με διαβροχή και ξήρανση στρατηγική που επιτρέπει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα του Si (Majumdar et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν τα θετικά αποτελέσματα της εναλλασσόμενης άρδευσης με διαβροχή και ξήρανση σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές και εδαφικά προφίλ στην Ινδία, καθιστώντας την εφαρμόσιμη σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου καλλιεργούνται ρύζι. Επίσης, αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτή η πρακτική διαβροχής και ξήρανσης μπορεί να περιορίσει τη μεταφορά αρσενικού από το έδαφος στους κόκκους ρυζιού, αυξάνοντας το διαλυτό πυρίτιο και μειώνοντας την διαθεσιμότητα του αρσενικού. Οι μικροβιακές κοινότητες που ευδοκιμούν σε αυτές της συνθήκες συμβάλλουν στην

ελαχιστοποίηση του αρσενικού. Η ανάλυση οικονομικών κερδών επιβεβαίωσε την οικονομική βιωσιμότητα αυτής της πρακτικής, λόγω της υψηλής απόδοσης ρυζιού που προσφέρει και της μειωμένης κατανάλωσης νερού (*Majumdar et. al., 2024*).

Σε πείραμα που διεξήχθη το 2020-2021 σε παράκτιες περιοχές στην περιφέρεια Satkhira του Μπαγκλαντές με αλατούχα εδάφη κατά την διάρκεια ξηρής περιόδου, διερευνήθηκαν οι επιπτώσεις διαχείρισης λιπασμάτων διαφορετικών πηγών και της επιλογής της ποικιλίας ρυζιού, στην απόδοση και την οικονομική βιωσιμότητα της καλλιέργειας. Η περιοχή έχει υγρό υποτροπικό κλίμα των μουσώνων με μέση ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία περίπου 2000 mm και 25 °C, αντίστοιχα. Το έδαφος του πειράματος ήταν αργιλοπηλώδες, ελαφρά αλκαλικό, αλατούχο, πλούσιο σε αφομοιώσιμο φώσφορο και κάλιο με κανονικά επίπεδα οργανικής ουσίας και ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες ρυζιού: η ποικιλία BRRi dhan67 ανθεκτική στην αλατότητα και η ποικιλία BRRi dhan88 ευαίσθητη στην αλατότητα. Οι επεξεργασίες περιλάμβαναν τα παρακάτω λιπάσματα: χημικό λίπασμα της πρακτικής των αγροτών της περιοχής, εφαρμογή συμπυκνωμένης ουρίας σε βάθος, συνιστάμενη δόση χημικού λιπάσματος, σύνθετο οργανικό και ανόργανο λίπασμα, ολοκληρωμένη διαχείριση θρεπτικών που περιέχει 100% την συνιστάμενη δόση και 200g/στρέμμα τέφρα τύπος (α), ολοκληρωμένη διαχείριση θρεπτικών που περιέχει 75% την συνιστάμενη δόση και 200g/στρέμμα τέφρα φλοιού ρυζιού και 200g κοπριά/στρέμμα τύπος (β) και τον μάρτυρα (*Islam et. al., 2024*).

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η ολοκληρωμένη διαχείριση θρεπτικών τύπου (β) αύξησε σημαντικά την απόδοση ρυζιού σε σύγκριση με τις άλλες μεταχειρίσεις και για τις δύο ποικιλίες. Η ανθεκτική στην αλατότητα ποικιλία BRRi dhan67 αύξησε σημαντικά την απόδοση του ρυζιού σε σχέση με την ευαίσθητη στην αλατότητα ποικιλία BRRi dhan88 κατά περίπου 35%. Με βάση το κόστος η μελέτη απέκλεισε την ποικιλία BRRi dhan88, αλλά και όλες τις μεταχειρίσεις λιπασμάτων εκτός την εφαρμογή συμπυκνωμένης ουρίας σε βάθος και την ολοκληρωμένη διαχείριση θρεπτικών τύπου (β). Συμπερασματικά, αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η επιλογή ποικιλιών ρυζιού ανθεκτικών στην αλατότητα και η εφαρμογή κατάλληλων πρακτικών διαχείρισης λιπασμάτων μπορεί να βελτιώσει την απόδοση της παραγωγής ρυζιού και να ενισχύσει την κερδοφορία (*Islam et. Al., 2024*).

Σε καλλιέργεια ρυζιού το 2008 στην περιοχή της Χαλάστρας Θεσσαλονίκης, διερευνήθηκε η επίδραση των μικροοργανισμών του εδάφους. Για τον σκοπό αυτό προσδιορίστηκαν τα ένζυμα φωσφατάσες (όξινα και αλκαλικά) τα οποία συμμετέχουν στην ανοργανοποίηση του

οργανικού φωσφόρου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε δύο αγροτεμάχια καλλιέργειας ρυζιού με παραλαβή εδαφικών δειγμάτων από ανώτερα εδαφικά στρώματα και από βαθύτερα στρώματα των αγρών (Αλαμάνου, 2008).

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος έδειξαν ότι στην επιφανειακή στρώση επικρατούν οι αλκαλικές φωσφατάσες που προέρχονται από τους μικροοργανισμούς και το ριζικό σύστημα, ενώ στα βαθύτερα στρώματα του εδάφους επικρατούν οι όξινες φωσφατάσες που προέρχονται από τους μικροοργανισμούς. Ο ρυθμός ανοργανοποίησης του οργανικού φωσφόρου σε αναερόβιες συνθήκες ήταν περιορισμένος. Στις στρώσεις με μεγαλύτερο βάθος οι ολικές φωσφατάσες ήταν περιορισμένες, εξαιτίας του χαμηλού αριθμού μικροοργανισμών και του μικρότερου ποσοστού οργανικής ουσίας (Αλαμάνου, 2008).

Σε τέσσερα μολυσμένες περιοχές καλλιέργειας ρυζιού του Μπαγκλαντές μελετήθηκαν οι επιπτώσεις του τροποσφαιρικού όζοντος στην παραγωγή του ρυζιού. Οι καλλιέργειες πραγματοποιήθηκαν για τρία έτη από 2020–2022. Χρησιμοποιήθηκαν 20 γονότυποι ρυζιού. Για κάθε γονότυπο το πείραμα είχε δύο μεταχειρίσεις: η μία με ψεκασμό των φυτών κάθε εβδομάδα μέχρι το στάδιο κορεσμού των φύλλων με διάλυμα αιθυλενοδιουρίας συγκέντρωσης 300ppm το οποίο είναι προστατευτικό του όζοντος και η άλλη χωρίς ψεκασμό. Κάθε μέρα κατά την διάρκεια της καλλιέργειας υπήρχαν μετρήσεις προσδιορισμού του όζοντος στην τροπόσφαιρα (Frei et.al.,2024).

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος έδειξαν ότι η εφαρμογή στα φυτά του διαλύματος αιθυλενοδιουρίας σε όλες τις μεταχειρίσεις σε σύγκριση με τον μάρτυρα αύξησε την απόδοση των κόκκων ρυζιού περίπου 10% δηλώνοντας την καταπόνηση των φυτών από το όζον. Οι ευαίσθητες ποικιλίες στο όζον με την εφαρμογή της αιθυλενοδιουρίας αύξησαν την απόδοση περίπου 20% δείχνοντας ότι διαφορετικές ποικιλίες διέφεραν ως προς το στρες του όζοντος. Επιπλέον, η εφαρμογή του διαλύματος αιθυλενοδιουρίας σε όλες της περιοχές και τους γονότυπους αύξησε την συγκέντρωση της χλωροφύλλης στα φύλλα, τον λόγω χλωροφύλλης/καροτενοειδή, την αύξηση των χρωστικών ξανθοφύλλης και την απόδοση σε άχυρο. Συμπερασματικά, η παραγωγή ρυζιού επηρεάζεται από το ατμοσφαιρικό όζον και απαιτεί ανθεκτικές ποικιλίας στο όζον και μείωση της ρύπανσης (Frei et.al.,2024).

Δείγματα κόκκινου ρυζιού ποικιλίας indica που παρήχθη στην Καμπόζη, μαζί με το περικάρπιο έχει υποστεί άλεσμα σε λεπτή σκόνη για να μελετηθούν οι βιοδραστικές του ιδιότητες για πιθανή φαρμακευτική χρήση (Baptista et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το κόκκινο ρύζι, έχει σημαντική θρεπτική αξία και φαρμακευτικές ιδιότητες λόγω της σύνθεσής του σε μακροθρεπτικά συστατικά και σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως είναι οι στερόλες, τοκοφερόλες, μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, βιταμίνες και οι φαινολικές ενώσεις, όπως φλαβανόλες-3 που παρέχουν βιολογικά οφέλη στην υγεία, φαινολικά οξέα και κατεχίνες οι οποίες συνδέονται με αντιοξειδωτικές και αντικαρκινικές ιδιότητες, ειδικά κατά του καρκίνου των πνευμόνων και του ήπατος. Επιπλέον τα αποτελέσματα έδειξαν μικρή αντιβακτηριακή δράση (*Baptista et. al., 2024*).

Σε καλλιέργεια ρυζιού που πραγματοποιήθηκε στην επαρχία Hubei της Κίνας από το 2020-2022 διερευνήθηκε η εφαρμογή συνδυασμένης λίπανσης αζώτου και καλίου στην βιώσιμη παραγωγή του ρυζιού. Το κλίμα στην περιοχή είναι υποτροπικό μουσώνων, με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 10°C και μέση ετήσια βροχόπτωση περίπου 570 mm. Το έδαφος του πειράματος είναι ασβεστολιθικό, με ουδέτερο pH, κανονικά επίπεδα οργανικής ουσίας και αφομοιώσιμου καλίου και πλούσιο σε αφομοιώσιμο φώσφορο. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες ρυζιού, η ποικιλία Quanyouhuazhan και η ποικιλία Y-liangyou 900. Οι μεταχειρίσεις του πειράματος ήταν: Εφαρμογή αζώτου με 18.0, 12.0 και 9.0 kg N/στρέμμα και εφαρμογή καλίου με 12.0, 16.0 και 21.0 kg K/στρέμμα (*Deng et. al., 2024*).

Τα αποτελέσματά του πειράματος έδειξαν ότι η αύξηση του K με τις ίδιες εφαρμογές αζώτου έδειξε αύξηση της απόδοσης περίπου 5%. Η αύξηση του K αύξησε την αποτελεσματικότητα χρήσης του N. Ο συνδυασμός εφαρμογής N12-K16 σε σύγκριση με τον συνδυασμό εφαρμογής N18-K12 έδειξε υψηλότερη αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου περίπου 50%. Είναι γνωστό ότι η μεγάλη αύξηση του λιπάσματος καλίου μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητα χρήσης του καλίου. Επιπλέον, η υπερβολική χρήση του N συμβάλλει στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ενώ μια μέτρια μείωση του μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα χρήσης του αζώτου χωρίς να μειώσει τις αποδόσεις. Συμπερασματικά η συνδυασμένη εφαρμογή N12-K16 ήταν πιο βιώσιμη σε σύγκριση με τους άλλους συνδυασμούς. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν την σημασία της βέλτιστης αναλογίας εφαρμογής των δύο θρεπτικών σε καλλιέργειες ρυζιού τόσο για την αύξηση της απόδοσης όσο και για την αποτελεσματικότητα χρήσης των λιπασμάτων, αλλά και την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (*Deng et. al., 2024*).

Σε πείραμα καλλιέργειας ρυζιού που πραγματοποιήθηκε από το 2019-2022 στην επαρχία Χουνάν της νότιας Κίνας μελετήθηκε η επίδραση των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους στην

συγκέντρωση του σεληνίου στους ορυζώνες της περιοχής και στους κόκκους του ρυζιού. Το κλίμα στην περιοχή (ορεινή) είναι υποτροπικό μουσωνικό, με μέση ετήσια θερμοκρασία περίπου 17°C και ετήσια βροχόπτωση 1500mm. Από το 2019-2022 πραγματοποιήθηκε συλλογή χιλιάδων εδαφικών δειγμάτων από του ορυζώνες και δείγματα κόκκων ρυζιού. Προσδιορίστηκαν στα εδάφη η Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, η οργανική ουσία, το pH του εδάφους και τα στοιχεία Cu, Zn, Mn, Se, ενώ στους κόκκους ρυζιού προσδιορίστηκαν τα στοιχεία Cu, Zn, Mn και Se (Shang et. al.,2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι το 65% περίπου των εδαφικών δειγμάτων των ορυζώνων της περιοχής και το 60% περίπου των κόκκων ρυζιού είχαν υψηλή συγκέντρωση σε Se (> από 0.40 και > από 0 .04 ppm αντίστοιχα). Η συγκέντρωση του Se στο έδαφος και στους κόκκους ρυζιού είχε χαμηλή συσχέτιση με το pH, υποδηλώνοντας ότι οι αλλαγές στο pH δεν επηρεάζουν σημαντικά τις συγκεντρώσεις. Η οργανική ουσία του εδάφους, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, ο Cu και ο Zn στο έδαφος έχουν θετική συσχέτιση με τα επίπεδα του Se στο έδαφος και στους κόκκους ρυζιού, με την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και τον Cu να έχουν την υψηλότερη. Αυτά τα ευρήματα υπογραμμίζουν τη σημασία της εξέτασης αυτών των χημικών ιδιοτήτων του εδάφους όταν στοχεύουμε στην ενίσχυση της συγκέντρωσης του Se στο ρύζι για τον εμπλουτισμό της διατροφής σε Se (Shang et. al.,2024).

Σε ορυζώνες διαφορετικών περιοχών της επαρχίας Yunnan της Κίνας το 2020-2021 διερευνήθηκε στο παραγόμενο ρύζι της περιοχής η περιεκτικότητα μακροθρεπτικών, μικροθρεπτικών και τοξικών στοιχείων για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος για την υγεία από την διατροφική πρόσληψη αυτών των στοιχείων μέσω του ρυζιού. Πραγματοποιήθηκε συλλογή ρυζιού από χρωματισμένες και μη ποικιλίες ρυζιού και προσδιορίστηκαν τα μακροθρεπτικά, αρκετά μικροθρεπτικά και τοξικά στοιχεία (Liu et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η σειρά των συγκεντρώσεων στο ρύζι για τα μακροστοιχεία ήταν: P>K>Mg>Ca>Ca>Ca > Na, ενώ για τα μικροστοιχεία στο ρύζι η σειρά των συγκεντρώσεων ήταν: Mn>Zn>Fe>Cu>Se. Το χρωματισμένο ρύζι σε σύγκριση με το μη χρωματισμένο ρύζι βρέθηκε να περιέχει υψηλότερες συγκεντρώσεις σε P, K, Mg, Ca, Na και σε Zn, Fe, Cu ,Mn, Se, αλλά και στα τοξικά As, Cd και Cr, με ένα μικρό ποσοστό δειγμάτων να υπερβαίνει το διεθνή πρότυπα. Επιπλέον, η πρόσληψη του Ca, Cu, Fe, Zn, Na και Se δεν ήταν επαρκής για τις ανάγκες των ημερήσιων προσλήψεων από το ρύζι σε αυτά τα θρεπτικά. Ενώ, η ημερήσια πρόσληψη Cr για τους ενήλικες υπερβαίνει το ασφαλές όριο πρόσληψης σύμφωνα με τα κινέζικα πρότυπα. Οι άνθρωποι μπορεί να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία από το χρωματισμένο ρύζι. Συμπερασματικά, η μακροχρόνια κατανάλωση του

ρυζιού από την επαρχία Yunnan πρέπει να μειωθεί και να ληφθούν μέτρα για τον έλεγχο των ημερήσιων επιπέδων πρόσληψης ειδικά των τοξικών στοιχείων (Liu et. al., 2024).

Σε καλλιέργεια ρυζιού σε ορυζώνες της επαρχίας Guilan του Ιράν, με αργιλώδες έδαφος, αξιολογήθηκε η επίδραση της συρρίκνωσης του εδάφους και του μεγέθους των πόρων στην απόδοση της καλλιέργειας του ρυζιού. Τα εδάφη της περιοχής του πειράματος έχουν υψηλό ποσοστό οργανικής ουσίας και μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Τα εδάφη αυτά παρουσιάζουν υψηλή διόγκωση και συρρίκνωση κατά την εναλλαγή υγρασίας. Λόγω των ξηρασιών στην περιοχή, είναι κρίσιμο να εξεταστούν οι αλλαγές του εδάφους κατά την πλημμύρα και την ξήρανση, οι οποίες οδηγούν σε διόγκωση, συρρίκνωση και σχηματισμό ρωγμών (Rezaee et. al., 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και η περιεκτικότητα σε άργιλο είναι οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες συρρίκνωσης του εδάφους. Γενικά, τα ορυζώδη εδάφη που μελετήθηκαν έχουν μεγάλες δυνατότητες για διόγκωση- συρρίκνωση και ρωγμές κατά τη διαδικασία ξήρανσης λόγω του μεγάλου ποσοστού διογκώσιμων αργίλων. Αυτές οι ρωγμές επηρεάζουν αρνητικά την απόδοση των καλλιεργειών καταστρέφοντας τις ρίζες των φυτών και αυξάνουν τις απώλειες νερού μέσω των προφίλ του εδάφους. Τέλος, η μελέτη αυτή τονίζει την ανάγκη για σωστή παρακολούθηση των πόρων του εδάφους και σωστές στρατηγικές διαχείρισης για την αποφυγή ρωγμών για ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού, ώστε να διατηρηθεί η καλύτερη παραγωγή ρυζιού (Rezaee et. al., 2024).

Σε πείραμα καλλιέργειας ρυζιού στην Ινδία μελετήθηκε ο ρόλος του Trichoderma στην προστασία των φυτών του ρυζιού από την ξηρασία. Έντεκα τοπικά διαφορετικά στελέχη Trichoderma απομονώθηκαν από ορυζώνες των περιοχών Aligarh, Kasganj, Bulandshahar, Hathras, Mathura της Ινδίας. Εφαρμόστηκαν στις καλλιέργειες 2g τοπικών στελεχών Trichoderma /kg εδάφους ανά μεταχείριση και ο μάρτυρας (χωρίς Trichoderma). Καλλιεργήθηκε η ευαίσθητη στην ξηρασία ποικιλία ρυζιού η Swarna Sub-1. υπό συνθήκες υδατικής καταπόνησης με 100%, 75%, 50% και 25% νερό της συνιστώμενης ποσότητας για σύγκριση με τα φυτά που έλαβαν κανονική άρδευση (Shah & Khan, 2024).

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι η ποικιλία ρυζιού Swarna Sub-1 χωρίς εφαρμογή Trichoderma παρουσίασε σημαντικές μειώσεις στην ανάπτυξη των φυτών, την παραγωγή βιομάζας και την φωτοσύνθεση, όταν καλλιεργήθηκε σε συνθήκες υδατικής καταπόνησης σε σύγκριση με φυτά που υποστηρίχθηκαν με κανονική άρδευση. Σε συνθήκες

άρδευσης 100% της κανονικά συνιστώμενης ποσότητας η εφαρμογή του *T. harzianum* AMUTHZ84 αύξησε το μήκος του βλαστού και της ρίζας κατά 23,6% και 21,3% αντίστοιχα σε σύγκριση με τον μάρτυρα, ακολουθούμενη από το *T. viride* AMUTVR73 που αύξησε το μήκος του βλαστού και της ρίζας κατά 21,5% και 18,1% αντίστοιχα, σε σύγκριση με τον μάρτυρα, όσον αφορά της καλλιέργεια της ποικιλίας ρυζιού Swarna Sub-1. Ενώ, σε συνθήκες άρδευσης 75% της κανονικά συνιστώμενης ποσότητας η εφαρμογή του *T. harzianum* AMUTHZ82 έναντι των άλλων στελεχών έδειξε ενίσχυση του μήκους των βλαστών και της ρίζας κατά 17,7 και 16,4%, αντίστοιχα. Επιπλέον, σε συνθήκες άρδευσης 50% της κανονικά συνιστώμενης ποσότητας η εφαρμογή του *T. harzianum* AMUTHZ82 έναντι των άλλων στελεχών έδειξε ενίσχυση του μήκους των βλαστών και της ρίζας κατά 12.4 και 10.1%, αντίστοιχα. Τέλος,, σε συνθήκες άρδευσης 25% της κανονικά συνιστώμενης ποσότητας η εφαρμογή του *T. harzianum* AMUTHZ82 έναντι των άλλων στελεχών έδειξε ενίσχυση του μήκους των βλαστών και της ρίζας κατά 9.3 και 8.1%, αντίστοιχα. Συμπερασματικά, η εφαρμογή στο έδαφος του στελέχους *T. harzianum* AMUTHZ82 σε σύγκριση με τα άλλα στελέχη, όσον αφορά στην καλλιέργεια της ποικιλίας ρυζιού Swarna Sub-1 σε συνθήκες άρδευσης με 25%-75% της κανονικά συνιστώμενης ποσότητας νερού έδειξε μια ενίσχυση του μήκους των βλαστών, της ρίζας και της βιομάζας από 8-17%, αντίστοιχα, και μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή βιομάζας σε συνθήκες μειωμένης άρδευσης (Shah & Khan, 2024).

Σε αυτή την μελέτη γίνεται μία ανασκόπηση ανάλυσης δεδομένων για την επίδραση της εφαρμογής στο έδαφος διαφορετικών ποσοτήτων βιοκάρβουνου στην αύξηση της παραγωγής των ορυζώνων (Pia et. al., 2024).

Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η εφαρμογή βιοκάρβουνου στους ορυζώνες σε ποσότητα από 200kg μέχρι 5 τόνους/στρέμμα αύξησε την απόδοση του ρυζιού περίπου 10%, ενώ μείωσε τις εκπομπές του CH₄ περίπου 20%, ωστόσο αυτή η σχέση της ποσότητας του βιοκάρβουνου και της αύξησης της απόδοσης δεν είναι ανάλογη και η μελέτη προτείνει για μια μακροπρόθεσμη βελτίωση παραγωγής ρυζιού και μείωσης των εκπομπών του CH₄ μια περιορισμένη εφαρμογή βιοκάρβουνου των 200kg/στρέμμα με βάση την ανάλυση των δεδομένων. Το ετήσιο ποσοστό εφαρμογής του βιοκάρβουνου θα πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο του βιοκάρβουνου και του εδάφους καθώς επίσης και τις γεωργικές πρακτικές. Η μελέτη όμως αυτή έδειξε ότι η επίδραση του βιοκάρβουνου στην απόδοση της καλλιέργειας δεν εξαρτάται ούτε από τον τύπο του βιοκάρβουνου ούτε από την θερμοκρασία πυρόλυσης. Για τον λόγο αυτό η μελέτη προτείνει ως πρώτη ύλη το άχυρο ρυζιού ή τον φλοιό ρυζιού των ορυζώνων, ως

μια οικονομική στρατηγική για την μακροπρόθεσμη βελτίωση της απόδοσης του ρυζιού και την μείωση των εκπομπών του CH₄ (Pia et. al., 2024).

4.2 Συμπεράσματα

Η καλλιέργεια του ρυζιού απαιτεί συγκεκριμένες εδαφικές συνθήκες προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη ανάπτυξή του. Το κατάλληλο έδαφος για την καλλιέργεια του ρυζιού πρέπει να διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά που προάγουν την παραγωγικότητά του και την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. Καταρχάς, το έδαφος οφείλει να είναι πλούσιο σε οργανική ύλη. Η οργανική ύλη συμβάλλει στην ενίσχυση της δομής του εδάφους, βελτιώνει τη συγκράτηση της υγρασίας και παρέχει απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για την ανάπτυξη του ρυζιού. Ιδιαίτερα, η παρουσία αργιλίου και σιλικούχου εδάφους είναι ευεργετική, καθώς στηρίζουν την ανάπτυξη των ριζών και την απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών. Επιπλέον, το ρύζι προτιμά εδάφη που έχουν καλή αποστράγγιση, αλλά και την ικανότητα να συγκρατούν νερό. Η σωστή υδρολογία είναι κρίσιμη, καθώς οι καλλιέργειες ρυζιού αναπτύσσονται καλύτερα σε υγρά περιβάλλοντα. Συνήθως, τα εδάφη που προορίζονται για ρύζι είναι είτε υγρά είτε πηλό εδάφη, που διατηρούν υγρασία και παρέχουν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης.

Ακόμα, η αλκαλικότητα του εδάφους παίζει καθοριστικό ρόλο. Τα εδάφη με pH γύρω στο 5,5 έως 7 είναι ιδανικά, καθώς προάγουν τη γονιμότητα και την αποδοτικότητα των θρεπτικών συστατικών. Η υπερβολική οξύτητα ή αλκαλικότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξη του ρυζιού. Τέλος, οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής καλλιέργειας είναι επίσης σημαντικές. Στην πλειονότητά τους, οι περιοχές που αναπτύσσουν ρύζι βρίσκονται κοντά σε ποταμούς ή λίμνες, όπου η φυσική ροή του νερού και οι εναποθέσεις θρεπτικών στοιχείων ενισχύουν τις εδαφικές συνθήκες.

Συμπερασματικά, το ιδανικό έδαφος για την καλλιέργεια ρυζιού είναι πλούσιο σε οργανική ύλη, με καλή υδρολογία, κατάλληλη αλκαλικότητα και ευνοϊκές γεωλογικές συνθήκες. Αυτές οι παράμετροι συμβάλλουν στην εξασφάλιση μιας υγιούς και παραγωγικής καλλιέργειας ρυζιού.

Το ρύζι, απαιτεί συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες για την βέλτιστη ανάπτυξή του. Η καλλιέργεια του ρυζιού ευδοκιμεί κυρίως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές, όπου οι θερμοκρασίες είναι σταθερά υψηλές. Το ιδανικό κλίμα για την ανάπτυξη του ρυζιού περιλαμβάνει μέσες θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20°C έως 35°C. Οι θερμοκρασίες κάτω από 15°C μπορεί να προκαλέσουν καθυστερήσεις στην ανάπτυξη και απώλειες στην παραγωγή.

Επιπλέον, η υγρασία αποτελεί κρίσιμο παράγοντα. Το ρύζι απαιτεί αρκετή υγρασία, ιδίως κατά την περίοδο των βλαστικών σταδίων και της γονιμοποίησης. Για το λόγο αυτό, οι περιοχές με ετήσιες βροχορροές που ξεπερνούν τα 1.000 mm θεωρούνται ιδανικές. Η ύπαρξη λιμνών ή ποταμών για τη δημιουργία υδάτινων καλλιεργειών προσφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα.

Επιπροσθέτως, η ηλιοφάνεια είναι εξίσου σημαντική για την φωτοσύνθεση, καθώς οι ώρες ηλιοφάνειας που ξεπερνούν τις 8-10 ανά ημέρα ευνοούν την παραγωγικότητα του ρυζιού. Σε περιοχές με επαρκή ηλιοφάνεια και κατάλληλες κλιματικές συνθήκες, η απόδοση του ρυζιού μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα.

Συνοψίζοντας, το κατάλληλο κλίμα για την καλλιέργεια του ρυζιού χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες, επαρκή υγρασία και αρκετή ηλιοφάνεια. Αυτές οι συνθήκες συμβάλλουν στην επίτευξη υψηλής παραγωγής και γόνιμων καλλιεργειών, καθιστώντας το ρύζι ένα σημαντικό προϊόν για την παγκόσμια διατροφή.

Η καλλιέργεια του ρυζιού αποτελεί μία από τις κύριες αγροτικές δραστηριότητες σε πολλές χώρες, ιδιαίτερα σε περιοχές με εύφορη γη και κατάλληλες κλιματικές συνθήκες. Η σωστή άρδευση είναι κρίσιμη για την επιτυχία αυτής της καλλιέργειας, καθώς επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη του φυτού, την απόδοση και την ποιότητα του παραγόμενου ρυζιού. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος άρδευσης για το ρύζι είναι η πλημμυριστική άρδευση (flood irrigation), όπου οι καλλιέργειες θα υποβληθούν σε μία ομοιόμορφη και συνεχή υδάτινη κάλυψη. Αυτή η μέθοδος αυξάνει την υγρασία του εδάφους και συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών ανάπτυξης. Επιπλέον, η πλημμυριστική άρδευση βοηθά στην καταπολέμηση ζιζανίων και παρασίτων, καθώς τα νερά δημιουργούν ένα αντίξοο περιβάλλον για την ανάπτυξή τους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ποσότητα και η διάρκεια της άρδευσης πρέπει να ρυθμίζονται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες και την φάση ανάπτυξης του φυτού. Κατά τη διάρκεια της βλάστησης, το ρύζι απαιτεί σταθερή υγρασία, ενώ κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης η ποσότητα του νερού μπορεί να μειωθεί, προκειμένου να βελτιωθεί η ποιότητα του σπόρου.

Συμπερασματικά, η κατάλληλη άρδευση για την καλλιέργεια του ρυζιού είναι ουσιώδης παράμετρος που επηρεάζει όχι μόνο την κανονικότητα της παραγωγής αλλά και την κερδοφορία των αγροτών. Η ενδεδειγμένη στρατηγική άρδευσης, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες γεωργικές πρακτικές, μπορεί να οδηγήσει σε βιώσιμες και αποδοτικές καλλιέργειες ρυζιού.

Η καλλιέργεια του ρυζιού αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές αγροτικές δραστηριότητες παγκοσμίως, καθώς παρέχει τη βασική τροφή για δισεκατομμύρια ανθρώπους. Για τη βιώσιμη

ανάπτυξή του, είναι κρίσιμο να διασφαλιστούν τα σωστά θρεπτικά στοιχεία, τα οποία επηρεάζουν άμεσα την απόδοση και την ποιότητα της σοδειάς.

Καταρχάς, το άζωτο (N) θεωρείται θεμελιώδες θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη του ρυζιού. Συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη των φυτών, ενισχύοντας τη βλάστηση και την παραγωγή φύλλων. Η έλλειψη αζώτου μπορεί να οδηγήσει σε χλώρωση και μειωμένη παραγωγή.

Επιπλέον, το φώσφορο (P) είναι ουσιώδους σημασίας για την ανάπτυξη των ριζών και την ανθοφορία του φυτού. Βοηθά στη μεταφορά ενέργειας και στην παραγωγή DNA, ενώ ενισχύει τη γενική ανθεκτικότητα του φυτού σε ασθένειες. Η παρουσία του είναι κρίσιμη κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων της ανάπτυξης του ρυζιού.

Το κάλιο (K) έχει εξίσου σημαντικό ρόλο, καθώς ρυθμίζει την ισορροπία του νερού στα φυτά και ενισχύει την αντοχή τους στο στρες, όπως είναι οι άμεσες κλιματικές μεταβολές. Επιπλέον, βελτιώνει την ποιότητα των κόκκων του ρυζιού, αυξάνοντας την ανθεκτικότητα απέναντι σε παράσιτα και ασθένειες.

Τέλος, η παρουσία μικροθρεπτικών στοιχείων, όπως ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος και το μαγγάνιο, είναι εξίσου απαραίτητη. Αυτά τα στοιχεία υποστηρίζουν βιοχημικές διεργασίες, ανασχηματίζοντας τη συνολική υγεία των φυτών.

Συνοψίζοντας, η ορθή διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων αζώτου, φωσφόρου, καλίου και μικροθρεπτικών στοιχείων είναι καίρια για την επιτυχία της καλλιέργειας του ρυζιού. Η προσεκτική ανάλυση και η εφαρμογή των κατάλληλων λιπασμάτων μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της παραγωγής και στην εξασφάλιση μιας βιώσιμης γεωργίας, ικανής να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του παγκόσμιου πληθυσμού.

Η καλλιέργεια του ρυζιού αποτελεί μια από τις βασικότερες γεωργικές δραστηριότητες παγκοσμίως, εξυπηρετώντας τη διατροφή μεγάλου μέρους του πληθυσμού. Για την εξασφάλιση υψηλής παραγωγής και ποιότητας σπόρων, είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν και να εφαρμοστούν τα κατάλληλα ιχνοστοιχεία που συμβάλλουν στην υγιή ανάπτυξή του. Τα κύρια ιχνοστοιχεία που απαιτούνται για την καλλιέργεια του ρυζιού περιλαμβάνουν τον σίδηρο (Fe), τον ψευδάργυρο (Zn), τον χαλκό (Cu) και τον μαγγάνιο (Mn). Ο σίδηρος είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τον σχηματισμό της χλωροφύλλης και τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, ενώ η έλλειψή του μπορεί να οδηγήσει σε χλώρωση και κακή ανάπτυξη των φυτών. Ο ψευδάργυρος συμβάλλει στην ανάπτυξη και την ανθεκτικότητα των φυτών, επηρεάζοντας τις διαδικασίες της ανθοφορίας και του καρποσυσσωρευτή. Ο χαλκός παίζει ρόλο στην παραγωγή ενζύμων που αναστέλλουν την εκδήλωση ασθενειών στα φυτά, ενώ ο μαγγάνιο συμμετέχει σε πολλές βιοχημικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή. Η ισορροπημένη προσφορά αυτών

των ιχνοστοιχείων μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα του ρυζιού σε αγρονομικές πιέσεις, όπως ασθένειες και κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, η σωστή ανάλυση του εδάφους πριν από την καλλιέργεια είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό των αναγκών σε ιχνοστοιχεία. Η εφαρμογή λιπασμάτων που περιέχουν αυτά τα στοιχεία, σε συνδυασμό με καλλιεργητικές πρακτικές όπως η σωστή άρδευση και η εναλλαγή καλλιεργειών, μπορεί να βελτιώσει αισθητά την απόδοση και την ποιότητα του ρυζιού.

Συμπερασματικά, η επιλογή και χρήση των κατάλληλων ιχνοστοιχείων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της καλλιέργειας του ρυζιού. Μια ορθολογική προσέγγιση στη διαχείριση των θρεπτικών στοιχείων μπορεί να οδηγήσει σε βιώσιμες και υψηλότερες αποδόσεις, συμβάλλοντας έτσι στη διατροφική ασφάλεια των ανθρώπων.

Το pH αποτελεί έναν κρίσιμο παράγοντα για την καλλιέργεια του ρυζιού, καθώς επηρεάζει άμεσα την ανάπτυξη και την απόδοση της καλλιέργειας. Το ρύζι, ως υδρόφιλο φυτό, ευδοκιμεί σε συγκεκριμένες συνθήκες εδάφους και υγρασίας, και η οξύτητα του εδάφους παίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτές τις συνθήκες. Το κατάλληλο pH για την καλλιέργεια του ρυζιού κυμαίνεται μεταξύ 5,5 και 7,0. Σε αυτό το εύρος, οι θρεπτικές ουσίες είναι πιο διαθέσιμες για το φυτό, ενώ περιορίζεται η ανάπτυξη υγειονομικών προβλημάτων που σχετίζονται με την οξύτητα ή την αλκαλικότητα του εδάφους. Σε pH κάτω του 5,5, ενδέχεται να παρατηρηθούν προβλήματα όπως η τοξικότητα του αλουμινίου, ενώ σε pH άνω του 7,0 μπορεί να προκύψει έλλειψη θρεπτικών στοιχείων, όπως το σίδηρο και ο φώσφορος. Επιπλέον, η διαχείριση της υγρασίας είναι εξίσου σημαντική. Το ρύζι απαιτεί σαφή ρύθμιση της στάθμης του νερού, καθώς η υπερβολική ή ανεπαρκής υγρασία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ανάπτυξή του, ανεξαρτήτως του pH του εδάφους. Αυτό καθιστά απαραίτητη τη συνολική παρακολούθηση των εδαφικών και κλιματικών συνθηκών.

Συνοπτικά, ένα άριστο pH στο εύρος των 5,5 έως 7,0, σε συνδυασμό με σωστή διαχείριση της υγρασίας, αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχία της καλλιέργειας του ρυζιού. Η κατανόηση και η ρυθμισμένη παρακολούθηση των εδαφικών παραμέτρων είναι καθοριστικής σημασίας για την εξασφάλιση υψηλών αποδόσεων και ποιότητας στα προϊόντα ρυζιού.

Επιπλέον, η καλλιέργεια ρυζιού συνιστά σημαντική οικονομική δραστηριότητα για τους αγρότες. Η ζήτηση για αυτό το προϊόν, λόγω των διατροφικών του χαρακτηριστικών και της δημοφιλίας του στην ελληνική κουζίνα, έχει ενισχυθεί, καθιστώντας το ένα βιώσιμο εισόδημα για τις οικογένειες που το καλλιεργούν. Ωστόσο, η καλλιέργεια αυτή αντιμετωπίζει και προκλήσεις, όπως οι κλιματικές αλλαγές και οι γενικότερες οικονομικές συνθήκες. Είναι αναγκαίο να συνεχιστούν οι προσπάθειες για την ανάπτυξη βιώσιμων γεωργικών πρακτικών, προκειμένου να διασφαλιστεί η παραγωγή και η ποιότητα του ρυζιού στο μέλλον.

Εν κατακλείδι, η καλλιέργεια ρυζιού αποτελεί έναν κρίσιμο τομέα της ελληνικής γεωργίας που συνδυάζει παράδοση και καινοτομία, συμβάλλει στη διατροφή και την οικονομία της χώρας, και απαιτεί προσοχή και φροντίδα για τη διατήρησή της.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Balasubramanian A., (2017). Chemical Properties of Soils.
- Baptista E., M.I. Dias, A. Liberal, T. Pires, R.V. C. Cardoso, R.C. Calhelha, A. Fernandes, P.A. García, I. Ferreira, and J.M. Barreira, (2024). Chemical and Bioactive Properties of Red Rice with Potential Pharmaceutical Use.
- Brackin R., S. Schmidt, D. Walter, S. Bhuiyan, S. Buckley, J. Anderson, (2017). Soil biological health—what is it and how can we improve it?
- Bullock D. G., 1992, Crop rotation, Critical Reviews in Plant Sciences, 11(4): 309-326.
- Dairy Australia website (2021), Chapter 4.3.1, Soil Properties
- Dang K., Y. Wang, H. Tian, J. Bai, X. Cheng, L. Guo, Q. Zhang, Y. Geng & X. Shao, (2024). Impact of ZnO NPs on photosynthesis in rice leaves plants grown in saline-sodic soil.
- Deng J., K. Liu, X. Xiong, T. Hussain, L. Huang, P. Voil, M.T. Harrison, X. Tian, Y. Zhang, (2024). Achieving sustainable rice production through nitrogen-potassium harmony for enhanced economic and environmental gains.
- Edwards C.A , Bohlen P.J., (1996). Biology and Ecology of Earthworms.
- El-Refaee Y. ,H. Gharib ,S. A. Badawy ,E. M. Elrefaey ,S. El-Okkiah ,M. Okla ,M. Maridueña-Zavala ,H. AbdElgawad &A. El-Tahan, (2024). Mitigating cold stress in rice: a study of genotype performance and sowing time.
- Ferrero A., (2007). Rice Cultivation in the E.U. Ecological Conditions and Agronomical Practices.
- Frei M., Md Ashrafuzzaman, H.P Piepho, E. Herzog, S. Begum, M. Islam, (2024). Evidence for tropospheric ozone effects on rice production in Bangladesh.
- Gurjar G., S. Swami, Sanjay, T. Shivkumar, N. Meena, (2017). Soil Biological Properties and Their Importance in Agricultural Production.
- Helmi, H., Munawar, A.A., Bakhtiar, B. and Zulfahmi, Z. (2021). Comparisons among soil tillage system and their impacts to the tested rice varieties on lowland rainfed alluvial in Aceh Jaya. Food Research 5 (4) : 173 – 178.
- Iqbal S., (2020). Insect, Pest and Disease Management in Rice.
- Islam M.,Y.K. Gaihre, M. Islam, A. Jahan, M. Rouf Sarkar, U. Singh, A. Islam, A. Al Mahmud, M. Akter, R. Islam, (2024). Effects of integrated nutrient management and urea deep placement on rice yield, nitrogen use efficiency, farm profits and greenhouse gas emissions in saline soils of Bangladesh.

- Karkee S., (2021). Speciality Rice Varieties and Landraces.
- Liu X., Q. Li, B. Yin, H. Yan & Y. Wang, (2024). Assessment of macro, trace and toxic element intake from rice: differences between cultivars, pigmented and non-pigmented rice.
- Liu Y., B.F Yan , X. Cai , H.X Zheng, R. Qiu ,Y. Tang, (2024). Foliar-applied zinc promotes cadmium allocation from leaf surfaces to grains in rice.
- Majumdar A., M. Upadhyay, B. Giri, P. Yadav, D. Moulick, S. Sarkar, B. Kumar, K. Sahu, A.K. Srivastava, M. Buck, M. Tibbett, M. Jaiswal, T. Roychowdhury, (2024). Sustainable water management in rice cultivation reduces arsenic contamination, increases productivity, microbial molecular response, and profitability.
- Mandal U.K., (2016). Soil Physical and Chemical Properties in Relation to Conservation of Natural Resources.
- McCuin G., Schultz B., (2013). Soil Properties, Part 2 of 3: Biological Characteristics.
- Mohapatra P., B. B Sahu, (2022). Botany of Rice Plant.
- Ntanos, D. A. and Koutroubas, S.D. (2000). Evaluation of rice for resistance to pink stem borer (*Sesamia nonagrioides* Lefevre). *Field Crops Research*. 66(1):63-71.
- Pathak H., R. Tripathi, NN. Jambhulkar, JP. Bisen and BB Panda, (2020). Eco-regional-based Rice Farming for Enhancing Productivity Profitability and Sustainability.
- Pia H. I., .N. Baek, S.-W. Park¹, E. Shin, S. Lee, H. Kim, S. Tang, W. Cheng, J. Kwak, H. Park, W. Choi, (2024). Luxury application of biochar does not enhance rice yield and methane mitigation: a review and data analysis.
- Rezaee L., N. Davatgar, A. A. Moosavi, A. R. Sepaskhah ,(2024). Assessing the impact of soil shrinkage and pore size dynamics on rice crop yield in expansive clay soils.
- Riaz U., T. Samreen, S. Mutaha, H. Arshad, Z. Nazir, S. Kanwal, (2020). Weed Management in Rice.
- Shah M.H. & M. R., (2024). Effectiveness of local isolates of *Trichoderma* spp. in imparting drought tolerance in rice, *Oryza sativa*.
- Shang G., W. Zhou, R. Liu, Y. Zhou, Z. Xu, H. Cui and Y. Cai, (2024). Influence of soil properties on selenium concentration in paddy soil and rice grains in the hilly regions of southern China.
- Shrestha J. , M. Kandel, S. Subedi and K. Shah, (2020). Role of nutrients in rice (*Oryza sativa* L.): A review.
- Singh et al. 2004. *Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease*. pp.186.

- Street, J.E. and P.K. Bollich. 2003. Rice production. pp. 271-296. In Rice: Origin, history, technology, and production. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Tripathi K.K, O.P Govila, R. Warriar, V. Ahuja, (2011). Biology of *Oryza sativa* L. (Rice). USDA, (2011). Soil Quality Indicators.
- Usharani KV, K. Roopashree and N. Dhananjay, (2019). Role of soil physical, chemical and biological properties for soil health improvement and sustainable agriculture.
- Vaughan D. A., H Morishimay, K Kadowaki (2003). Diversity in the *Oryza* genus.
- Vijay D., B. Roy, (2013). Chapter – 4 .Rice (*Oryza sativa* L.).
- Walker T. and Street J., (2003). Rice Fertilization.
- Xie J., Z. Xiao, X. Li, F. Cao, J. Chen, I. Ali, A. Iqbal, A. Wahab, M. Huang, (2024). Stability differences of quality traits in high-quality hybrid rice.
- Yuan, S., Han, Y., Cui, C., Chen, P., Tu, N., Rang, Z., & Yi, Z. (2024). Silicon–calcium fertilizer increased rice yield and quality by improving soil health. *Scientific Reports*, 14(1), 13088.
- Zeng F, W. Wei , M. Li, R. Huang, F. Yang and Y. Duan, (2015). Heavy Metal Contamination in Rice-Producing Soils of Hunan Province, China and Potential Health Risks.
- Zhang L., C. Tan, W. Li, L. Lin, T. Liao, X. Fan, H. Peng, Q. An & Y. Liang, (2024). Phosphorus-, potassium-, and silicon-solubilizing bacteria from forest soils can mobilize soil minerals to promote the growth of rice (*Oryza sativa* L.)
- Αλαμάνου Μαρία (2008), «Η διακύμανση της μικροβιακής δραστηριότητας σε ορυζώνες κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου». Μεταπτυχιακή Διατριβή.
- Βραχόπουλος Μ., (2024). Φυσική Περιβάλλοντος : “ΚΕΦ. 12: Η Φυσική του εδάφους.” Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών.
- Δήμας, Κ. (2008). Σιτηρά – Ψυχανθή. Διδακτικές σημειώσεις. Τ.Ε.Ι.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Καραμάνος Α., (1999). Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων: Αραβόσιτος, σόργο, ρύζι, κεχρί.
- Κεκελής Ι. Παναγιώτης (2022), «Αξιολόγηση των θρεπτικών στοιχείων στο νερό κατάκλυσης σε εδάφη ρυζοκαλλιέργειας μετά από εφαρμογή αποβλήτων καφέ». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Διατριβή.
- Μποτάνης Ι., (2017). Αγρονομική συμπεριφορά ποικιλιών ρυζιού στην περιοχή Φερών του νομού Έβρου.
- Πανώρας, Α και Α. Ηλίας. 1999. Άρδευση με επεξεργασμένα υγρά αστικά απόβλητα. ΕΘΙΑΓΕ, Θεσσαλονίκη.
- Παπακώστα – Τασοπούλου Δ. 2012. Ειδική Γεωργία, Σιτηρά και Ψυχανθή. Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη.

Σινάνης Κ. (2016). Προσδιορισμός της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Χατζηπαυλίδης Ι., Κ. Οιχαλιώτη, Η. Κεφαλογιάννη, Β. Τσάγκου, Μ. Τσικνιά, Δ. Τσιγωνάκης, Γ. Ζαφειρίου, (2022). Συμβιωτικοί μικροοργανισμοί στην ριζόσφαιρα των φυτών. Στο πλαίσιο του προγράμματος «Ευφυής Γεωργία και Κυκλική Βιοοικονομία – SmartBIC».