

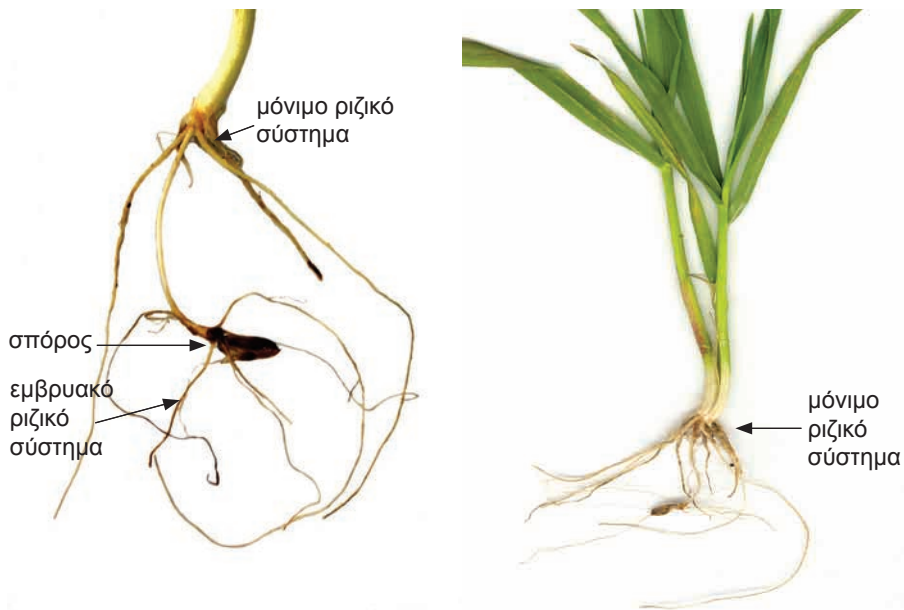
2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΧΕΙΜΕΡΙΝΩΝ ΣΙΤΗΡΩΝ

Τα χειμερινά σιτηρά έχουν πολλά κοινά μορφολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Επίσης και η συνιστώμενη καλλιεργητική τεχνική παρουσιάζει πολλές ομοιότητες. Για το λόγο αυτό στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιασθούν τα κοινά μεταξύ τους σημεία και στα επόμενα κεφάλαια θα δοθεί λεπτομερέστερα η ειδική περιγραφή του κάθε είδους χωριστά.

2.1. ΒΟΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

2.1.1. Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα είναι θυσσανώδες και αποτελείται από δύο κατηγορίες ριζών α) τις εμβρυακές και β) τις μόνιμες ή δευτερογενείς (Εικ.2.1). Οι εμβρυακές



Εικ.2.1. Ριζικό σύστημα των χειμερινών σιτηρών.

βγαίνουν από το σπόρο κατά το φύτρωμα, ενώ οι μόνιμες που αποτελούν τον κύριο όγκο του ριζικού συστήματος σχηματίζονται από τους πρώτους κόμβους που βρίσκονται ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Το σημείο αυτό ονομάζεται σταυρός. Συνεπώς, το βάθος σποράς επηρεάζει το βάθος σχηματισμού μόνον του εμβρυακού ριζικού συστήματος. Το τμήμα του φυτού μεταξύ του σπόρου και του σταυρού λέγεται μεσοκοτύλιο, το μήκος του οποίου εξαρτάται από το βάθος σποράς και κυμαίνεται από 1-10 cm (Stoskopf 1985)

Οι εμβρυακές ρίζες (3-8 ανάλογα με το είδος του σιτηρού) είναι λεπτές, με ομοιόμορφη διάμετρο και άφθονες πλευρικές διακλαδώσεις. Παραμένουν συνήθως ενεργές καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης των φυτών. Αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού ριζικού συστήματος. Η συνεισφορά τους στην απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων είναι μεγάλη στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των σιτηρών, ενώ αργότερα με την εμφάνιση του μόνιμου ριζικού συστήματος, αυτή περιορίζεται πάρα πολύ.

Οι μόνιμες ρίζες είναι πολυάριθμες, παχύτερες και ισχυρότερες σε σχέση με τις εμβρυακές και αναπτύσσονται αρχικά σχεδόν οριζοντίως και κατόπιν στρέφονται προς τα κάτω. Η έκταση του ριζικού συστήματος και το βάθος που διεισδύουν οι ρίζες μέσα στο έδαφος εξαρτάται κυρίως από τη δομή, τη γονιμότητα, τη θερμοκρασία και την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους, την πυκνότητα των φυτών, την ύπαρξη ζιζανίων, το είδος και την ποικιλία του σιτηρού. Οι περισσότερες ρίζες φθάνουν σε βάθος 30 έως 50 cm, μπορούν όμως να διεισδύσουν μέχρι και 2 m.

Σε βαθιά, γόνιμα, καλώς στραγγιζόμενα εδάφη παρατηρείται καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Οι ανθεκτικές στην ξηρασία ποικιλίες, αναπτύσσουν πλουσιότερο ριζικό σύστημα συγκρινόμενες με τις ευπαθείς (Hamblin κ.ά. 1990). Οι χειμερινοί τύποι συνήθως εμφανίζουν περισσότερο εκτεταμένο ριζικό σύστημα. Η μορφή του ριζικού συστήματος δεν σχετίζεται με το ύψος των φυτών και εξαρτάται από το γενότυπο (Stoskopf 1985). Το μόνιμο ριζικό σύστημα είναι περισσότερο αναπτυγμένο στη σίκαλη, ακολουθεί η βρώμη και το κριθάρι και τελευταίο έρχεται το σιτάρι. Η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος περιορίζεται την περίοδο της άνθησης. Τα αδέλφια αποκτούν δικό τους μόνιμο ριζικό σύστημα, ανεξάρτητο από το μητρικό φυτό.

2.1.2. Βλαστός (καλάμι)

Ο βλαστός των χειμερινών σιτηρών συνηθέστερα ονομάζεται καλάμι (Εικ. 2.2). Είναι κυλινδρικός και αποτελείται από μεσογονάτια διαστήματα, ως επί το πλείστον κενά στο εσωτερικό τους κατά την ωρίμανση και από συμπαγή γόνατα ή κόμβους. Η κοίλη κυλινδρική μορφή του στελέχους προσδίδει σ' αυτό ένα βαθμό

αντοχής. Ο αριθμός των μεσογονατίων εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία του σιτηρού, επηρεάζεται όμως και από τις κλιματολογικές συνθήκες. Το μήκος των μεσογονατίων εξαρτάται από τη θέση τους στο βλαστό και από το γενότυπο. Γενικά τα μεσογονάτια της βάσης παραμένουν κοντά, ενώ εκτός από ορισμένες εξαιρέσεις, το μήκος τους αυξάνει προοδευτικά από τη βάση προς την κορυφή. Μακρύτερο από όλα είναι το τελευταίο μεσογονάτιο που φέρει και την ταξιανθία. Το ύψος των χειμερινών σιτηρών και η διάμετρος των βλαστών εξαρτάται από το είδος, την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης. Το ύψος κυμαίνεται από 60 έως 150 cm ενώ η διάμετρος από 3 έως 10 mm. Το ύψος και η διάμετρος των βλαστών σχετίζονται με το πλάγισμα.



Εικ. 2.2. Καλλιέργεια κριθαριού στο στάδιο του καλαμώματος.

Στη βάση των μεσογονατίων, μέσα στον κολεό του αντίστοιχου φύλλου, υπάρχει μία μικρή ζώνη που παραμένει σε μεριστωματική κατάσταση και η οποία λιγνιτοποιείται μετά το ξεστάχισμα. Η ζώνη αυτή του στελέχους παρέχει τη δυνατότητα σε πλαγιασμένα στελέχη να επανέρχονται στην όρθια θέση με ασύμμετρη ανάπτυξη της βάσης των μεσογονατίων. Φυσικά αυτή η επαναφορά είναι δυνατή πριν από τη λιγνιτοποίηση της μεριστωματικής αυτής ζώνης.

Στη βάση του βλαστού κατά κανόνα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, υπάρχει μία ζώνη από μεριστωματικούς ιστούς που καλείται στεφάνη ή σταυρός. Η ζώνη αυτή παράγει ρίζες και βλαστούς και είναι το πιο ευαίσθητο σημείο στα χειμερινά σιτηρά, καθόσον καταστροφή της από χαμηλές θερμοκρασίες ή ξηρασία συνεπάγεται και καταστροφή του φυτού.

Από καταβολές οφθαλμών που βρίσκονται στους κόμβους του βλαστού, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, εκφύονται νέα στελέχη που ονομάζονται αδελφία. Επίσης από οφθαλμούς των αδελφιών μπορούν να σχηματισθούν δευτερογενή αδελφία και ούτω καθ' εξής. Κάτω από ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες και σε επάρκεια χώρου μπορούν να δημιουργηθούν μέχρι και 150 αδελφία (βλαστοί) από ένα σπόρο.

2.1.3. Φύλλα

Τα φύλλα των σιτηρών αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα, τον κολεό και το έλασμα. Ο κολεός είναι το κατώτερο τμήματα του φύλλου που περιβάλλει το βλαστό (καλάμι). Ο κολεός μπορεί να φέρει τρίχες ή όχι. Στην ένωση της βάσης του κολεού με τον αντίστοιχο κόμβο υπάρχει ένας μασχαιαίος οφθαλμός ο οποίος όταν βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να αναπτυχθεί σε καινούριο βλαστό (αδέλφι). Το έλασμα του φύλλου είναι επίμηκες και στενό (Εικ. 2.2), με κύριες νευρώσεις παράλληλες, χωρίς διακλαδώσεις, οι οποίες συνδέονται σταυρωτά μεταξύ τους με άλλα μικρότερα νεύρα. Και οι δύο επιφάνειες του ελάσματος καλύπτονται από προστατευτικό στρώμα κυττάρων, την επιδερμίδα και εσωτερικά υπάρχει άφθονο σπογγώδες μεσόφυλλο. Τα στομάτια είναι διατεταγμένα σε παράλληλες σειρές και στις δύο πλευρές των φύλλων. Στο σιτάρι και τη βρώμη πιο πολλά στομάτια βρίσκονται στην πάνω επιφάνεια των φύλλων. Το έλασμα πολλές φορές στρέφεται προς τα δεξιά (σιτάρι, κριθάρι, σίκαλη) ή προς τα αριστερά (βρώμη) ή μπορεί να παρουσιάζει δύο συστροφές. Επίσης μπορεί να είναι λείο ή να καλύπτεται από χνούδι.

Το μήκος, το πλάτος και ο χρωματισμός του ελάσματος των φύλλων είναι χαρακτηριστικό του είδους και της ποικιλίας. Εν τούτοις ο χρωματισμός επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την εδαφική υγρασία και η ένταση του πράσινου χρώματος από την γονιμότητα του εδάφους και κυρίως την περιεκτικότητα σε άζωτο.

Στο σημείο που ενώνεται το έλασμα του φύλλου με τον κολεό διακρίνονται δύο εξαρτήματα, το γλωσσίδιο και τα ωτίδια. Το γλωσσίδιο είναι μία μεμβρανώδης εκβλάστηση με όρθια έκφυση, χωρίς χρώμα. Τα ωτίδια είναι μεμβρανώδεις προεκτάσεις του ελάσματος του φύλλου, περιβάλλουν το στέλεχος ολικώς ή μερικώς και μπορεί να έχουν διάφορες αποχρώσεις, από πράσινο μέχρι ερυθρό και σε ορισμένες περιπτώσεις όταν το φυτό ωριμάζει, παίρνουν χρώμα λευκό. Τα ωτίδια μπορεί να φέρουν ή όχι χνούδι. Το μέγεθος και η μορφή του γλωσσιδίου και των ωτιδίων αποτελούν χρήσιμα χαρακτηριστικά για τη διάκριση των χειμερινών σιτηρών σε νεαρή ηλικία. Έτσι π.χ. η βρώμη έχει μεγάλο γλωσσίδιο και καθόλου ωτίδια, ενώ το κριθάρι έχει πολύ μεγάλα ωτίδια που περιβάλλουν ολόκληρο το καλάμι και προεξέχουν και μέτριο γλωσσίδιο. Το σιτάρι έχει μέτρια ωτίδια και μέτριο γλωσσίδιο, ενώ η σίκαλη έχει τα μικρότερα ωτίδια από όλα τα χειμερινά σιτηρά (Εικ. 2.3).

Τα φύλλα είναι τοποθετημένα σε δύο σειρές η μία απέναντι από την άλλη (φυλλοταξία δίστοιχη). Ο αριθμός τους ποικίλλει συνήθως από 5-10. Το μικρότερο φύλλο συνήθως είναι το τελευταίο που λέγεται φύλλο-σημαία και παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον εφοδιασμό του κόκκου με προϊόντα φωτοσύνθεσης. Αρχικά τα φύλλα έχουν σχεδόν κατακόρυφη διεύθυνση αλλά αργότερα σχηματίζουν γωνία με το βλαστό, το μέγεθος της οποίας είναι χαρακτηριστικό του είδους και της

ποικιλίας του σιτηρού.



Εικ. 2.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά στο σημείο ένωσης του ελάσματος του φύλλου με τον κολέο, που βοηθούν στη διάκριση των χειμερινών σιτηρών σε νεαρή ηλικία.

Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης και κυρίως στις ποικιλίες που σπέρνονται το φθινόπωρο, τα μεσογονάτια διαστήματα είναι πολύ μικρά και τα φύλλα εμφανίζονται σαν μία τούφα πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Με τη μορφή αυτή τα φυτά περνούν τη διάρκεια του χειμώνα και τα φύλλα προστατεύουν το αρχέφυτρο από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Με την αύξηση της θερμοκρασίας την άνοιξη, επιμηκύνονται τα μεσογονάτια διαστήματα και τα φυτά παίρνουν ύψος.

2.1.4. Ταξιανθίες -Άνθη

Τα άνθη είναι τοποθετημένα σε ταξιανθίες. Η ταξιανθία αποτελείται από έναν κύριο αρθρωτό άξονα, τη ράχη, ο οποίος είναι προέκταση του βλαστού. Τα άνθη κατά ομάδες που καλούνται σταχύδια, είναι τοποθετημένα με διαφορετικό τρόπο στην ταξιανθία. Εάν είναι τοποθετημένα εναλλάξ πάνω στην ράχη με ένα μικρό μη διακλαδιζόμενο άξονα, το ραχίδιο, η ταξιανθία λέγεται στάχυς. Εάν από τον κύριο άξονα σχηματίζονται διακλαδώσεις και υποδιακλαδώσεις πάνω στις οποίες βρίσκονται τα σταχύδια, η ταξιανθία λέγεται φόβη. Η ράχη της φόβης έχει περίπου πέντε κόμπους, από τον καθένα δε βγαίνουν εναλλάξ δύο έως έξι διακλαδώσεις. Ταξιανθία στάχυ έχουν το σιτάρι, το κριθάρι, η σίκαλη και το τριτικάλε, ενώ φόβη έχει η βρώμη (Εικ. 2.4). Η πυκνότητα των σταχυδίων στο στάχυ ποικίλει σημαντικά. Ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των κόμβων της ράχης η ταξιανθία χαρακτηρίζεται σαν πυκνή, ενδιάμεση, χαλαρή (Εικ. 2.5). Το μήκος της ταξιανθίας κυμαίνεται από 5 έως 15 cm.

Ο αριθμός των σταχυδίων σε κάθε άρθρωση και ο αριθμός των άγωνων και γόνιμων ανθέων σε κάθε σταχύδιο εξαρτάται από το είδος και την ποικιλία, τις συνθήκες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση και από τον εφο-

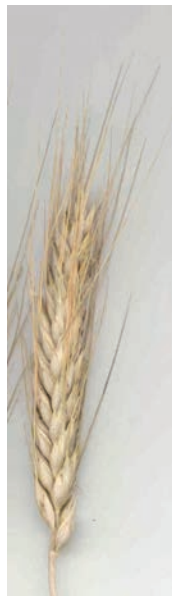
διασμό του στάχeos με προϊόντα φωτοσύνθεσης. Περισσότερες λεπτομέρειες θα δοθούν στην ειδική περιγραφή του κάθε είδους.



Σιτάρι



Σίκαλη



Τριτικάλε

Κριθάρι
εξάστοιχο - δίστοιχο

Βρώμη

Εικ. 2.4. Ταξιανθίες των χειμερινών σιτηρών.



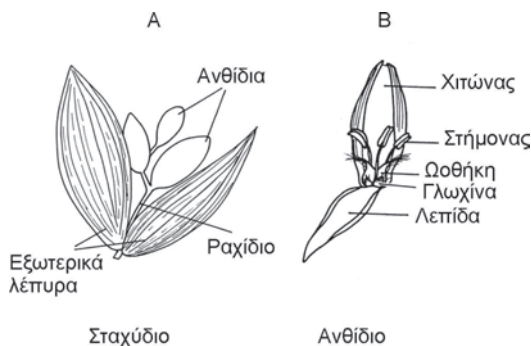
Εικ. 2.5. Ταξιανθία μαλακού (αριστερά) και σκληρού (δεξιά) σιταριού με διαφορετική πυκνότητα σταχυδίων.

Κάθε σταχύδιο (Εικ. 2.6 και 2.7) περιβάλλεται από δύο λέπυρα που λέγονται εξωτερικά λέπυρα για να διακρίνονται από τα άλλα δύο που περιβάλλουν κάθε άνθος και λέγονται εσωτερικά. Τα εξωτερικά λέπυρα καταλήγουν σε μία μύτη, την ακίδα. Από τα εσωτερικά λέπυρα εκείνο που αντιστοιχεί στη ράχη του κόκκου λέγεται χιτώνας και το άλλο (στην κοιλιά του κόκκου) λέγεται λεπίδα. Ο χιτώνας μπορεί να προεκτείνεται στο άκρο του και να σχηματίζει το άγανο. Η ύπαρξη ή όχι αγάνου, το μήκος, το χρώμα, η υφή και λοιπά χαρακτηριστικά του, χρησιμεύουν για την ταξινόμηση των

ποικιλιών. Τα άγανα φέρουν χλωροπλάστες και έχουν την ικανότητα να φωτοσυνθέτουν. Ο χιτώνας από την εξωτερική πλευρά παρουσιάζει ένα προεξέχον νεύρο, ενώ η λεπίδα μία αυλάκωση που προσαρμόζεται στη σχισμή του σπόρου. Τα εσωτερικά λέπυρα απομακρύνονται από το σπόρο κατά τον αλωνισμό στο σιτάρι, στη σικάλη και στο τριτικάλε, ενώ παραμένουν ενωμένα με το σπόρο στο κριθάρι και στη βρώμη.



Εικ. 2.6. Τμήμα στάχους σιταριού όπου διακρίνονται τα σταχύδια.



Εικ. 2.7. Δομή ενός τυπικού σταχυδίου χειμερινού σιτηρού (Α) και ενός ανθιδίου (Β). Κάθε σταχύδιο έχει ένα (κριθάρι) ή περισσότερα (σιτάρι, σικάλη, βρώμη, τριτικάλε) ανθίδια, με ένα άνθος το κάθε ένα.

Σε κάθε άνθος, μέσα στα εσωτερικά λέπυρα (Εικ. 2.7), περικλείονται τρεις στήμονες, ο ύπερος που αποτελείται από μονόχωρη ωοθήκη και δύο στύλους

(ενωμένους) με πτεροειδές στίγμα και δύο γλωχίνες (μικρά λεπιοειδή κατασκευάσματα) στη βάση της ωοθήκης. Οι ανθήρες στηρίζονται σε λεπτά νήματα τα οποία επιμηκύνονται πολύ γρήγορα όταν πλησιάζει η άνθηση. Οι κόκκοι της γύρης είναι λεπτοί και παράγονται σε μεγάλη αφθονία. Το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη και το τριτικάλε είναι αυτογονιμοποιούμενα φυτά (παρατηρείται ποσοστό 1-4% σταυρογονιμοποίησης ανάλογα με τις ποικιλίες και τις κλιματολογικές συνθήκες), ενώ η σίκαλη είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό.



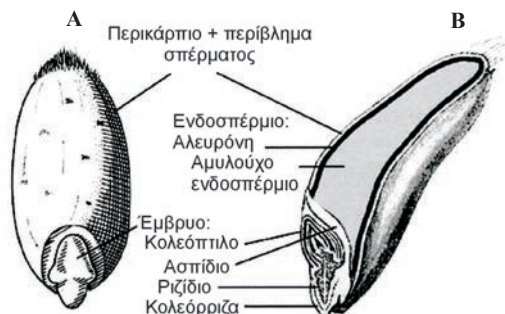
Εικ. 2.8. Γυμνοί σπόροι σιταριού (α) και ντυμένοι σπόροι κριθαριού (β).

2.1.5. Καρπός

Ο καρπός των σιτηρών είναι καρύωση, όπου το περίβλημα του σπόρου είναι ενωμένο σταθερά και σε ολόκληρη την έκτασή του με την εσωτερική πλευρά του περικάρπιου, ώστε καρπός και σπόρος να αποτελούν μια μονάδα, τον κόκκο. Το σχήμα και το μέγεθος των κόκκων επηρεάζεται από το γενότυπο, τη θέση τους στο στάχυ ή το σταχύδιο και την ποσότητα του αποθηκευθέντος ενδοσπερμίου. Στον κόκκο του κριθαριού και της βρώμης (εκτός από τις γυμνές ποικιλίες) το περικάρπιο είναι ενωμένο εντελώς με τα δύο εσωτερικά λέπυρα, τα οποία δεν απομακρύνονται με τον αλωνισμό (Εικ. 2.8). Σε ορισμένα είδη σιταριού όπως π.χ. στο *Triticum spelta* δεν γίνεται προσκόλληση. Απλώς τα λέπυρα και μετά τον αλωνισμό εξακολουθούν να μένουν ενωμένα σφιχτά μεταξύ τους, ώστε για την απομάκρυνσή τους να χρειάζονται ειδικά μηχανήματα.

Ο κόκκος αποτελείται από το περικάρπιο, το περίβλημα του σπόρου, το ενδοσπέρμιο και το έμβρυο. Στην Εικ. 2.9 παρουσιάζεται η ανατομία του κόκκου του σιταριού ως αντιπροσωπευτική ανατομία του κόκκου των σιτηρών. Το περικάρπιο αποτελείται από στρώματα κυττάρων τα οποία προέρχονται από τη διαφοροποίηση των τοιχωμάτων της ωοθήκης. Το περίβλημα του σπόρου βρίσκεται κάτω από το περικάρπιο, αποτελείται από ημιπερατό λεπτό στρώμα κυττάρων, το οποίο προέρχεται από τη διαφοροποίηση των χιτώνων της σπερματικής βλάστης

και περιβάλλει πλήρως το έμβryo και το ενδοσπέρμιο. Στα κύτταρα του περιβλήματος του σπόρου μπορούν να υπάρχουν χρωστικές, οι οποίες δίνουν χρώμα στον κόκκο.



Εικ. 2.9. Δομή καρύωσης: Α. κόκκος σιταριού, Β. κατά μήκος τομή του κόκκου.

Το ενδοσπέρμιο είναι ο αμυλώδης ιστός που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του κόκκου και καλύπτει το εσωτερικό του κόκκου, εκτός από τον χώρο που καταλαμβάνει το έμβryo. Προσφέρει θρεπτικά στοιχεία στο αναπτυσσόμενο έμβryo και στο νεαρό φυτάριο μετά τη βλάστηση του σπόρου, μέχρι το φυτό να μπορέσει να ικανοποιήσει τις ανάγκες του από το έδαφος. Το εξωτερικό στρώμα του ενδοσπερμίου αποτελεί την αλευρόνη. Τα κύτταρα της αλευρόνης είναι μεγάλα, ορθογώνια, δεν περιέχουν άμυλο και είναι πλούσια σε αλευρόκοκκους, οι οποίοι περιέχουν κυρίως πρωτεΐνες. Οι αλευρόκοκκοι περιβάλλονται από ελαιώδη σταγονίδια (Lersten 1987). Τα κύτταρα της αλευρόνης παραμένουν ζωντανά στον ώριμο κόκκο (Bradbury κ.ά. 1956). Το υπόλοιπο τμήμα του ενδοσπερμίου εκτός από την αλευρόνη αποτελείται από μεγάλα κύτταρα πλούσια σε αμυλόκοκκους και διάσπαρτους αλευρόκοκκους. Τα κύτταρα αυτά νεκρώνονται κατά την ωρίμανση (Campbell κ.ά. 1981). Οι αμυλόκοκκοι διαφέρουν πολύ στο μέγεθος και το σχήμα. Όταν οι αλευρόκοκκοι βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία στο ενδοσπέρμιο ο κόκκος γίνεται σκληρός και σε τομή εμφανίζει διαφανή, γυαλιστερή όψη. Αντίθετα όταν βρίσκονται σε μικρή αναλογία, το ενδοσπέρμιο γίνεται μαλακό και παρουσιάζει αλευρώδη εμφάνιση.

Το έμβryo βρίσκεται τοποθετημένο στο ένα άκρο του κόκκου κοντά στον ποδίσκο, σε κατάσταση λήθαργου. Συνήθως ο λήθαργος οφείλεται στην ξήρανση των ιστών του κόκκου, σε ορισμένα όμως φυτά έχουν βρεθεί ουσίες στο ενδοσπέρμιο που προκαλούν το λήθαργο. Το έμβryo είναι ένα ήδη διαφοροποιημένο νεαρό φυτάριο, στη μια πλευρά του οποίου προεξέχει μια ογκώδης κοτυληδόνα, η οποία ονομάζεται ασπίδιο, λόγω της δισκοειδούς της μορφής. Το ασπίδιο περιέχει αποθησαυριστικές ουσίες, οι οποίες χρησιμοποιούνται από το έμβryo κατά τη βλάστηση του σπόρου. Κυρίως όμως ο ρόλος του κατά τη διάρκεια της βλάστησης είναι η έκκριση ορμονικού μηνύματος στο στρώμα της αλευρόνης, η έκκριση

υδρολυτικών ενζύμων και ο έλεγχος της μετακίνησης των αποθηκευμένων στο ενδοσπέρμιο θρεπτικών συστατικών προς το αναπτυσσόμενο έμβρυο. Ο εμβρυακός άξονας φέρει στο κατώτερο άκρο του την πρωτογενή ρίζα και τις καταβολές των εμβρυακών ριζών. Η πρωτογενής ρίζα περιβάλλεται από μία προστατευτική κατασκευή, την κολεόρριζα. Στο ανώτερο άκρο του βλαστικού άξονα βρίσκεται το βλαστίδιο το οποίο έχει κωνική μορφή και καλύπτεται από το κολεόπτιλο, το οποίο θεωρείται ως ένα τροποποιημένο φύλλο. Το κολεόπτιλο συνήθως περικλείει 2-3 εμβρυακά φύλλα, τον άξονα του βλαστού και έναν οφθαλμό. Το έμβρυο περιέχει κυρίως λάδι και πρωτεΐνες. Η περιεκτικότητά του σε άμυλο είναι μικρή. Επειδή το λάδι ταγγίζει, συνήθως το έμβρυο απομακρύνεται από το ενδοσπέρμιο πριν την άλεση του κόκκου για την παραγωγή αλευριού.

2.2. ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

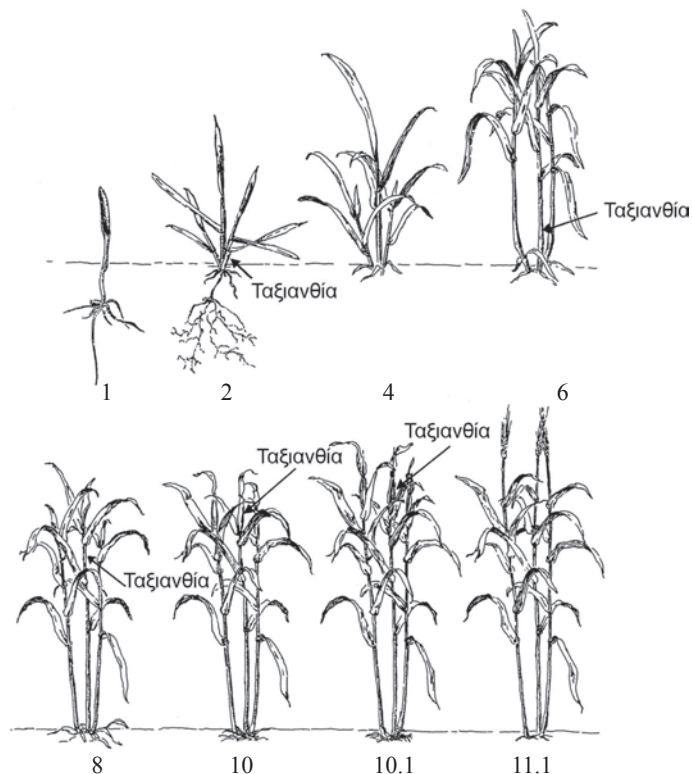
Η ανάπτυξη των σιτηρών από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή, καθορίζεται από μια αλληλουχία φαινολογικών γεγονότων, τα οποία ελέγχονται από το περιβάλλον και προκαλούν αλλαγές στη μορφολογία και στη λειτουργία ή μόνον στη λειτουργία ορισμένων οργάνων. Η ανάπτυξη εκτελείται μέσω μιας σειράς φάσεων ή σταδίων ανάπτυξης (βλαστικό, αναπαραγωγικό, γέμισμα κόκκου) κατά τη διάρκεια των οποίων το φυτό δημιουργεί και αυξάνει τα όργανά του και συμπληρώνει το βιολογικό του κύκλο. Η διάρκεια κάθε μιας φάσης και ο αριθμός των καταβολών των διαφόρων οργάνων καθορίζονται από την αλληλεπίδραση γενοτύπου και περιβάλλοντος.

Διάφορα συστήματα αναγνώρισης των σταδίων ανάπτυξης του φυτού και του κόκκου έχουν προταθεί στα σιτηρά. Τα τρία σπουδαιότερα από αυτά είναι οι κλίμακες του Haun (1973), του Zadoks κ.ά. (1974) που είναι περισσότερο λεπτομερείς και η Feekes-Large κλίμακα (Large 1954) η οποία είναι συνοπτική, αλλά περισσότερο χρησιμοποιούμενη (Smith 1995).

Τα βασικά στάδια ανάπτυξης, όπως διαπιστώνονται από εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά των φυτών, είναι το φύτερωμα, η ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου (ανάπτυξη των φύλλων), το αδελφωμα, η επιμήκυνση του στελέχους (καλάμωμα), η διόγκωση – έκπτυξη της ταξιανθίας- άνθηση και η ανάπτυξη (γέμισμα) του κόκκου. Στην Εικ. 2.10 παρουσιάζονται επιλεγέντα στάδια της ανάπτυξης του σιταριού.

Η γνώση των σταδίων ανάπτυξης είναι χρήσιμη για τον καθορισμό του κατάλληλου χρόνου εκτέλεσης των διαφόρων καλλιεργητικών εργασιών όπως επιφανειακή λίπανση με N, εφαρμογή μυκητοκτόνων, εντομοκτόνων και ζιζανιοκτόνων. Επίσης η αναγνώριση των σταδίων ανάπτυξης είναι χρήσιμη σε φυσιολογικές μελέτες για να καθοριστούν τα κριτικά στάδια του βιολογικού κύκλου

στα οποία τα φυτά είναι ευαίσθητα στους διάφορους παράγοντες του περιβάλλοντος, με σκοπό τα αποτελέσματα των μελετών αυτών να λαμβάνονται υπόψη στα βελτιωτικά προγράμματα.



Εικ. 2.10. Επιλεγέντα στάδια ανάπτυξης του σιταριού σύμφωνα με την Feekes-Large κλίμακα. Τα βέλη δείχνουν τη θέση της αναπτυσσόμενης ταξιανθίας. Περιγραφή των σταδίων: 1. εμφάνιση του πρώτου φύλλου μέσα από το κολεόπτιλο, 2. αδελφωμα, 4, 6. καλάμωμα, 8. εμφάνιση του φύλλου σημαία, 10. έναρξη φουσκώματος της ταξιανθίας, 10.1. εμφάνιση του πρώτου σταχυδίου, 11.1. στάδιο γάλακτος του κόκκου (Smith 1995).

2.2.1. Φύτρωμα

Λήθαργος

Στους σπόρους ορισμένων ποικιλιών σιτηρών παρουσιάζεται το φαινόμενο του λήθαργου, κατά το οποίο μορφολογικά ώριμοι και ζωντανοί σπόροι δεν βλαστάνουν αμέσως μετά τη συγκομιδή, παρ' όλο ότι τοποθετούνται σε ευνοϊκές για τη βλάστηση συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και φωτός. Η διάρκεια λήθαργου κυμαίνεται συνήθως από ολίγες ημέρες μέχρι και 6 μήνες (Leonard και Martin 1963). Στις περισσότερες ποικιλίες διαρκεί 20-30 ημέρες. Υπάρχουν και

ποικιλίες με σπόρους χωρίς λήθαργο. Είναι γενετικό φαινόμενο με μεγάλες διαφορές μεταξύ των ποικιλιών και επηρεάζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών, την εποχή της ωρίμανσης και την αποθήκευση (Peterson 1965). Στο κριθάρι αναφέρεται ότι η διάρκεια λήθαργου ήταν μικρότερη όταν κατά την ωρίμανση επικρατούσε ζεστός καιρός με ηλιοφάνεια, ενώ μεγαλύτερη σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και μικρής ηλιοφάνειας (Briggs 1978). Υψηλές θερμοκρασίες κατά την αποθήκευση μικραίνουν τη διάρκεια λήθαργου. Οι ανώριμοι σπόροι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια λήθαργου από ότι οι ώριμοι. Επίσης οι ποικιλίες με ερυθρωπούς σπόρους παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια λήθαργου.

Αναφέρονται και περιπτώσεις κατά τις οποίες ενώ οι σπόροι κατά τη συγκομιδή δεν έχουν λήθαργο, εάν στη συνέχεια οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές για το φύτευμα, εμφανίζουν δευτερογενή λήθαργο. Για παράδειγμα, σπόροι βρώμης αποκτούν λήθαργο σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις μέγιστες θερμοκρασίες φυτρώματος (Taiz και Zeiger 2002).

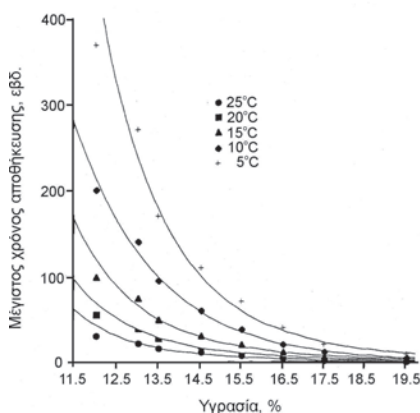
Η αιτία που προκαλεί το λήθαργο δεν είναι πλήρως γνωστή. Μπορεί να οφείλεται στην ευαισθησία των σπόρων στη γιββερελλίνη (σε ορισμένους σπόρους η παρουσία γιββερελλίνης είναι απαραίτητη για τη βλάστηση), στις διαφορές μεταξύ των ποικιλιών στην παραγωγή α-αμυλάσης, στην ικανότητα του περικαρπίου να απορροφά υγρασία και οξυγόνο και επίσης στην παρουσία αναστολέων στα λέπυρα και το περικάρπιο. Οι αναστολείς μπορεί να σχετίζονται με παράγοντες του σπόρου (π.χ. παρουσία αμψισσικού οξέος) (Taiz και Zeiger 2002) και του περιβάλλοντος (Stoskopf 1985).

Διακοπή του λήθαργου μπορεί να προκληθεί με μείωση της υγρασίας των σπόρων, έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, επίδραση ορισμένης φωτοπεριόδου κ.ά. παράγοντες. Ο λήθαργος επίσης διακόπτεται από τις γιββερελλίνες και τις κυτοκινίνες.

Η περιορισμένη διάρκεια λήθαργου είναι επιθυμητή σε περιπτώσεις που κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης επικρατήσει βροχερός και ψυχρός καιρός, γιατί εμποδίζει το φύτευμα των σπόρων όσο βρίσκονται ακόμα πάνω στην ταξιανθία. Το φύτευμα αυτό των σπόρων έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης και την υποβάθμιση της ποιότητας της παραγωγής που προορίζεται για την αρτοποιία και τη ζυθοποιία, λόγω της διάσπασης του αμύλου και των πρωτεϊνών. Στη χώρα μας αρκετές από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες δεν παρουσιάζουν ουσιαστικά λήθαργο, οπότε όταν την περίοδο της συγκομιδής ο καιρός είναι βροχερός, παρατηρείται αρκετό ποσοστό φυτρωμένων σπόρων στους στάχεις. Το φαινόμενο δε είναι εντονότερο όταν συγχρόνως έχουν πλαγιάσει τα φυτά, γιατί τότε οι στάχεις συγκρατούν περισσότερη υγρασία.

Βιωσιμότητα του σπόρου

Οι σπόροι των σιτηρών, εάν αποθηκευτούν σε κατάλληλες συνθήκες, μπορούν να διατηρήσουν τη βλαστικότητα τους για πολλά χρόνια. Κατά μέσο όρο, από διάφορους ερευνητές, αναφέρεται ότι οι σπόροι του σιταριού μπορούν να διατηρηθούν ζωντανοί από 6-32 χρόνια, του κριθαριού 2-10, της βρώμης 6-29 και της σίκαλης 9-10 χρόνια (Barton 1961). Οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η βλαστικότητα και η βιωσιμότητα των σπόρων είναι κυρίως η υγρασία του περιβάλλοντος αποθήκευσης, που βρίσκεται σε ισορροπία με την υγρασία των σπόρων, η θερμοκρασία και ειδικά ο συνδυασμός αυτών των δύο (Εικ. 2.11).



Εικ. 2.11. Επίδραση της θερμοκρασίας και της υγρασίας των σπόρων στο μέγιστο χρόνο αποθήκευσης των σπόρων του σιταριού, όσον αφορά τη διατήρηση της βλαστικής ικανότητας (Gooding και Davies 1997).

Όταν και οι δύο αυτοί παράγοντες έχουν υψηλές τιμές τότε η βλαστική ικανότητα διατηρείται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, ενώ όταν μόνον ο ένας παράγοντας έχει υψηλή τιμή, τότε το χρονικό διάστημα αυξάνεται. Στη γεωργική πράξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σπόρος για σπορά όχι μόνο της τελευταίας χρονιάς αλλά και κάπως παλαιότερος. Όταν οι παραγωγοί δεν χρησιμοποιούν πιστοποιημένο σπόρο, προτιμότερη είναι η χρησιμοποίηση σπόρου της προηγούμενης χρονιάς, επειδή οι συνθήκες αποθήκευσης, από τους παραγωγούς, συνήθως δεν είναι οι ενδεδειγμένες.

Πορεία φυτρώματος

Μετά τη σπορά σε έδαφος που έχει υγρασία, ικανοποιητική θερμοκρασία και αερίζεται κανονικά, οι σπόροι απορροφούν νερό, αυξάνουν σε μέγεθος και σε βάρος και αρχίζουν να βλαστάνουν. Τα σιτηρά παρουσιάζουν υπόγειο φύτρωμα, δηλ. οι σπόροι κατά το φύτρωμα παραμένουν στο έδαφος.

Στην αρχή της βλάστησης επιμηκύνεται η κολεόρριζα, σχίζεται το περικάρπιο και η κολεόρριζα βγαίνει έξω από το σπόρο (Εικ. 2.12). Μία ημέρα αργότερα από την άκρη της κολεόρριζας εμφανίζεται η πρώτη εμβρυακή ρίζα και κατόπιν οι υπόλοιπες εμβρυακές. Παράλληλα η κολεοπτίλη επιμηκύνεται, περνά μέσα από το περίβλημα του κόκκου, το οποίο σχίζει και εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους με σωληνοειδή μορφή. Στη συνέχεια μέσα από την κολεοπτίλη βγαίνει το πρώτο φύλλο. Όταν ο σπόρος σπέρνεται βαθιά, το μεσογονάτιο διάστημα της

κολεοπτίλης επιμηκύνεται και δημιουργείται ένας ριζωματώδης βλαστός κάτω από την επιφάνεια του εδάφους που λέγεται μεσοκοτύλιο.



Εικ. 2.12. Στάδια φυτρώματος των σπόρων των χειμερινών σιτηρών και ανάδυσή τους από το έδαφος.

Η αρχική ανάπτυξη του εμβρύου στηρίζεται σε θρεπτικές ουσίες που έχουν αποθηκευθεί κυρίως στο ενδοσπέρμιο, αλλά μικρές ποσότητες ζαχάρων βρίσκονται συγκεντρωμένες και στο έμβρυο. Με την έναρξη της διαδικασίας της βλάστησης αρχίζει η αποικοδόμηση των αποθησαυριστικών ουσιών. Το άμυλο με την βοήθεια των αμυλασών διασπάται σε ζάχαρα, τα λίπη με τις λιπάσες σε λιπαρά οξέα και οι πρωτεΐνες με τις πεπτιδάσες σε αμινοξέα. Τα προϊόντα αυτά υδρόλυσης στη συνέχεια μέσω ειδικών αγωγών ιστών του ασπιδίου μεταφέρονται στο έμβρυο. Η δραστηριότητα των υδρολυτικών ενζύμων ρυθμίζεται από το έμβρυο κυρίως μέσω των γιββερελλινών. Αυτές παράγονται στο έμβρυο και στη συνέχεια μεταφέρονται στα στρώματα της αλευρόνης (Varner και Chandra 1964). Τα νεαρά φυτά αρχίζουν να φωτοσυνθέτουν και συνεπώς παύουν να εξαρτώνται από τις αποθηκευμένες ουσίες, συνήθως 10 ημέρες από την έναρξη του φυτρώματος (Filner και Varner 1967). Η αναπνοή των κυττάρων, που είναι έντονη κατά τη διάρκεια του φυτρώματος, παρέχει την ενέργεια για την ανάπτυξη του νεαρού φυταρίου.

Συνθήκες φυτρώματος

Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους καθορίζουν την έναρξη της βλάστησης. Οι σπόροι για να φυτρώσουν πρέπει να απορροφήσουν υγρασία ίση με το 30-45% του ξηρού τους βάρους, ανάλογα με το είδος. Η ελάχιστη, άριστη και ανώτερη θερμοκρασία για τη βλάστηση εξαρτώνται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, το γενότυπο και την ηλικία του σπόρου. Για παράδειγμα η απαιτούμενη ελάχιστη θερμοκρασία για το φύτευμα βρέθηκε μικρότερη σε συνθήκες περιορισμένης υγρασίας του εδάφους (Dejong και Best 1979). Απαιτούνται δε περισσότερες θερμομονάδες όταν η υγρασία του εδάφους είναι περιορισμένη και η σπορά έγινε σε μεγάλο βάθος. Σαν ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος των χειμερινών σιτηρών θεωρούνται οι 4°C και σαν άριστη οι 22-25°C. Σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 35°C η βλάστηση γίνεται ακανόνιστα ή αναστέλλεται.

Η υγιεινή κατάσταση, η ακεραιότητα των κόκκων και το μέγεθός τους επηρεάζουν τη βλαστική ικανότητα και την ευρωστία των νεαρών φυταρίων. Οι μη ώριμοι σπόροι έχουν μικρότερη βλαστική ικανότητα, προσβάλλονται περισσότερο από μυκητολογικές ασθένειες και δίνουν λιγότερο εύρωστα φυτά σε σχέση με τους ώριμους. Οι πολύ μικροί κόκκοι δίνουν καχεκτικά φυτά τα οποία πολλές φορές δεν μπορούν να επιζήσουν. Το βάθος σποράς επηρεάζει το χρόνο που απαιτείται για το φύτευμα. Όσο βαθύτερα σπέρνεται ο σπόρος τόσο περισσότερο αργεί να φυτρώσει. Εάν δε σπαρεί πολύ βαθιά το νεαρό φυτάριο μπορεί να μην βγει στην επιφάνεια του εδάφους γιατί θα έχουν εξαντληθεί οι αποθησαυριστικές ουσίες του σπόρου. Σε ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας εδάφους η κολεοπτίλη εμφανίζεται 4-5 ημέρες μετά τη σπορά. Σε αντίξοες συνθήκες απαιτούνται περισσότερες ημέρες. Ορισμένες φορές, όταν η σπορά γίνει καθυστερημένα το φθινόπωρο και οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, το φύτευμα αναστέλλεται για την άνοιξη. Οι κόκκοι μπορούν να παραμείνουν στο έδαφος χωρίς να χάσουν τη ζωτικότητά τους, όταν η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους είναι χαμηλότερες από τις απαιτούμενες για τη βλάστηση.

2.2.2. Πρώτη ανάπτυξη και αδελφωμα

Η έξοδος των φυταρίων στην επιφάνεια του εδάφους επιτυγχάνεται με το συνδυασμό επιμήκυνσης του κολεόπτιλου και του μεσοκοτυλίου. Το κολεόπτιλο επίσης υποβοηθά στο σπάσιμο της εδαφικής κρούστας. Με την εμφάνιση του κολεόπτιλου στην επιφάνεια του εδάφους αρχίζει η έκπτυξη των φύλλων.

Την εμφάνιση των πρώτων φύλλων ακολουθεί η ανάπτυξη των αδελφιών και του μόνιμου ριζικού συστήματος.

Διαφοροποίηση και ανάπτυξη των φύλλων

Όπως αναφέρθηκε, το έμβρυο περιέχει εμβρυακά φύλλα. Μετά τη βλάστηση του σπόρου στο βλαστικό άξονα αρχίζει η διαφοροποίηση και άλλων φύλλων. Ο αριθμός τους κυμαίνεται από 7-15. Ο τελικός όμως αριθμός φύλλων που θα έχει το φυτό επηρεάζεται από το γενότυπο, τη θερμοκρασία, την ένταση του φωτός και τη θρεπτική κατάσταση του φυτού. Επίσης εξαρτάται από την ιεραρχία των βλαστών στο φυτό με τον κύριο βλαστό να παράγει τα περισσότερα φύλλα σε σχέση με τους βλαστούς των αδελφιών. Παρατηρείται θετική συσχέτιση μεταξύ της ηλικίας του βλαστού και του αριθμού των φύλλων.

Ο ρυθμός εμφάνισης των φύλλων επηρεάζεται από το γενότυπο και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες (McMaster 1997, Miralles και Slafer 1999). Τα αποτελέσματα πολλών ερευνών έδειξαν ότι υπάρχει μικρή ή καθόλου σχέση μεταξύ του ρυθμού εμφάνισης των φύλλων και της διάρκειας του βιολογικού κύκλου, των γονιδίων νανισμού ή του απαιτούμενου βαθμού εαρινοποίησης. Από τις συνθήκες του περιβάλλοντος τη μεγαλύτερη επίδραση ασκούν η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος και άλλοι όμως παράγοντες όπως τα θρεπτικά στοιχεία, η υγρασία και η αλατότητα του εδάφους, η ένταση και η ποιότητα του φωτός, το CO₂, η εαρινοποίηση, το μέγεθος του σπόρου, το βάθος σποράς, η συνεκτικότητα του εδάφους, μπορούν να έχουν κάποιο ρόλο.

Το μέγεθος των ώριμων φύλλων εξαρτάται από τη θέση τους επάνω στο καλάμι. Το μέγεθος των ελασμάτων διαδοχικών φύλλων συνήθως αυξάνει. Εξαίρεση αποτελεί το φύλλο σημαία, το οποίο τυπικά είναι μικρότερο από το προτελευταίο φύλλο. Το πλάτος και το πάχος των φύλλων είναι δυνατόν να αυξάνει με την ένταση του φωτός και τη θερμοκρασία, ενώ αναλόγως το μήκος μειώνεται. Η μεγαλύτερη φυλλική επιφάνεια ανά βλαστό εμφανίζεται περίπου την περίοδο που το φύλλο σημαία έχει πλήρως αναπτυχθεί, λίγο πριν την έκπτυξη της ταξιανθίας (Simmons 1987).

Ανάπτυξη της ρίζας

Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης (μέχρι την εμφάνιση των 4^{ου} και 5^{ου} φύλλου) επικρατούν οι εμβρυακές ρίζες, ενώ η συμβολή των μόνιμων ριζών αυξάνει βαθμιαία.

Οι μόνιμες ρίζες που έχουν την προέλευσή τους στον κεντρικό βλαστό αρχίζουν να εμφανίζονται περίπου με την έκπτυξη του πρώτου αδελφίου. Το πρώτο ζεύγος μόνιμων ριζών βγαίνει από τον κόμβο (σταυρό) του κυρίου στελέχους που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και ένα δεύτερο ζεύγος από το δεύτερο κόμβο. Μετέπειτα από κόμβους που βρίσκονται λίγο κάτω ή λίγο πάνω από την επιφάνεια του εδάφους σχηματίζονται και άλλες ρίζες. Οι ρίζες των αδελ-

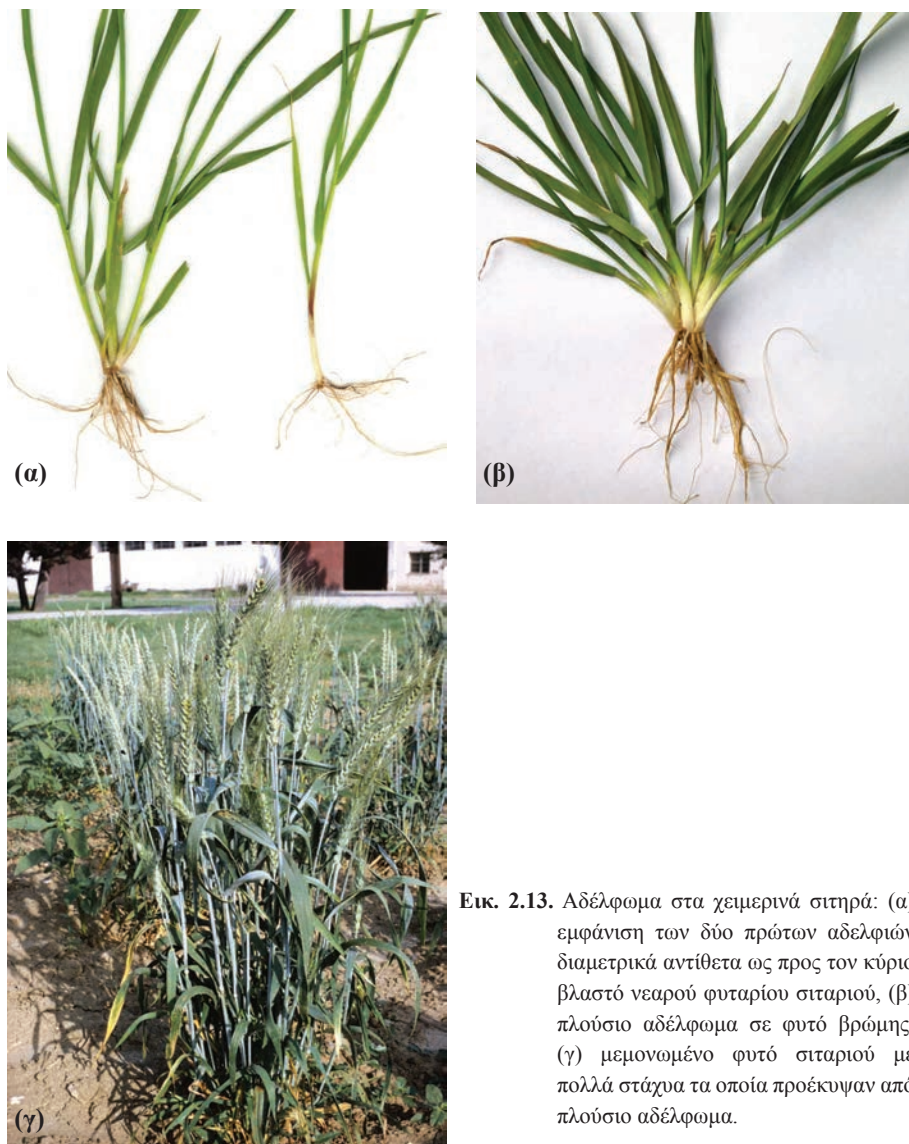
φιών γενικά αρχίζουν να αναπτύσσονται αφού το αδέλφι σχηματίσει 3 φύλλα. Σε αντίθεση με τον κύριο βλαστό, τα αδέλφια στην αρχή σχηματίζουν μόνο μία μόνιμη ρίζα. Οι μόνιμες ρίζες είναι πιο χονδρές, σκληρότερες και πιο δυνατές από τις εμβρυακές. Στην αρχή αναπτύσσονται οριζόντια και κατόπιν στρέφονται προς τα κάτω και εισχωρούν στο έδαφος. Οι ρίζες αποκτούν το μεγαλύτερο βάρος περίπου την περίοδο του ξεσταχυάσματος και στη συνέχεια το βάρος τους μειώνεται. Η μείωση του βάρους κυρίως οφείλεται στο θάνατο και την αποσύνθεση ορισμένων τμημάτων και ίσως και στη μετακίνηση θρεπτικών ουσιών προς το στάχυ. Έλλειψη P και K μειώνει το μέγεθος του ριζικού συστήματος. Αναερόβιες συνθήκες, υψηλή συγκέντρωση CO₂ και ξηρό έδαφος δεν ευνοούν την ανάπτυξη των ριζών. Παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των γενοτύπων στο μήκος και την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Δεν βρέθηκε σχέση ανάμεσα στη μορφή και την έκταση του ριζικού συστήματος και στο ύψος των φυτών. Ημινάνες ποικιλίες σιταριού, οι οποίες δημιουργήθηκαν για περιοχές με περιορισμένη υγρασία έχουν την ικανότητα να εκτείνουν το ριζικό τους σύστημα σε μεγάλο βάθος (Simmons 1987).

Αδέλφωμα

Αδέλφωμα είναι η έκπτυξη νέων βλαστών από οφθαλμούς οι οποίοι βρίσκονται στα γόνата του στελέχους λίγο πιο κάτω ή ακριβώς πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Η ανάπτυξη των οφθαλμών που θα δώσουν αδέλφια ρυθμίζεται από την ισορροπία των ορμονών στο φυτό (Sharif και Dale 1980). Εάν το ακραίο μερίστωμα καταστραφεί, οφθαλμοί που βρίσκονται σε λήθαργο δραστηριοποιούνται και σχηματίζουν αδέλφια. Ο ρυθμός έκπτυξης των αδελφιών είναι γενετικό γνώρισμα και επηρεάζεται και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, οι οποίες κυρίως επηρεάζουν τη δυνατότητα έκπτυξης των οφθαλμών και όχι τον αριθμό των οφθαλμών. Σε συνθήκες απουσίας κάθε περιορισμού στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων (λόγω ανταγωνισμού εντός του ιδίου φυτού ή μεταξύ των φυτών) η εμφάνιση των αδελφιών σχετίζεται στενά με την εμφάνιση των φύλλων. Στο σιτάρι η εμφάνιση του πρώτου πρωτογενούς αδελφίου συμπίπτει με την εμφάνιση του τέταρτου φύλλου (McMaster 1997, Miralles και Slafer 1999). Τα επόμενα πρωτογενή εδέλφια εμφανίζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με την έκπτυξη των φύλλων. Το μέγιστο αδέλφωμα παρατηρείται με τη διαφοροποίηση των ανθικών καταβολών.

Τα πρώτα δύο αδέλφια βγαίνουν από τους οφθαλμούς που βρίσκονται στη μασχάλη του πρώτου και δεύτερου φύλλου, διαμετρικά αντίθετα ως προς τον κύριο βλαστό (Εικ. 2.13α). Το δεύτερο από αυτά σχηματίζεται λίγο υψηλότερα από το πρώτο. Στην αρχή κάθε αδέλφι καλύπτεται από ένα φύλλο παρόμοιο με την κολοεπτίλη και στη συνέχεια τα φύλλα του αδελφίου βγαίνουν μέσα από αυτό

το φύλλο. Τα επόμενα αδέλφια εκπύσσονται από οφθαλμούς του κυρίου στελέχους πάνω από τα δύο πρώτα αδέλφια ή από οφθαλμούς που βρίσκονται στη βάση του πρώτου και δεύτερου αδελφίου (δευτερογενή αδέλφια). Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί και με τον τρόπο αυτό σε ένα φυτό να σχηματισθούν πολλά αδέλφια. Κάθε αδέλφι σχηματίζει δικό του ριζικό σύστημα. Το αδέλφωμα συνήθως σταματά με την έναρξη ανάπτυξης του στάχου και πριν από το καλάμωμα (McMaster 1997).



Εικ. 2.13. Αδέλφωμα στα χειμερινά σιτηρά: (α) εμφάνιση των δύο πρώτων αδελφίων διαμετρικά αντίθετα ως προς τον κύριο βλαστό νεαρού φυταρίου σιταριού, (β) πλούσιο αδέλφωμα σε φυτό βρώμης, (γ) μεμονωμένο φυτό σιταριού με πολλά στάχυα τα οποία προέκυψαν από πλούσιο αδέλφωμα.

Τα νέα στελέχη αρχικά εξαρτώνται αποκλειστικά από το κεντρικό φυτό και γίνονται ανεξάρτητα μόνον όταν αναπτύξουν τρία φύλλα και αρχίζουν να αποκτούν δικό τους ριζικό σύστημα. Τα αδέλφια συνήθως σχηματίζουν λιγότερα φύλλα από τον κύριο βλαστό, οπότε η άνθηση της ταξιανθίας των αδελφιών συγχρονίζεται σχετικά με εκείνη του κυρίου βλαστού (Gallagher κ.ά. 1976). Επίσης τα αδέλφια έχουν μικρότερες ταξιανθίες σε σχέση με το κεντρικό φυτό και παράγουν λιγότερους κόκκους ανά ταξιανθία, οι δε κόκκοι έχουν μικρότερο βάρος.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και αρχή της άνοιξης τα μεσογονάτια διαστήματα είναι πολύ κοντά, οπότε τα φύλλα από τον κύριο βλαστό και τα αδέλφια σχηματίζουν μία τούφα φύλλων πάνω στην επιφάνεια του εδάφους (Εικ. 2.14). Διακρίνονται τρεις μορφές πρώτης ανάπτυξης των φυτών ανάλογα με την γωνία που σχηματίζουν οι βλαστοί των αδελφιών με το έδαφος: ορθία, έρπουσα, ημιέρπουσα.



Εικ. 2.14. Καλλιέργεια σιταριού στις αρχές Φεβρουαρίου, όπου τα φύλλα από τον κύριο βλαστό και τα αδέλφια σχηματίζουν μία τούφα φύλλων στην επιφάνεια του εδάφους.

Στα χειμερινά σιτηρά λίγα αδέλφια μπορούν να σχηματισθούν κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου ή του χειμώνα, εάν δεν επικρατήσουν χαμηλές θερμοκρασίες. Το αδέλφωμα ευνοείται σε βραχυήμερες συνθήκες, μεγάλη ηλιοφάνεια, πρώιμη σπορά, γόνιμα εδάφη με επάρκεια N, υγρασίας και καλές φυσικές συνθήκες, αραιή σπορά και μεγάλους σπόρους. Χαμηλές θερμοκρασίες που περιορίζουν την ανάπτυξη των φυτών και επιτρέπουν στο φως να φθάσει στη βάση των φυτών, ευνοούν το αδέλφωμα. Τα σιτηρά που σπέρνονται το φθινόπωρο έχουν μεγάλη ικανότητα αδελφώματος, καθόσον αυτό αρχίζει το φθινόπωρο και επεκτείνεται

μέχρι την άνοιξη. Αντίθετα με ανοιξιάτικη σπορά, οι υψηλές θερμοκρασίες περιορίζουν την περίοδο βλαστικής ανάπτυξης και έτσι σχηματίζονται λίγα αδέρφια. Οι όψιμες ποικιλίες σχηματίζουν περισσότερα αδέρφια από τις πρώιμες. Διαφορές ως προς τον βαθμό αδελφώματος παρατηρούνται μεταξύ των ειδών των χειμερινών σιτηρών και μεταξύ των ποικιλιών του ίδιου είδους. Η βρώμη για παράδειγμα αδελφώνει περισσότερο από όλα τα σιτηρά (Εικ. 2.13β). Φυτά μεμονωμένα, χωρίς ανταγωνισμό ή σε αραιή σπορά μπορούν να παράγουν από 10-50 αδέρφια (Εικ. 2.13γ) και σε ειδικές συνθήκες πάνω από 150. Σε πυκνή φύτευση ο αριθμός είναι πολύ μικρότερος.

Όλα τα αδέρφια δεν φθάνουν στο στάδιο του ξεσταχυάσματος και της πλήρους ωρίμανσης. Τα περισσότερα πεθαίνουν στο διάστημα μεταξύ καλαμώματος και άνθησης. Από τις μέχρι τώρα έρευνες δεν έχει διευκρινισθεί πλήρως ποια αδέρφια επιβιώνουν και παράγουν στάχυ. Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι: 1) τα αδέρφια τα οποία δεν έχουν σχηματίσει τρία έως τέσσερα φύλλα όταν αρχίζει το καλάμωμα, δεν παράγουν στάχεις, 2) τα νεαρότερα/μικρότερα αδέρφια γηράζουν γρηγορότερα από τα παλαιότερα/μεγαλύτερα, 3) μεγαλύτερες απώλειες παρατηρούνται στα δεύτερης και τρίτης τάξης αδέρφια σε σχέση με τα αδέρφια πρώτης τάξης, παρ' όλο ότι όλα μπορούν να έχουν το ίδιο μέγεθος (McMaster 1997). Η υγρασία του εδάφους, τα θρεπτικά στοιχεία και η θερμοκρασία επηρεάζουν την επιβίωση των αδελφιών.

Στο σιτάρι, στις συνήθεις συνθήκες καλλιέργειας (πυκνότητα φυτοκοινότητας), στάχεις σχηματίζουν συνήθως ο κύριος βλαστός και τα αδέρφια που σχηματίζονται νωρίς (όταν το φυτό έχει 4-6 φύλλα) (Kirby 1983). Τελικά σε κάθε φυτό έχουμε 1-3 παραγωγικά αδέρφια. Στα χειμερινά σιτηρά τα αδέρφια συμβάλλουν θετικά στην παραγωγή. Γενότυποι χωρίς αδέρφια υστερούν σε απόδοση. Για τις καρποδοτικές καλλιέργειες, επιθυμητά είναι 2-3 καλοαναπτυγμένα αδέρφια, ενώ για τις σανοδοτικές, μεγάλος αριθμός αδελφιών, τα οποία αυξάνουν την παραγωγή χόρτου.

Η ικανότητα των φυτών να παράγουν αδέρφια έχει μεγάλη πρακτική σημασία. Σε περίπτωση αραιού φυτρώματος, καταστροφής του κεντρικού φυτού από παγωνιά, προσβολές από έντομα και ασθένειες, η παραγωγή αντισταθμίζεται από την παραγωγή των αδελφιών. Επίσης γίνεται οικονομία σπόρων σποράς, καθώς σε αραιότερη σπορά παράγονται περισσότερα αδέρφια.

Τα αδέρφια που δεν σχηματίζουν στάχεις γενικώς είναι ανεπιθύμητα κυρίως σε συνθήκες ξηρασίας και μειωμένης γονιμότητας, επειδή ανταγωνίζονται το κεντρικό φυτό και τα γόνιμα αδέρφια ως προς το νερό, τα θρεπτικά στοιχεία και το φως και επίσης χρησιμοποιούν προϊόντα φωτοσύνθεσης. Παρ' όλα αυτά, όπως αναφέρεται από ορισμένους ερευνητές, τα αδέρφια πριν από τον γηρασμό μεταφέρουν αζωτούχες και άλλες οργανικές ουσίες στους βλαστούς που θα επιζήσουν

(Lupton και Pinthus 1969, Rawson και Donald 1969). Επιπλέον οι ρίζες που αναπτύσσουν τα αδέρφια προσφέρουν στήριξη στο φυτό.

Μετάβαση από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο

Η μετάβαση από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο συμβαίνει στο στάδιο της απλής πτυχής, όταν η παρατήρηση αφορά την εξέταση τομής στο μικροσκόπιο του ακραίου μεριστώματος, ή στο στάδιο του καλαμώματος, όταν η παρατήρηση γίνεται στα εξωτερικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του φυτού. Ανάλογα με το γενότυπο και το περιβάλλον, την περίοδο αυτή στον κύριο βλαστό και στα αδέρφια υπάρχουν 2-7 πλήρως αναπτυγμένα φύλλα (Stern και Kirby 1979, Baker και Gallacher 1983). Το στάδιο της διπλής πτυχής χρησιμοποιούνταν συνήθως ως δείκτης τερματισμού της βλαστικής φάσης, αλλά από πιο πρόσφατες παρατηρήσεις είναι γνωστό ότι το πρώτο αρχηγόνιο σταχύδιο έχει διαφοροποιηθεί πριν την εμφάνιση της πρώτης διπλής πτυχής (Miralles και Slafer 1999). Στο στάδιο της διπλής πτυχής, η κατώτερη πτυχή είναι το αρχηγόνιο του φύλλου, το οποίο δεν αναπτύσσεται πλέον και η ανώτερη πτυχή είναι το αρχηγόνιο του σταχυδίου.

Στα φυτά των σιτηρών η μετάβαση από τη βλαστική στην αναπαραγωγική ανάπτυξη δύναται να επηρεάζεται από τουλάχιστον τέσσερα σήματα (ερεθίσματα): 1) εαρινοποίηση, 2) φωτοπερίοδο, 3) σε ορισμένες περιπτώσεις εαρινοποίηση σε βραχυήμερες συνθήκες και 4) δημιουργία αρκετών φύλλων (μήνυμα εσωτερικό εκ μέρους του φυτού). Όλες οι ποικιλίες δεν ανταποκρίνονται σε όλα αυτά τα μηνύματα (Hay και Kirby 1991).

Εαρινοποίηση είναι το φαινόμενο εκείνο κατά το οποίο ορισμένα χειμερινά σιτηρά ή ποικιλίες χειμερινών σιτηρών δεν μπαίνουν στη διαδικασία της μετάβασης από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο, εάν δεν υποστούν χαμηλές θερμοκρασίες. Οι κατάλληλες θερμοκρασίες για την εαρινοποίηση κυμαίνονται από 3 έως 10°C, ανάλογα με το χειμερινό ή ανοιξιότικο χαρακτήρα της ποικιλίας. Συνήθως οι ανοιξιότικες ποικιλίες ανθοφορούν χωρίς να χρειάζονται εαρινοποίηση. Το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να γίνει εαρινοποίηση διαφέρει μεταξύ των ειδών και των ποικιλιών και μπορεί να διαρκέσει από λίγες ημέρες μέχρι μερικούς μήνες. Το ερέθισμα της εαρινοποίησης αντιλαμβάνεται το ακραίο μερίστωμα μόλις ο σπόρος ακολουθεί τη διαδικασία της διόγκωσης, αλλά ακόμη και κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του σπόρου στο μητρικό φυτό (Miralles και Slafer 1999).

Οι σπόροι των σιτηρών μπορούν να υποστούν εαρινοποίηση εάν εμβλαπτιστούν σε νερό (12 έως 14 ώρες) μέχρι να προκληθεί η διαδικασία του φυτρώματος και στη συνέχεια να εκτεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες 1 έως 4°C για ένα χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται από την ποικιλία. Σπόροι ή νεαρά φυτά τα οποία έχουν πλήρως εαρινοποιηθεί εάν εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να

υποστούν αποεαρινοποίηση και έτσι να μην μπορούν να σχηματίσουν άνθη.

Όσον αφορά τη φωτοπερίοδο τα σιτηρά των εύκρατων κλιμάτων είναι κατά κανόνα φυτά μακράς ημέρας και των θερμών κλιμάτων βραχείας ημέρας.

Καταβολή και διαφοροποίηση των διαφόρων μερών της ταξιανθίας

Ο ρυθμός και η διάρκεια παραγωγής καταβολών σταχυδίων και ο τελικός αριθμός σταχυδίων που σχηματίζονται στην ταξιανθία εξαρτάται από το γενότυπο, τη φωτοπερίοδο, τη θερμοκρασία, την αλληλεπίδραση θερμοκρασίας και φωτοπεριόδου, την ένταση του φωτός, τη γονιμότητα του εδάφους και την επάρκεια νερού. Η μακρά φωτοπερίοδος αυξάνει το ρυθμό σχηματισμού σταχυδίων (Fairey κ.ά. 1975) μειώνει όμως τη διάρκεια σχηματισμού τους (Allison και Daynard 1976), οπότε τελικά σε μακρά φωτοπερίοδο σχηματίζονται λιγότερα σταχύδια. Μικρότερος αριθμός σταχυδίων σχηματίζεται σε πυκνή σπορά (Kirby και Faris 1970), σε συνθήκες έλλειψης νερού (Nicholls και May 1963), αζώτου (Single 1964) και σε υψηλές θερμοκρασίες (Rahman και Wilson 1978). Τα νεότερα αδέλφια παρουσιάζουν υψηλότερο ρυθμό παραγωγής σταχυδίων, ο αριθμός όμως των σταχυδίων στις ταξιανθίες όλων των στελεχών είναι ίδιος παρ' όλη τη μικρότερη διάρκεια παραγωγής σταχυδίων στα αδέλφια. Το στάδιο όπου σταματά ο σχηματισμός σταχυδίων από το ακραίο μερίστωμα δεν είναι πλήρως καθορισμένο σε σχέση με τα άλλα στάδια ανάπτυξης. Για το σιτάρι π.χ. αναφέρεται ότι το ακραίο σταχύδιο σχηματίζεται ακριβώς πριν από το στάδιο έναρξης του καλαμώματος (Hay και Kirby 1991).

Η έναρξη διαφοροποίησης των σταχυδίων αρχίζει με την εμφάνιση των καταβολών των ανθέων. Καθώς προχωρά ο σχηματισμός των καταβολών των ανθέων αρχίζει και η διαφοροποίηση των ανθέων, παράγοντας τα όργανά τους όπως είναι τα λέπυρα, οι στήμονες, ο στύλος. Αποτέλεσμα της διαδοχικής αυτής διαδικασίας είναι για ένα χρονικό διάστημα να δημιουργούνται συγχρόνως καταβολές σταχυδίων, καταβολές ανθέων και να γίνεται διαφοροποίηση ανθέων.

Πρώτα διαφοροποιούνται τα άνθη στα μεσαία σταχύδια της ταξιανθίας και κατόπιν στα σταχύδια της βάσης και της κορυφής. Σχηματισμός ανθέων παρατηρείται πρώτα στον κύριο βλαστό και μετά στα αδέλφια. Ο αριθμός των καταβολών των ανθέων που παράγεται σε κάθε σταχύδιο εξαρτάται από το είδος του σιτηρού, την ποικιλία και τη θέση του σταχυδίου επάνω στο στάχυ. Από τις κλιματικές συνθήκες τη μεγαλύτερη επίδραση ασκεί η θερμοκρασία και πιθανόν και το φως. Θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 30°C κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των ανθέων στο σιτάρι αναφέρεται ότι προκαλούν πλήρη στειρότητα (Saini και Aspinall 1982). Η παραγωγή καταβολών ανθέων στο σιτάρι σταματά με την έναρξη εμφάνισης του φύλλου σημαία (Kirby 1988). Από τα παραχθέντα άνθη ένας αριθμός απορρίπτεται και ένας άλλος δεν σχηματίζει σπόρο. Στο σιτάρι π.χ.

ο μέγιστος αριθμός ανθικών καταβολών σε κάθε σταχύδιο κυμαίνεται από 6 έως 12, ανάλογα κυρίως με τη θέση του στο στάχυ. Από αυτές μόνον 4 και σπανίως 5 συμπληρώνουν την ανάπτυξή τους, ώστε να παράγουν γόνιμα άνθη.

2.2.3. Επιμήκυνση του στελέχους (καλάμωμα)

Μετά το αδελφωμα τα φυτά εισέρχονται σε μία περίοδο ταχείας ανάπτυξης που καλείται καλάμωμα (Εικ. 2.15). Στη φάση αυτή γίνεται η ανάπτυξη του στελέχους (καλάμι) με την επιμήκυνση των μεσογονατίων και συγχρόνως αρχίζει η αύξηση των φύλλων, των ριζών και της ταξιανθίας στο εσωτερικό του στελέχους. Η ταξιανθία βαθμιαία προωθείται προς την κορυφή του στελέχους. Κάθε μεσο-



Εικ. 2.15. Καλλιέργεια κριθαριού στο στάδιο του καλαμώματος.

γονάτιο στη βάση του έχει μία μεριστωματική περιοχή με ικανότητα ταχείας αύξησης και αυτή είναι η περιοχή κάθε μεσογονατίου που επιμηκώνεται. Επίσης και οι κολεοί των φύλλων, που περιβάλλουν τα μεσογονάτια, στη βάση τους έχουν μία περιοχή από την οποία αυξάνονται (Peterson 1965). Πρώτα επιμηκώνονται τα κατώτερα μεσογονάτια και σταδιακά τα ανώτερα. Η επιμήκυνση ενός μεσογονατίου αρχίζει, όταν το αμέσως κατώτερο μεσογονάτιο έχει το μισό του τελικού του μεγέθους (Simmons 1987). Κάθε μεσογονάτιο είναι μακρύτερο από το αμέσως προηγούμενό του. Το υψηλότερο μεσογονάτιο, το οποίο καλύπτεται από τον κολεό του ανώτερου φύλλου είναι το τελευταίο που επιμηκώνεται και διαφέρει από τα υπόλοιπα μεσογονάτια γιατί φέρει την ταξιανθία. Με την επιμήκυνση

του μεσογονάτιου αυτού η ταξιανθία ωθείται μέσα στον κολεό του τελευταίου φύλλου, το οποίο λέγεται φύλλο-σημαία. Η απόσταση του τελευταίου φύλλου από την ταξιανθία διαφέρει στα αδέρφια του ιδίου φυτού και επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης.

Η αντοχή του στελέχους και το τελικό του ύψος, που κυμαίνεται από 30 cm μέχρι και πάνω από 150 cm, εξαρτώνται τόσο από το γενότυπο όσο και από τις συνθήκες ανάπτυξης. Οι υψηλές θερμοκρασίες και η επάρκεια νερού και αζώτου ευνοούν την επιμήκυνση των μεσογονατίων. Στο σιτάρι π.χ. γενότυποι που έχουν και τα δύο γονίδια νανισμού Rht_1 και Rht_2 , έχουν μικρότερο ύψος από εκείνα που έχουν ένα, τα οποία με τη σειρά τους είναι κοντότερα από εκείνα που δεν έχουν κανένα γονίδιο (Allan 1983). Γενικά οι διαφορές στο ύψος οφείλονται περισσότερο στο μήκος των μεσογονατίων απ' ό,τι στον αριθμό τους.

Παράλληλα με την επιμήκυνση του στελέχους αυξάνονται και τα φύλλα σε μέγεθος. Το μέγεθος των φύλλων επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης (π.χ. γονιμότητα εδάφους, διαθέσιμη υγρασία) και ειδικά από την φωτοπερίοδο. Συχνά το φύλλο-σημαία είναι το μικρότερο. Το μέγιστο της φυλλικής επιφάνειας παρατηρείται περίπου όταν το φύλλο σημαία έχει εκπτυχθεί τελείως, λίγο πριν το ξεστάχυσμα. Επίσης την περίοδο που το φυτό αποκτά το τελικό του μέγεθος έχει σχεδόν ολοκληρωθεί και η ανάπτυξη του ριζικού συστήματος.

Πλάγιασμα

Με τον όρο πλάγιασμα στα χειμερινά σιτηρά εννοούμε την κάμψη των στελεχών από την όρθια θέση προς το έδαφος. Ο βαθμός πλαγιάσματος ποικίλλει από απλή κλίση μέχρι πτώση των βλαστών πάνω στο έδαφος. Διακρίνονται τρεις τύποι πλαγιάσματος: κλίση των στελεχών, σπάσιμο των στελεχών σε οποιοδήποτε γόνατο, πλάγιασμα ριζών. Στα χειμερινά σιτηρά συνηθέστερη είναι η κλίση των στελεχών, ενώ σπάσιμο στελεχών παρατηρείται κυρίως στο πλάγιασμα που οφείλεται σε χαλάζι.

Το πλάγιασμα προκαλείται από δυνατό αέρα, βροχή, χαλάζι και ευνοείται από υπερβολική ποσότητα αζώτου στο έδαφος, μη ισορροπη περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία, κυρίως χαμηλή περιεκτικότητα φωσφόρου και καλίου σε σχέση με το άζωτο, υπερβολική υγρασία εδάφους, μεγάλη πυκνότητα φυτών και διάφορα γενετικά χαρακτηριστικά όπως είναι π.χ. τα αδύνατα στελέχη. Η μεγάλη περιεκτικότητα του εδάφους σε άζωτο και η υψηλή υγρασία ευνοούν την επιμήκυνση των μεσογονατίων και τη δημιουργία υδαρών ιστών οι οποίοι είναι πιο επιρρεπείς στο πλάγιασμα. Η μεγάλη πυκνότητα φυτών δημιουργεί υψηλό-σωμα φυτά και δεν επιτρέπει την είσοδο του φωτός στη βάση των φυτών, οπότε μειώνεται η περιεκτικότητα της κυτταρίνης που σκληραίνει τα στελέχη. Πλάγιασμα επίσης μπορεί να προκληθεί από προσβολές εντόμων και κυρίως ασθενειών.

Το πλάγιασμα αυτό καλείται παρασιτικό πλάγιασμα. Συνήθως το πλάγιασμα που οφείλεται σε αντίξοες καιρικές συνθήκες γίνεται προς μία κατεύθυνση ενώ το παρασιτικό προς διάφορες κατευθύνσεις.

Πλάγιασμα μπορεί να συμβεί σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των φυτών (Εικ. 2.16). Εάν τα φυτά πλαγιάσουν σε κάποιο από τα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης, τα στελέχη μπορούν να ανακτήσουν την όρθια θέση τους (αρνητικός γεωτροπισμός) με επιμήκυνση των κυττάρων που βρίσκονται στην κατώτερη και εσωτερική επιφάνεια των γονάτων.



Εικ. 2.16. Πλάγιασμα καλλιεργειών σιταριού σε δύο στάδια ανάπτυξης.

Διάφορα χαρακτηριστικά του στελέχους σχετίζονται με την αντοχή στο πλάγιασμα. Μεμονωμένα όμως χαρακτηριστικά δεν μπορούν να θεωρηθούν σαν δείκτες αντοχής γιατί το πλάγιασμα οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Επιπλέον δε η εκδήλωση των χαρακτηριστικών επηρεάζεται πολύ από το περιβάλλον. Αντοχή στο πλάγιασμα παρουσιάζουν τα στελέχη που έχουν μικρό ύψος, μεγάλη διάμετρο, αυξημένο αριθμό ηθμαγγειωδών δεσμίδων στα κατώτερα μεσογονάτια, παχύ τοίχωμα, ελαστικότητα, μεγάλο βάρος ανά μονάδα μήκους, υψηλή περιεκτικότητα σε κυτταρίνες και λιγνίνη (Pinthus 1973). Η χρήση νάνων και ημινάνων ποικιλιών μειώνει τον κίνδυνο πλαγιάσματος, ιδίως σε συνθήκες που ευνοούν το πλάγιασμα.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πλάγιασμα ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στο λεπτομερές και πολύ κατατοπιστικό άρθρο ανασκόπησης από τους Berry κ.ά. (2004).

Επιπτώσεις του πλαγιάσματος

Το πλάγιασμα καταστρέφει την οργάνωση της φυλλικής επιφάνειας και προκαλεί μεγαλύτερη αμοιβαία σκίαση των φύλλων, δυσκολεύει την κίνηση του αέρα και την παροχή του CO₂, οπότε μειώνεται η φωτοσύνθεση και τελικά οι σπόροι δεν αναπτύσσονται κανονικά και μειώνεται η απόδοση.

Οι επιπτώσεις του πλαγιάσματος εξαρτώνται από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, στο οποίο έγινε το πλάγιασμα. Πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι πλάγιασμα που έγινε πριν το ξεστάχυασμα προκάλεσε 10% μεγαλύτερη μείωση στην απόδοση συγκριτικά με πλάγιασμα που έγινε 15-20 ημέρες μετά το ξεστάχυασμα (Pinthus 1973). Όταν το πλάγιασμα γίνει μετά την ωρίμανση, οι επιπτώσεις είναι μικρότερες, γιατί οι κόκκοι προλαβαίνουν να αναπτυχθούν κανονικά και η μείωση της παραγωγής οφείλεται στη δυσκολία και τις απώλειες συγκομιδής. Ορισμένες φορές το πλάγιασμα ευνοεί την ανάπτυξη αδελφιών μετά το τέλος της κανονικής περιόδου αδελφώματος. Τα αδέρφια αυτά είναι ανεπιθύμητα καθόσον δεν ωριμάζουν συγχρόνως με τα υπόλοιπα και συνεισφέρουν ελάχιστα στην απόδοση.

Έμμεσες επιπτώσεις του πλαγιάσματος είναι: φύτρωμα των σπόρων όταν έρχονται σε επαφή με το υγρό έδαφος (Εικ. 2.17), αλλοίωση του χρώματος και σάπισμα των σπόρων λόγω κακού αερισμού, απώλειες κατά τη συγκομιδή και μεγαλύτερο κόστος συγκομιδής, απώλειες από πουλιά που τρέφονται με σπόρους από τα πλαγιασμένα φυτά. Η συγκομιδή σπόρου με υψηλό ποσοστό υγρασίας δημιουργεί προβλήματα κατά την αποθήκευση. Επιπλέον λόγω του πλαγιάσματος οι παραγωγοί αναγκάζονται να χρησιμοποιούν μικρότερες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων και μικρότερες πυκνότητες φυτών, οπότε δεν παίρνουν τις μέγιστες αποδόσεις που καθορίζονται από το δυναμικό του γενότυπου.



Εικ. 2.17. Στάχυς σιταριού με σκούρο καφέ χρώμα και φυτρωμένους σπόρους λόγω πλαγιάσματος κατά το στάδιο της ωρίμανσης.

Μέτρα για την αποφυγή του πλαγιάσματος

Αποστάσεις σποράς που να επιτρέπουν την είσοδο του φωτός στη βάση των φυτών, ορθολογική και ισόρροπη λίπανση, ρύθμιση του χρόνου σποράς ώστε τα φυτά να μὴν αποκτήσουν μεγάλη βλάστηση και ύψος, μειώνουν τους κινδύνους πλαγιάσματος. Σε περίπτωση που μία καλλιέργεια πήρε νωρίς μεγάλη ανάπτυξη, ο κίνδυνος πλαγιάσματος μπορεί να αποφευχθεί με βόσκηση των φυτών. Η βόσκηση όμως πρέπει να γίνει πριν από το κάλαμωμα, όταν η ταξιανθία βρίσκεται χαμηλά κοντά στο έδαφος, για να μην καταστραφεί από τα ζώα. Η βόσκηση μπορεί να μην έχει καμιά επίδραση στην απόδοση σε καρπό, να την αυξήσει ή να την μειώσει. Η επίδρασή της εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, τον τρόπο και το χρόνο βόσκησης, τη γονιμότητα του εδάφους, το γενότυπο, το στάδιο ανάπτυξης των φυτών κ.ά. παράγοντες.

Προστασία από το πλάγιασμα μπορεί να επιτευχθεί και με την εφαρμογή φυτορρυθμιστών αύξησης. Οι φυτορ-

ρυθμιστικές ουσίες χρησιμοποιούνται για τη βράχυνση των μεσογονατίων διαστημάτων, η οποία προκαλείται πρωτίστως από τον περιορισμό της επιμήκυνσης των κυττάρων και λιγότερο από τη μείωση του ρυθμού διαίρεσης των κυττάρων. Οι περισσότεροι φυτορρυθμιστές δρουν ως αναστολείς της βιοσύνθεσης του γιββεριλλινικού οξέος, το οποίο είναι γνωστό ότι επάγει την επιμήκυνση και αύξηση των κυττάρων. Οι κυριότεροι ρυθμιστές αυτού του είδους είναι το chlormequat chloride (ccc), το mepiquat chloride και το trinexapac-ethyl. Βρέθηκε ότι η μείωση του ύψους των φυτών κυμαίνεται από 0 έως 40% ανάλογα με το γενότυπο του σιτηρού, το στάδιο εφαρμογής, τις κλιματολογικές συνθήκες κατά την περίοδο της εφαρμογής κ.ά. παράγοντες (Berry κ.ά. 2004). Οι ρυθμιστές εκτός από τη μεί-

ωση του ύψους, αναφέρεται ότι είναι δυνατόν να ισχυροποιήσουν το στέλεχος και το ριζικό σύστημα των φυτών. Τα ερευνητικά δεδομένα όμως που υποστηρίζουν αυτή την άποψη είναι περιορισμένα και χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.

Η χρήση των φυτορρυθμιστικών ουσιών δεν συνιστάται για τα σιτηρά γιατί αφ' ενός μεν δεν είναι πολύ αποτελεσματικές, αφ' ετέρου δε επιβαρύνουν το κόστος καλλιέργειας. Σε περιοχές όπου οι εδαφοκλιματικές συνθήκες ευνοούν το πλάγιασμα, η οικονομικότερη λύση είναι να επιλέγονται κοντόσωμες ποικιλίες.

2.2.4. Έκπτυξη ταξιανθίας (ξεστάχυσμα) - Άνθηση

Την επιμήκυνση των μεσογονατίων διαστημάτων, ακολουθεί η αύξηση του μεγέθους του στάχους και η μετακίνησή του από τη βάση του φυτού προς την κορυφή. Ο στάχυς βρίσκεται πάντα στη βάση του υψηλότερου από το έδαφος κόμβου. Όταν ο στάχυς φθάσει στον κολεό του τελευταίου φύλλου (φύλλο-σημαία) ο κολεός διογκώνεται και το στάδιο αυτό λέγεται φούσκωμα. Στη συνέχεια ο κολεός του φύλλου-σημαία σχίζεται κατά μήκος και εμφανίζεται η ταξιανθία (Εικ. 2.18). Το στάδιο αυτό λέγεται έκπτυξη ταξιανθίας ή ξεστάχυσμα. Στις αγανοφόρες ποικιλίες πρώτα, μέσα από τον κολεό, εμφανίζονται τα άγανα και μετά



Εικ. 2.18. Στάδια έκπτυξης της ταξιανθίας από τον κολεό του τελευταίου φύλλου (α) στο σιτάρι, (β) στη βρώμη.

ο στάχυς. Το τελευταίο μεσογονάτιο που φέρει την ταξιανθία, συνήθως συνεχίζει να αυξάνεται και μετά την εμφάνιση της ταξιανθίας, μέχρι η ταξιανθία να φθάσει πιο ψηλά από το τελευταίο φύλλο. Στο κριθάρι όμως συνήθως η εμφάνιση ολόκληρου του στάχους γίνεται μετά τη γονιμοποίηση και μάλιστα αρκετές φορές δεν βγαίνει τελείως από τον κολεό (Εικ. 2.19). Πρώτα εμφανίζεται η ταξιανθία

στο κύριο στέλεχος και μετά στα αδέρφια, ανάλογα με τη σειρά έκπτυξής τους. Η εποχή ξεσταχνάσματος παρ' όλο ότι επηρεάζεται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, την εποχή σποράς, τη γονιμότητα του εδάφους κ.ά. παράγοντες, είναι χαρακτηριστικό του κάθε γενότυπου και θεωρείται σαν δείκτης πρωιμότητας των ποικιλιών.



Εικ. 2.19. Στάδιο ξεσταχνάσματος: (α) καλλιέργεια σιταριού, (β) καλλιέργεια κριθαριού.