

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΕΝΔΡΟΚΟΜΙΑΣ**

Σημειώσεις για το μεταπτυχιακό μάθημα

«Πολλαπλασιασμός καρποφόρων δένδρων και θάμνων»

**Μέρος II**

*«Ανατομική, φυσιολογική και βιοχημική θεώρηση του  
αγενοῦς πολλαπλασιασμοῦ των φυτῶν με μοσχεύματα»*

*Πέτρος Ρούσσο*



**Αθήνα 2008**

Π. Φούσος

*«Μόσχευμα που είναι σχετικά καλό για ριζοβολία,  
ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΠΟΤΕ ΑΡΚΕΤΑ ΚΑΛΟ,  
γι' αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται»*

*«ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ*

*Ή*

*ΠΟΛΥ ΛΙΤΟ*

*από οποιονδήποτε παράγοντα επηρεάζει τη ριζογένεση,  
επιδρά δυσμενώς στη ριζοβολία των μοσχευμάτων»*

## Πίνακας Περιεχομένων

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Εισαγωγή στον αγενή πολλαπλασιασμό .....                             | 8  |
| 2     | Στάδια ριζοβολίας.....   | 10 |
| 3     | Ανατομική θεώρηση της ριζοβολίας – νεανικότητα. ....                 | 11 |
| 3.1   | Ανατομικές αλλαγές κατά τη ριζοβολία (Εικόνα 2).....                 | 11 |
| 3.2   | Νεανικότητα και ριζοβολία μοσχευμάτων.....                           | 22 |
| 4     | Ο ρόλος των βιοχημικών παραγόντων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων..... | 26 |
| 4.1   | Ο ρόλος των αυξινών.....   | 27 |
| 4.2   | Ο ρόλος των κυτοκινινών.....   | 29 |
| 4.3   | Ο ρόλος των γιββερελλινών.....                                       | 31 |
| 4.4   | Ο ρόλος του αιθυλενίου.....  | 32 |
| 4.5   | Ο ρόλος των παρεμποδιστών αύξησης.....                               | 34 |
| 4.6   | Ο ρόλος των πολυαμινών.....  | 38 |
| 4.7   | Ο ρόλος των συνεργιστών ριζοβολίας.....                              | 40 |
| 4.8   | Ο ρόλος των ενζύμων .....  | 43 |
| 5     | Μεταχειρίσεις μητρικών φυτών .....                                   | 47 |
| 5.1   | Επαγωγή νεανικότητας.....  | 48 |
| 5.2   | Έλεγχος περιβάλλοντος μητρικών φυτών.....                            | 49 |
| 5.2.1 | Η επίδραση του νερού.....  | 49 |
| 5.2.2 | Η επίδραση της θερμοκρασίας.....                                     | 50 |

Π. Φύσος

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.2.3 | Ένταση φωτισμού – Σκίαση.....   | 51 |
| 5.3   | Η επίδραση της θρεπτικής κατάστασης των μητρικών φυτών ..                                 | 58 |
| 5.3.1 | Επίδραση της ανόργανης θρέψης των μητρικών φυτών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων τους. .... | 59 |
| 5.3.2 | Ο ρόλος των υδατανθράκων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων .                                  | 67 |
| 6     | Μεταχειρίσεις μοσχευμάτων.....  | 74 |
| 6.1   | Μεταχειρίσεις με αυξίνες.....   | 74 |
| 6.2   | Ο τραυματισμός της βάσης του μοσχεύματος.....   | 77 |
| 6.3   | Άλλες μεταχειρίσεις.....  | 78 |
| 7     | Περιβάλλον ριζοβολίας.....  | 79 |
| 7.1   | Ο ρόλος των περιβαλλοντικών παραγόντων.....   | 79 |
| 7.2   | Ο ρόλος του υποστρώματος ριζοβολίας.....  | 82 |
| 7.3   | Απόπλυση θρεπτικών στοιχείων στην πολλαπλασιαστική μονάδα.....                            | 82 |
| 8     | Συμπεράσματα.....   | 84 |
| 9     | Ενδεικτική Βιβλιογραφία.....  | 85 |

## Πίνακας Περιεχομένων Σχημάτων

|   |    |
|---|----|
| <i>Σχήμα 1. Αναλυτική παρουσίαση σταδίων ριζοβολίας (Από Βογιατζή και Κουκουρικού-Πετρίδου, 2004).</i>  | 11 |
| <i>Σχήμα 2. Σχηματική παράσταση δυναμικού νεανικότητας ιστών σε ένα δένδρο συνδεδεμένο με τα εν δυνάμει ποσοστά ριζοβολίας των μοσχευμάτων τους (από Hartmann et al. 2002).</i> | 23 |
| <i>Σχήμα 3. Καμφρεϊκό οξύ με υδροξύλια σε όρθο θέση και ελεύθερη την πάρα θέση.</i>   | 25 |
| <i>Σχήμα 4. Μερικές από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αυξίνες.</i>  | 28 |
| <i>Σχήμα 5. Συντακτικός τύπος μερικών από τις κυτοκινίνες.</i>  | 30 |
| <i>Σχήμα 6. Στεροχημικός τύπος μερικών από τις γιββερελλίνες.</i>   | 32 |
| <i>Σχήμα 7. Στεροχημικός τύπος μερικών από τους πιο συνηθισμένους παρεμποδιστές αύξησης α) chlormequate chloride, β) paclobutrazol.</i>   | 36 |
| <i>Σχήμα 8. Βιοσυνθετική οδός πολυαμινών.</i>   | 39 |
| <i>Σχήμα 9. Σχηματική παράσταση μερικής και ολικής σκίασης μητρικού φυτού.</i>  | 52 |
| <i>Σχήμα 10. Βιοσυνθετική οδός ΙΑΑ.</i>   | 63 |

## Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων

|   |    |
|---|----|
| <b>Εικόνα 1.</b> Σχηματισμός εναέριων ριζών (από Hartmann et al. 2002). .....   | 10 |
| <b>Εικόνα 2.</b> Ανατομία ενός ξυλώδους φυτού (από Βογιατζή και Κουκουρικού-Πετρίδου, 2004).....  | 12 |
| <b>Εικόνα 3.</b> Μικροσκοπική παρατήρηση της έναρξης καμβιακής δραστηριότητας (αριστερά) και της εμφάνισης του ριζικού αρχέγονου στην περιοχή του ηθμού (δεξιά). .....  | 15 |
| <b>Εικόνα 4.</b> Μικροσκοπική παρατήρηση ριζικού αρχέγονου.....   | 15 |
| <b>Εικόνα 5.</b> Μικροσκοπική παρατήρηση της έναρξης ανάπτυξης ριζικής καταβολής.....   | 16 |
| <b>Εικόνα 6.</b> Ανεπτυγμένες ριζικές καταβολές καθώς εξέρχονται του βλαστού (παρατηρούνται οι σκληρείδες και το «σχίσσιμο» του περιδέρματος κατά την έξοδο των ριζικών καταβολών δεξιά).....   | 16 |
| <b>Εικόνα 7.</b> Εγκάρσια τομή βλαστού και θέση σχηματισμού ριζών (επάνω)(Από Βογιατζή – Κουκουρικού-Πετρίδου, 2004) και Επιμήκης τομή σχηματισμένου ριζιδίου (κάτω).....   | 17 |
| <b>Εικόνα 8.</b> Σχηματική αναπαράσταση των ιστών που παίρνουν μέρος στη δημιουργία της ριζικής καταβολής. Cx: φλοιός, ppf: πρωτογενής ηθμός, ηρ: ριζική καταβολή, p: ηθμός, c: κάμβιο, χ: ξυλώδης μοίρα, r: αγγειακό ιστός (από Hartmann et al. 2002). ..... | 20 |
| <b>Εικόνα 9.</b> Ανατομία δύο βλαστών με διαφορετικά πάχη σκληρευχυματικού  |    |

|   |    |
|---|----|
| δακτυλίου .....   | 21 |
| <i>Εικόνα 10.</i> Σκίαση μητρικών φυτών σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης των βλαστών (δεξιά)..... | 53 |

ΠΕΤΡΟΣ ΡΟΥΣΣΟΣ

## 1 Εισαγωγή στον αγενή πολλαπλασιασμό

Η παραγωγή γενετικά όμοιων φυτών τόσο μεταξύ τους όσο και με το μητρικό φυτό είναι το αντικείμενο και ο στόχος του αγενούς πολλαπλασιασμού των φυτών. Η σημασία του είναι τεράστια στη γεωπονική επιστήμη καθώς δεν νοείται πλέον καλλιέργεια πολυετούς φυτού, όπως είναι τα καρποφόρα δένδρα και οι θάμνοι, χωρίς αυτό να έχει προέλθει με αγενή πολλαπλασιασμό από το μητρικό φυτό. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορούν να διατηρηθούν οι καλές ιδιότητες και χαρακτηριστικά του μητρικού φυτού και να εκφραστούν και στους απογόνους του.

Συνοπτικά οι κύριοι λόγοι εφαρμογής του αγενούς πολλαπλασιασμού είναι οι εξής:

- Πολλαπλασιασμός φυτών που δεν παράγουν ζωτικούς σπόρους
- Παραγωγή φυτών γενετικά όμοιων μεταξύ τους όσο και με το μητρικό φυτό, αφού αυτό δεν επιτυγχάνεται με τον εγγενή πολλαπλασιασμό
- Η επιτάχυνση της αύξησης του αριθμού των παραγομένων φυτών
- Η διαιώνιση ενός ιδιαίτερου χαρακτηριστικού – ιδιότητας του μητρικού φυτού (περιβαλλοντική προσαρμογή, παραγωγικότητα, ανθεκτικότητα σε βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες).

Οι κύριες μέθοδοι αγενούς πολλαπλασιασμού είναι οι παρακάτω:

- Καταβολάδες (απλή, κορυφής, συστάδας κτλ)
- Μοσχεύματα ριζών
- Μοσχεύματα βλαστών (φυλλοφόρα ή μη, μαλακά, ημίσκληρα ή ξυλοποιημένα)



Π. Φύσος

➤ Μοσχεύματα φύλλου-οφθαλμού ή φύλλου

Από όλες τις παραπάνω τεχνικές στην παραγωγική δενδροκομία χρησιμοποιούνται αυτές που ως πολλαπλασιαστικό υλικό χρησιμοποιούνται μοσχεύματα βλαστών και λιγότερο οι καταβολάδες. Στην τεχνική αυτή το επιθυμητό είναι η παραγωγή ριζών σε ένα βλαστό, αφού ήδη υπάρχουν σχηματισμένοι επάνω στο βλαστό οι οφθαλμοί, οι οποίοι εκπτυσσόμενοι θα παράγουν την κόμη του φυτού. Οι ρίζες αυτές που βγαίνουν σε σημεία εκτός του εμβρύου ή ως πλάγιες ρίζες ενός ριζικού συστήματος ονομάζονται επίκτητες.

Η ικανότητα προς ριζοβολία ενός φυτού τις περισσότερες φορές παραμένει ανέκφραστη, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται καμία ιδιαίτερη προσπάθεια προς ανάπτυξη των ριζών από τους βλαστούς του φυτού, αφού αυτό συμβαίνει καθόσον οι βλαστοί-μοσχεύματα αποτελούν μέρος του μητρικού φυτού (δεν έχουν ακόμα αποκοπεί)(Εικόνα 1). Αυτό δείχνει ότι κάποιος ή κάποιιοι παράγοντες λείπουν ή υπολείπονται ώστε να υποστηρίξουν τη ριζοβολία του μοσχεύματος ή ότι αυτοί οι παράγοντες ενώ βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα εντός του μοσχεύματος παραμένουν ανενεργοί.

Το κύριο λοιπόν θέμα των σημειώσεων αυτών είναι η μελέτη και διερεύνηση των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την επαγωγή ριζών σε ένα μόσχευμα βλαστού.

Π. Φύσσος



Εικόνα 1. Σχηματισμός εναέριων ριζών (από Hartmann *et al.* 2002).

## 2 Στάδια ριζοβολίας

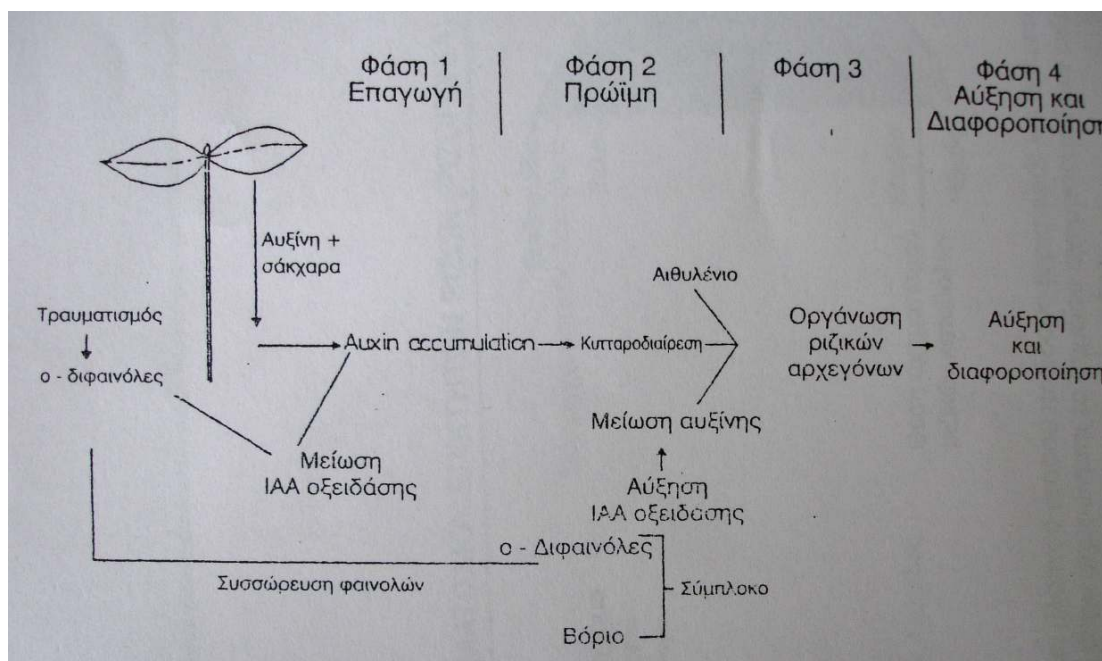
Είναι πλέον από όλους αποδεκτό ότι ενώ γνωρίζουμε αρκετά για τη βιολογία και το χειρισμό των μοσχευμάτων, το αίτιο ή η κινητήριος δύναμη που τα κάνει να ριζοβολούν είναι ακόμα και σήμερα εν πολλοίς άγνωστη.

Το μόσχευμα βρίσκεται σε μια δυσχερέστατη από άποψη θερμοδυναμικής θέση, καθώς δεν έχει ριζικό σύστημα ενώ συνεχίζονται οι μεταβολικές διαδικασίες εντός αυτού, με κύρια και σημαντικότερη, ιδιαίτερα για τα φυλλοφόρα μοσχεύματα, τη διαπνοή. Στην προσπάθεια λοιπόν να κρατηθεί ζωντανό το μόσχευμα θα πρέπει να ξεκινήσει τις διαδικασίες εκείνες που θα του επιτρέψουν το σχηματισμό ριζών. Η διαδικασία σχηματισμού ριζών από ένα μόσχευμα λαμβάνει χώρα σε δύο στάδια:

- το στάδιο επαγωγής και
- το στάδιο αύξησης και ανάπτυξης των ριζών

Τα δύο αυτά στάδια χαρακτηρίζονται από επιμέρους στάδια που αφορούν κυρίως τις βιοχημικές και ανατομικές αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα μόσχευμα κατά τη

διάρκεια ριζογένεσης (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Αναλυτική παρουσίαση σταδίων ριζοβολίας (Από Βογιατζή και Κουκουρίκου-Πετρίδου, 2004).

Η ικανότητα σχηματισμού επίκτητων ριζών αλλά και οφθαλμών (σε μοσχεύματα ριζών) βασίζεται στη δυνατότητα από-διαφοροποίησης των κυττάρων – δηλαδή, ήδη διαφοροποιημένα κύτταρα επαναπρογραμματίζονται ώστε να μεταπέσουν σε μεριστωματική κατάσταση.

Παρακάτω θα μελετήσουμε τις αλλαγές αυτές και πως ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες τις επηρεάζουν.

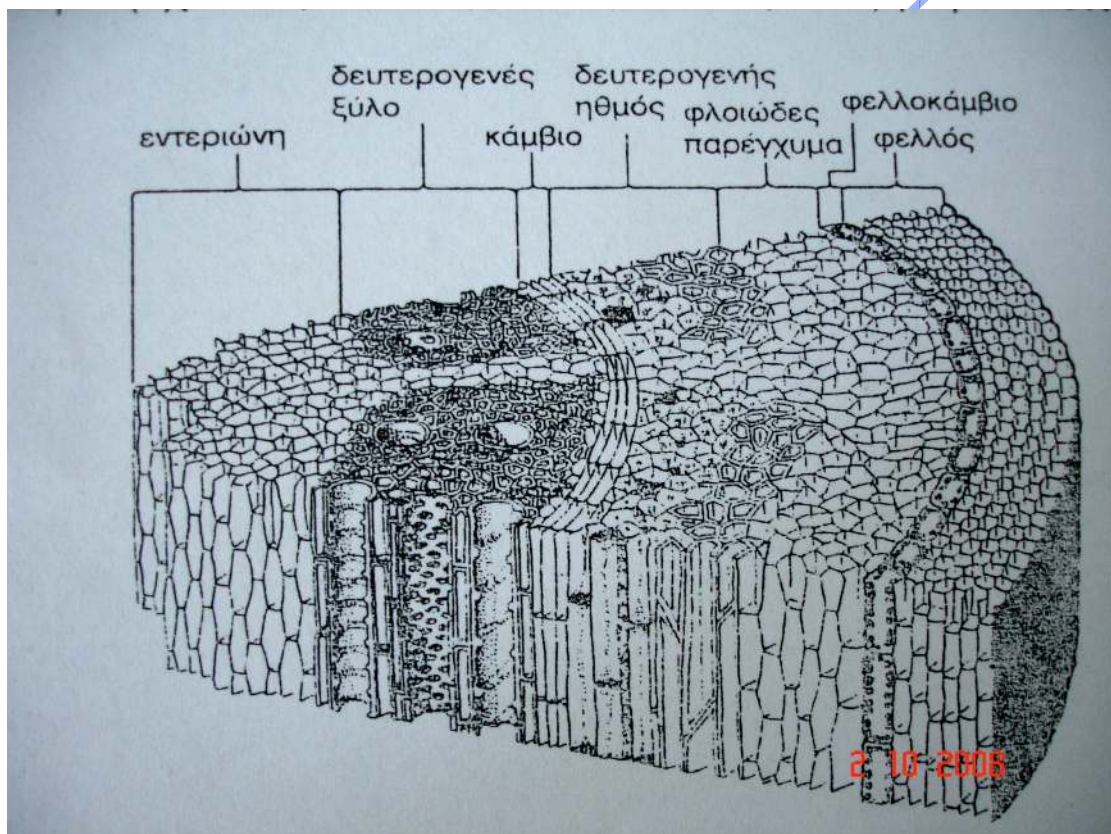
### 3 Ανατομική θεώρηση της ριζοβολίας – νεανικότητα.

#### 3.1 Ανατομικές αλλαγές κατά τη ριζοβολία (Εικόνα 2)

Σε αρκετά είδη φυτών υπάρχουν προσχηματισμένα ριζικά αρχέγονα, τα οποία όμως μένουν ανενεργά για πολλά χρόνια χωρίς να εξελίσσονται. Αν όμως το όργανο

στο οποίο βρίσκονται αποκοπεί από το μητρικό φυτό τότε ξεκινάει η περαιτέρω ανάπτυξή τους. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι στα αρχικά στάδια σχηματισμού των ριζών δεν απαιτείται τραυματισμός, απαιτείται όμως στα τελευταία στάδια.

Μπορούμε λοιπόν να διαχωρίσουμε τα διάφορα είδη σε δύο κατηγορίες, σε αυτά με προσχηματισμένα ριζικά αρχέγονα και σε αυτά στα οποία δεν υπάρχουν αυτά τα ριζικά αρχέγονα.



**Εικόνα 2.** Ανατομία ενός ξυλώδους φυτού (από Βογιατζή και Κουκουρίκου-Πετρίδου, 2004)

Στα είδη τα οποία δεν έχουν προσχηματισμένα ριζικά αρχέγονα μετά την αποκοπή από το μητρικό φυτό συμβαίνουν μια σειρά από διεργασίες, οι οποίες είναι άσχετες από τη διαδικασία ριζογένεσης (π.χ. προστασία της τομής, επούλωση και ίαση των τραυματισμένων περιοχών και κυττάρων κτλ). Η αντίδραση στον τραυματισμό περιλαμβάνει τρία στάδια: 1) τα τραυματισμένα κύτταρα νεκρώνονται, σχηματίζεται

Π. Φύσος

μια νεκρωτική ζώνη, το τραύμα προστατεύεται αφού «κλείνει» με ένα φελλώδες στρώμα σουμπερίνης, ώστε να προστατευθεί ο ιστός και οι κομμένες επιφάνειες από αφυδάτωση αλλά και από είσοδο μικροοργανισμών 2) ζωντανά κύτταρα κάτω από αυτή τη ζώνη αρχίζουν να διαιρούνται σχηματίζοντας παρεγχυματικό κάλλο που αναπτύσσεται σε περίδερμα από τραυματισμό και 3) κάποια συγκεκριμένα κύτταρα κοντά στο κάμβιο και ηθμό διαιρούνται και σχηματίζουν τα ριζικά αρχέγονα (εφόσον ο ιστός έχει δεχθεί το ερέθισμα σχηματισμού ριζών). Οι ανατομικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά το σχηματισμό επίκτητων ριζών ακολουθούν την εξής σειρά: 1) αποδιαφοροποίηση ήδη διαφοροποιημένων κυττάρων, 2) σχηματισμός ριζικών αρχεγόνων κοντά σε αγγειακούς ιστούς, 3) τα οποία οργανώνονται σε ριζικές καταβολές και 4) αυξάνονται – αναπτύσσονται οι καταβολές αυτές για να έχουμε την εμφάνιση των ριζιδίων στο μόσχευμα.

Κατά τη διαδικασία όμως της επαγωγής ριζογένεσης (πρώτο στάδιο), σε όσα μοσχεύματα πρόκειται να ριζοβολήσουν (μη προσχηματισμένα ριζικά αρχέγονα), αρχίζει μια σειρά διεργασιών, οι οποίες και προσδιορίζουν ανατομικά και φυσιολογικά τη θέση, την οργάνωση και την ανάπτυξη των μελλοντικών ριζών. Οι διεργασίες που συμβαίνουν κατηγοριοποιούνται σε δύο στάδια με επιμέρους φάσεις:

- Σχηματισμός της πιθανής θέσης ριζικών αρχεγόνων, το πρώτο στάδιο κατά το οποίο διακρίνονται φάσεις και ανατομικές διαφορές:
  - Επαγωγή του ερεθίσματος και ενεργοποίηση των διαδικασιών σχηματισμού ριζικών αρχεγόνων
  - Διαφοροποίηση κυττάρων που παράγουν τόξα τραχεϊδων (αγγειακό ιστό)
  - Αποκόλληση κυττάρων από την περιοχή του καμβίου και μετατόπιση της ζώνης ριζοβολίας



Π. Φύσσης

- Διαδικασίες που συμβαίνουν πλέον στην πιθανή ζώνη ριζοβολίας και διακρίνονται ουσιαστικές ανατομικές αλλαγές στην περιοχή αυτή όπως:
  - Έναρξη κυτταροδιαρρέσεων (κοντά στην περιοχή του ηθμού και του καμβίου ή σε κύτταρα προσφάτως παραγομένων από το κάμβιο)
  - Επιπλέον διαιρέσεις συμβαίνουν είτε στην αρχική θέση είτε σε νέα θέση, οπότε και μπορεί να έχουμε την εμφάνιση των πρώτων ριζικών αρχηγόνων μπορεί όμως και όχι. Κατά την έννοια αυτή τα αρχικά κύτταρα που διαιρούνται μπορεί να αποτελούν την έναρξη σχηματισμού ριζικών αρχηγόνων μπορεί όμως και όχι, και η έναρξη σχηματισμού των αρχηγόνων να γίνει σε περιοχή δίπλα στην περιοχή των αρχικών κυτταροδιαρρέσεων (Εικόνα 3).
  - Αύξηση του αριθμού των κυττάρων και έναρξη οργάνωσης αυτών. Θεωρητικά απαιτούνται περί τα 1500 κύτταρα για να ξεκινήσει η οργάνωση της δομής ενός ριζικού ιστού αρχηγόνου (Εικόνα 4).
  - Συνεχίζεται η οργάνωση και ανάπτυξη του ιστού και πλέον αρχίζει να αυξάνεται η πολυπλοκότητα της δομής του ριζικού αρχηγόνου για να σχηματιστεί πλέον η ριζική καταβολή (Εικόνα 5) και να αναπτυχθεί σε ρίζα (Εικόνες 6, 7).

Τα κύτταρα που διαιρούνται για να οργανωθούν σε ριζικό αρχέγονο διακρίνονται από μεγάλο πυρήνα και μικρό χυμοτόπιο. Στο αρχικό αυτό στάδιο δεν παρατηρείται οργάνωση ιστών. Σε κάποιο μετέπειτα στάδιο ομάδα από αυτά τα αρχικά κύτταρα μαζί με παραπλεύρως ευρισκόμενα κύτταρα αρχίζουν να οργανώνονται σε μάζα μεριστωματικού ιστού ο οποίος αρχίζει να διαφοροποιείται. Σε αυτό το στάδιο θεωρούμε ότι έχουμε την εμφάνιση του ριζικού αρχηγόνου, το οποίο αργότερα συνδέεται με το αγγειακό σύστημα του μοσχεύματος. Παρατηρείται λοιπόν ότι το

Π. Φούσσος

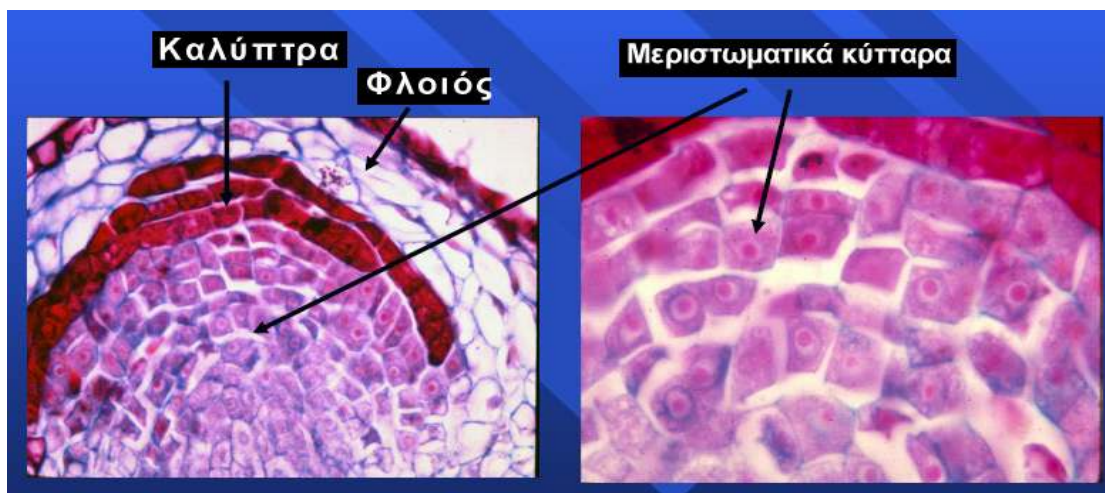
ριζικό αρχέγονο μπορεί να σχηματισθεί και από κύτταρα τα οποία δεν ανήκουν σε αυτά τα οποία πρώτα άρχισαν τις κυτταροδιαίρεσεις.



*Εικόνα 3. Μικροσκοπική παρατήρηση της έναρξης καμβιακής δραστηριότητας (αριστερά) και της εμφάνισης του ριζικού αρχέγονου στην περιοχή του ηθμού (δεξιά).*



*Εικόνα 4 . Μικροσκοπική παρατήρηση ριζικού αρχεγόνου.*



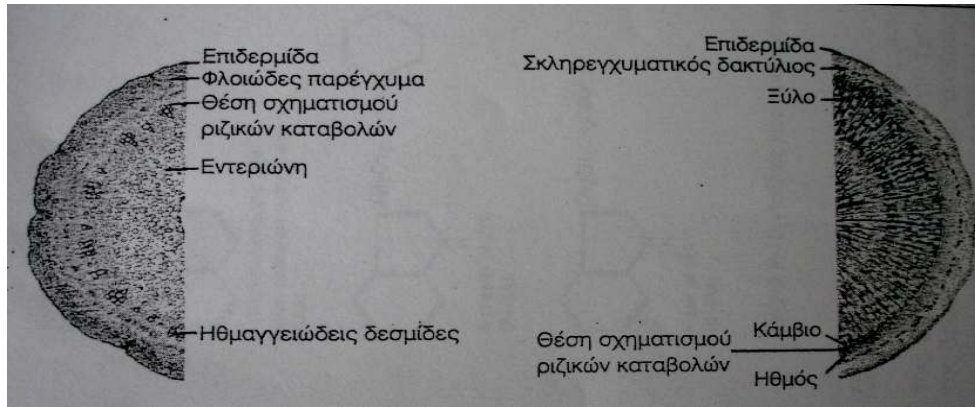
Εικόνα 5. Μικροσκοπική παρατήρηση της έναρξης ανάπτυξης ριζικής καταβολής



Εικόνα 6. Ανεπτυγμένες ριζικές καταβολές καθώς εξέρχονται του βλαστού (παρατηρούνται οι σκληρείδες και το «σχίσσιμο» του περιδέρματος κατά την έξοδο των ριζικών καταβολών δεξιά)



Π. Φύσσης



**Εικόνα 7.** Εγκάρσια τομή βλαστού και θέση σχηματισμού ριζών (επάνω)(Από Βογιατζής – Κουκουρίκου-Πετρίδου, 2004) και Επιμήκης τομή σχηματισμένου ριζιδίου (κάτω).

Τα κύτταρα λοιπόν του ριζικού αρχηγόνου μπορεί να είναι αυτά που πρώτα αποκόπτονται από τη ζώνη του καμβίου ή εντελώς διαφορετικά κύτταρα, όταν ο σχηματισμός του ριζικού αρχηγόνου συμβαίνει σε περιοχή εκτός της ζώνης πρώτης δραστηριοποίησης κυττάρων. Με μια πιο αυστηρή θεώρηση της διαδικασίας σχηματισμού του ριζικού αρχηγόνου, θα μπορούσαμε να ξεχωρίσουμε τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στη ζώνη σχηματισμού του ριζικού αρχηγόνου ως αυτές που άμεσα συνδέονται με τη ριζογένεση και όλες οι υπόλοιπες ως διαδικασίες που συνδέονται κατά το μάλλον ή ήττον με τον τραυματισμό.

Από κάποιες ανατομικές παρατηρήσεις φαίνεται ότι η συχνότητα σχηματισμού

*Π. Φύσος*

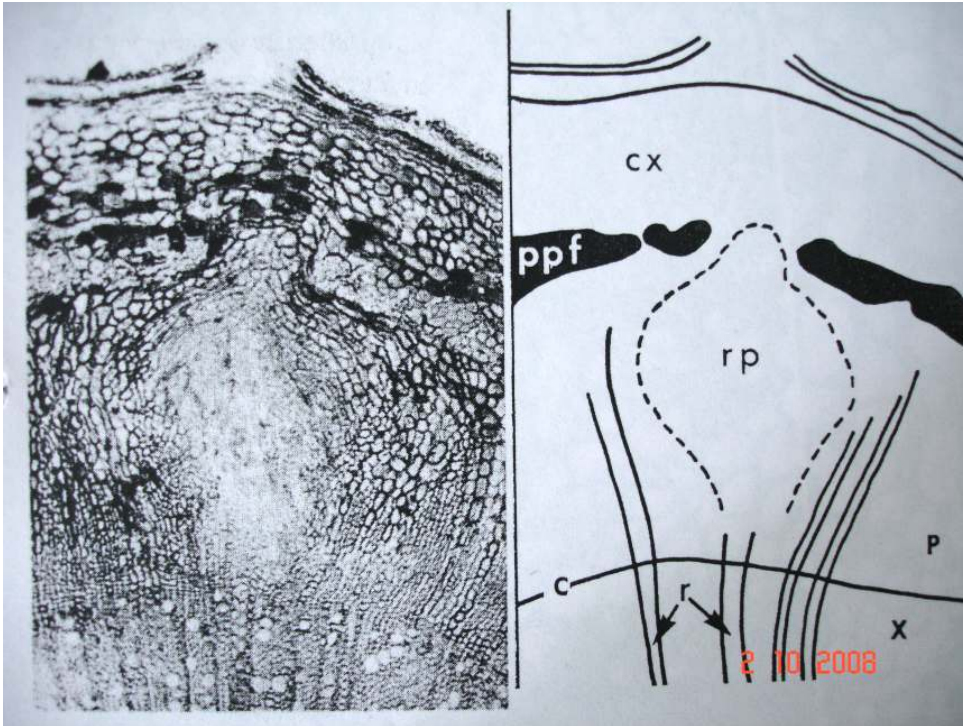
ριζικών καταβολών είναι πολύ υψηλή στα σημεία εκείνα όπου υπάρχει παρεγχυματική σύνδεση της εντεριώνης με τον ηθμό (κενά στη συνέχεια του ιστού λόγω παραγωγής φύλλων ή πλαγίων βλαστών) και μάλιστα σε περιοχή προέκτασης των εντερίωνων ακτινών. Γενικά τα ριζικά αρχέγονα σχηματίζονται σε κόμβους ή μεσογονάτια και αυτό εξαρτάται από το μήκος του μεσογονατίου κάτω από τον τελευταίο κόμβο πλησίον της τομής της βάσης (σχηματίζονται λίγα χιλιοστά πάνω από το σημείο τομής της βάσης). Πιθανόν οι κόμβοι να παίζουν σημαντικό ρόλο λόγω του ότι εκεί αρχίζει η διαφοροποίηση των ξυλωδών αγγείων και ίσως εκεί να έχουμε υψηλή συγκέντρωση αυξίνης.

Γενικά η αρχική μεριστωματική δραστηριότητα ξεκινάει από σημεία παρεγχυματικού ιστού εξωτερικά αλλά πλησίον του καμβίου, και θεωρείται λιγότερο πιθανό οι δραστηριότητες εντός της καμβιακής ζώνης να συνδέονται με τις ριζικές καταβολές. Δεν είναι σίγουρο δηλαδή αν τα αρχικά κύτταρα των ριζικών αρχεγόνων προέρχονται από το κάμβιο αυτό καθ' αυτό ή από ανώριμα παρεγχυματικά κύτταρα πλησίον του καμβίου που αποκόπηκαν από αυτό, αλλά γενικά προέρχονται από κύτταρα πλησίον της περιοχής του καμβίου. Τα κύτταρα κοντά στο κάμβιο φαίνεται ότι διογκώνονται αλλά δεν διαιρούνται, ενώ διαιρούνται όσα βρίσκονται εξωτερικά του καμβίου και σχηματίζουν τις ριζικές καταβολές. Κατά τη στιγμή που τα ριζικά αρχέγονα έχουν διαπεράσει το φλοιό είναι σχεδόν οργανωμένα και έχουν γίνει όλες οι απαραίτητες αγγειακές συνδέσεις. Σε αυτήν την περίπτωση οι ριζικές καταβολές προέρχονται από τα αρχικά κύτταρα που ενεπλάκησαν στις πρώτες κυτταροδιαιρέσεις. Παράλληλα μπορεί να έχουμε έντονη δραστηριότητα μεγάλου μέρους του καμβίου με αποτέλεσμα μεγάλες περιοχές να αποκόπτονται από το κάμβιο προς την πλευρά του ηθμού.

Μια πρώτη ένδειξη ότι τα ριζικά αρχέγονα θα γίνουν ριζικές καταβολές και τελικά

*Π. Φύσος*

ρίζες είναι το γεγονός ότι όταν το άκρο της αγγειακής μάζας βρίσκεται στο μέσο του φλοιού και τα κύτταρα κάτω από την κορυφή διαιρούνται χωρίς να διαφοροποιούνται. Αυτά τα κύτταρα παραμένουν για αρκετό διάστημα στην ίδια φυσιολογική κατάσταση και τελικά φτιάχνουν τον αγγειακό ιστό που θα συνδέσει το ριζίδιο με το αγγειακό σύστημα του μοσχεύματος. Παράλληλα τα παραπλεύρως ευρισκόμενα κύτταρα του φλοιού σχηματίζουν μια σφαιρική μάζα γύρω από την κορυφή του αρχηγόνου και όταν το αρχέγονο αποκτήσει περί τα 1500 κύτταρα τότε αρχίζει η οργάνωση και η κυτταρική διεύθετηση στην κορυφή του με το σχηματισμό της καλύπτρας και των άλλων ιστών της ρίζας. Το αγγειακό σύστημα και η ένωσή του με αυτό του μοσχεύματος γίνεται κατά τη στιγμή εμφάνισης του ριζιδίου. Αυτές οι τελευταίες φάσεις πριν την εμφάνιση των ριζιδίων στο μόσχευμα είναι παρόμοιες σχεδόν για όλα τα φυτά (με μικρές παραλλαγές) σε σχέση με τα αρχικά στάδια τα οποία μπορεί να διαφέρουν από είδος σε είδος. Σημαντικές διαφορές υπάρχουν μεταξύ των ειδών αλλά και μεταξύ ενήλικων και νεανικών μοσχευμάτων του ίδιου είδους, όσον αφορά τα γεγονότα που οδηγούν στο σχηματισμό και στον εντοπισμό της πιθανής θέσης έναρξης σχηματισμού του ριζικού αρχηγόνου (Εικόνα 8).



**Εικόνα 8.** Σχηματική αναπαράσταση των ιστών που παίρνουν μέρος στη δημιουργία της ριζικής καταβολής. Cx: φλοιός, ppf: πρωτογενής ηθμός, rp: ριζική καταβολή, p: ηθμός, c: κάμβιο, x: ξυλώδης μοίρα, r: αγγειακό ιστός (από Hartmann et al. 2002).

Πολλές φορές παρατηρείται στο σημείο τομής-τραυματισμού του μοσχεύματος παρουσία κάλλου, η οποία προηγείται της εμφάνισης ριζών. Είναι πλέον αποδεκτό ότι η παρουσία κάλλου δε συνδέεται άμεσα με τη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Σε υψηλά pH υποστρώματος πολλές φορές έχουν παρατηρηθεί μικρά, συμπαγή κύτταρα κάλλου τα οποία είναι δύσκολο για τις ρίζες να τα διαπεράσουν. Από την άλλη, η ριζοβολία μέσω κάλλου γίνεται αρχικά μέσω σχηματισμού τραχειδων περίπου 3mm πάνω από τη βάση. Οι τραχειδες επεκτείνονται δια μέσου του κάλλου προς το βλαστό ώστε να σχηματιστεί ένα δίκτυο τραχειδων, ικανό να αποτελέσει το αγγειακό σύστημα της μελλοντικής ρίζας και από εκεί δια μέσου του κάλλου θα προέλθουν οι ριζικές καταβολές. Η δημιουργία λοιπόν του αγγειακού ιστού σε αυτήν την περίπτωση προηγείται και είναι απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό των ριζών, χωρίς



φυσικά αυτό να σημαίνει ότι πάντα η παρουσία κάλλου θα συνοδεύεται και από ριζογένεση.

Πέρα όμως από τις ανατομικές αλλαγές που συμβαίνουν κατά τη ριζογένεση, υπάρχουν ανατομικοί παράγοντες που από πολλούς θεωρούνται ως περιοριστικοί παράγοντες κατά τη ριζογένεση. Περιορισμός στη ριζοβολία ενός μοσχεύματος μπορεί να προκύψει από σκληρεγχυματικό ιστό περιφερειακά του περικυκλίου, από στρώματα ρητίνης, από όγκους αγγειώδους συστήματος που καταλαμβάνουν τις περιοχές όπου είναι δυνατόν να αρχίσει η ριζογένεση κτλ (Εικόνα 9). Ειδικά στα ξυλώδη φυτά υπάρχει η υπόνοια ότι ο συνεχής σκληρεγχυματικός δακτύλιος αποτελεί εμπόδιο στην απρόσκοπτη αύξηση των ριζικών αρχεγόνων, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ριζοβολίας. Υπάρχουν βέβαια και απόψεις ότι η ανατομία των μοσχευμάτων δεν παίζει σημαντικό ρόλο, και αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι είδη με συνεχή σκληρεγχυματικό δακτύλιο ριζοβολούν χωρίς προβλήματα.



Εικόνα 9. Ανατομία δύο βλαστών με διαφορετικά πάχη σκληρεγχυματικού δακτυλίου

Από πολλούς ερευνητές γίνεται πλέον λόγος ότι τα φτωχά ποσοστά ριζοβολίας και η δυσκολία ριζοβολίας κάποιων μοσχευμάτων οφείλεται και συνδέεται κυρίως με τη

## Π. Φύσος

δυσκολία της επαγωγής ριζογένεσης (πρώτο στάδιο) παρά με την ακόλουθη αύξηση των ριζικών καταβολών. Φαίνεται δηλαδή ότι η ριζοβολία εξαρτάται κυρίως από φυσιολογικούς παρά από ανατομικούς παράγοντες, ακόμα και αν χαμηλά ποσοστά ριζοβολίας απαντώνται σε μοσχεύματα με αυξημένα ποσοστά συμμετοχής τραχειδών και περικυκλικών ινών στην ανατομία του μοσχεύματος.

Η περίοδος μεταξύ κοπής μοσχευμάτων και των πρώτων ανατομικών συμβάντων διαφέρει πολύ, όχι μόνο μεταξύ ειδών αλλά και μεταξύ μοσχευμάτων του ίδιου είδους, από εποχή σε εποχή, και συνήθως στα ξυλώδη η περίοδος αυτή κυμαίνεται μεταξύ 3-5 ημερών.

Τέλος πρέπει να γνωρίζουμε ότι ένα μόσχευμα μπορεί να ριζοβολήσει ή όχι, και μπορεί η αδυναμία ριζοβολίας να οφείλεται στο ότι δεν πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες κυτταρικές διαιρέσεις ή αν έγιναν, να μη σχηματίστηκαν ριζικά αρχέγονα αλλά μόνο αγγειακός ιστός. Η ολοκλήρωση των πρώτων σταδίων δεν εξασφαλίζει τη ριζοβολία, τουλάχιστον μέχρι τη διαφοροποίηση του σχηματιζόμενου ιστού σε ριζικό αρχέγονο. Από τη στιγμή αυτή της διαφοροποίησης είναι δύσκολο να μη συνεχιστεί η ριζογένεση και η ανάπτυξη των ριζικών καταβολών σε ριζίδια.

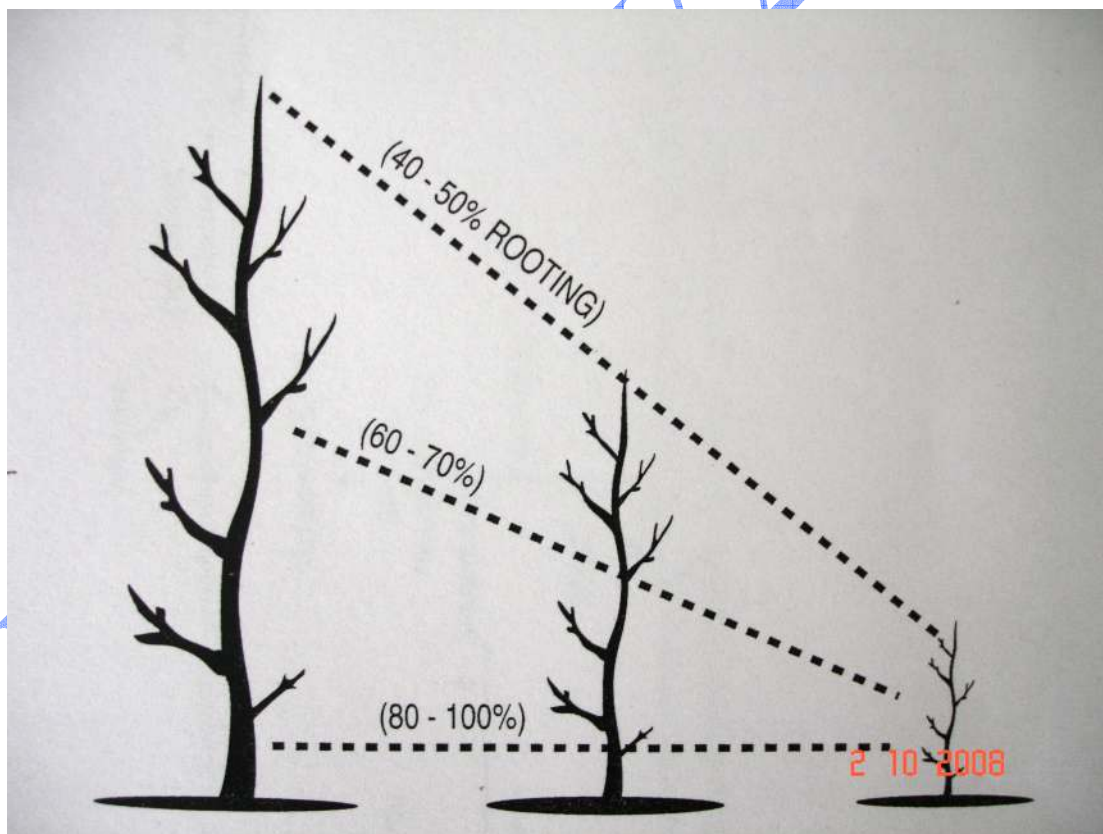
### 3.2 Νεανικότητα και ριζοβολία μοσχευμάτων

Τα ποσοστά ριζοβολίας των μοσχευμάτων εξαρτώνται άμεσα από το στάδιο στο οποίο βρίσκονται τα μοσχεύματα από άποψη οντογενετικής ηλικίας. Μία από τις πολλές αλλαγές που συμβαίνουν κατά το πέρασμα από τη νεανική στην ενήλικη φάση είναι η μείωση του ποσοστού ριζοβολίας των μοσχευμάτων, με αποτέλεσμα το υψηλό δυναμικό ριζοβολίας να θεωρείται νεανικό χαρακτηριστικό.

Τα πρώτα όργανα ενός δένδρου που εμφανίζουν μειωμένο δυναμικό ριζοβολίας είναι τα κορυφαία και περιφερειακά μέρη του δένδρου, ενώ μοσχεύματα από τα

βασικά μέρη του δένδρου εμφανίζουν νεανικά χαρακτηριστικά (αυξημένο ποσοστό ριζοβολίας, ανώμαλη φυλλοταξία, αγκάθια κτλ)(Σχήμα 2).

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι το δυναμικό ριζοβολίας είναι μάλλον άρρικτα συνδεδεμένο με τη θέση πάνω στο δένδρο παρά με τη χρονολογική ηλικία του βλαστού-κλάδου που θα αποτελέσει την πηγή μοσχεύματος. Με διάφορες επεμβάσεις μπορούμε να επαναφέρουμε ένα ενήλικο τμήμα του φυτού σε φάση νεανικότητας. Πολλές από αυτές τις επεμβάσεις δεν είναι απολύτως ξεκάθαρο αν επιτυγχάνουν ανατροπή της φυσιολογικής ηλικίας (επαγωγή ζωηρότητας) ή της φάσης ενηλικίωσης (επαγωγή νεανικότητας).



**Σχήμα 2.** Σχηματική παράσταση δυναμικού νεανικότητας ιστών σε ένα δένδρο συνδεδεμένο με τα εν δυνάμει ποσοστά ριζοβολίας των μοσχευμάτων τους (από Hartmann et al. 2002)..

Το αυστηρό κλάδεμα που συνιστούν πολλοί σε μηλιές που διαμορφώνονταν σε

## Π. Φύσος

φράκτη, για μαζική κοπή μοσχευμάτων, δεν έκανε τα φυτά πιο νεανικά αλλά πιο ζωηρά, αφού οι ενός έτους βλαστοί μπορούσαν τον επόμενο χρόνο να ανθίσουν κανονικά, διατηρώντας υψηλό δυναμικό ριζοβολίας (σύμφωνα με την ετυμηγορία του όρου νεανικότητα, είναι η φάση της ζωής ενός φυτού κατά την οποία αδυνατεί να παράγει άνθη). Τείνει λοιπόν να διαχωριστεί η ικανότητα προς ριζοβολία ενός μοσχεύματος από την ικανότητα προς άνθηση, αφού μπορεί να ανθίζει και να ριζοβολεί ταυτόχρονα σε υψηλά ποσοστά. Νεανικότητα μπορούμε να επιτύχουμε με τον εμβολιασμό τμημάτων ενήλικων κλάδων σε νεανικά υποκείμενα, με τον πολλαπλασιασμό μέσω μοσχευμάτων ριζών και με την ιστοκαλλιέργεια. Ποιες είναι όμως οι διαφορές ανατομικά και βιοχημικά ανάμεσα σε μοσχεύματα στη φάση νεανικότητας και σε άλλα σε φάση ενηλικίωσης?

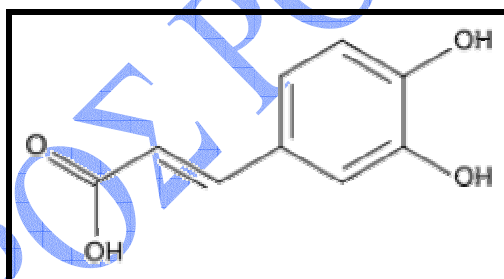
Ανατομικά έχει βρεθεί σε μηλιές ότι ενήλικα μοσχεύματα είχαν περισσότερες στρώσεις περικυκλίου από νεανικά μοσχεύματα που ριζοβολούσαν σε υψηλότερα ποσοστά. Παρόμοια, ο σκληρεγχυματικός δακτύλιος στα δύσκολα να ριζοβολήσουν είδη ήταν πιο παχύς, με πιο πολλές στρώσεις κυττάρων, στα ενήλικα μοσχεύματα από τα νεανικά, με όποιες αντιρρήσεις αναφέρθηκαν προηγουμένως για το ρόλο του σκληρεγχυματικού δακτυλίου, ως εμπόδιο στην έξοδο των ριζικών καταβολών. Επιπλέον, οι ανατομικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη ριζογένεση σε ένα νεανικό μόσχευμα διαφέρουν από εκείνες ενός ενήλικου μοσχεύματος. Στα νεανικά μοσχεύματα η έναρξη των πρώτων κυτταροδιαίρεσεων ξεκινά από περιοχές του ηθμού ή από παρεγχυματικές περιοχές των ηθμαγγειωδών ακτίνων, ενώ στα ενήλικα μοσχεύματα από ιστούς γύρω από το κάμβιο με παραγωγή ξύλου και κάλλου προτού εμφανιστούν οι ρίζες.

Μελετώντας τα επίπεδα των φυτορυθμιστικών ουσιών μεταξύ ενήλικων και νεανικών μοσχευμάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το επίπεδο της ενδογενούς



αυξίνης δεν πρέπει να είναι ο περιοριστικός παράγοντας στη ριζοβολία ενός ενήλικου μοσχεύματος. Αντιθέτως το αιθυλένιο φαίνεται να εμπλέκεται στη ριζογένεση αλλά δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο το πώς. Το αμπισισικό οξύ αυξάνεται στα ενήλικα μοσχεύματα που δε ριζοβολούν εύκολα, αλλά υπάρχουν και αναφορές όπου η εξωγενής εφαρμογή του αύξησε τα ποσοστά ριζοβολίας νεανικών μοσχευμάτων.

Μία άλλη ομάδα ουσιών που μεταβάλλεται η συγκέντρωσή τους κατά το πέρασμα από τη φάση της νεανικότητας στη φάση της ενηλικίωσης είναι και οι συνεργιστές ριζοβολίας (ουσίες που σε συνδυασμό με αυξίνες – ορμόνες ριζοβολίας – βοηθούν την επίτευξη υψηλότερων ποσοστών ριζοβολίας). Τα επίπεδα αυτών φαίνεται να είναι υψηλότερα στα νεανικά μοσχεύματα έναντι των ενηλίκων. Τέτοιοι συνεργιστές ριζοβολίας είναι οι φαινολικές ενώσεις και ιδιαίτερα αυτές που έχουν –OH σε *όρθο* θέση, με ελεύθερη την *πάρα* θέση (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Καφεϊκό οξύ με υδροξύλια σε *όρθο* θέση και ελεύθερη την *πάρα* θέση.

Πέρα όμως από τους συνεργιστές ριζοβολίας και τα επίπεδα των παρεμποδιστών ριζοβολίας υφίστανται διακυμάνσεις με το πέρασμα στην ενήλικη φάση. Έχει βρεθεί ότι η συγκέντρωσή τους αυξάνεται με την ηλικία (πχ. καστανιά). Για να θεωρήσουμε κάποια ένωση ως παρεμποδιστή ριζοβολίας αυτή πρέπει να ικανοποιεί τρία βασικά κριτήρια: 1) πρέπει να έχει αναγνωρισθεί, 2) πρέπει να έχει βρεθεί συσχέτιση των ενδογενών συγκεντρώσεων της με τη δυσκολία ριζοβολίας και 3) εκχυλιζόμενη η ουσία από τον ιστό πρέπει να είναι δραστική όταν εφαρμοστεί εξωγενώς σε

*Π. Φύσσος*

μοσχεύματα του είδους από το οποίο προήλθε.

Από τις μέχρι σήμερα παρατηρήσεις δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι μεταφέρεται κάποιος προωθητής ριζοβολίας από το νεανικό στο ενήλικο μέρος ή κάποιος ανασταλτικός παράγοντας ριζοβολίας από το ενήλικο στο νεανικό μέρος κατά τον εμβολιασμό ενήλικου τμήματος σε νεανικό υποκείμενο. Φαίνεται λοιπόν ότι το δυναμικό ριζοβολίας είναι χαρακτηριστικό των κυττάρων στα σημεία σχηματισμού ριζικών αρχηγόνων και δε συνδέεται με μεταφερόμενους προωθητές ή παρεμποδιστές, παρόλο που η δυναμική αυτών των κυττάρων μπορεί να αλλάξει. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως να παίζει ρόλο κάποιος μη διακινήσιμος παράγοντας. Υπάρχει το ενδεχόμενο κάποια κύτταρα να «αντιλαμβάνονται» το ερέθισμα μετά την εφαρμογή της αυξίνης στη βάση του μοσχεύματος και η αντίληψη αυτή να συνδέεται με ενζυμικά συστήματα ή την ύπαρξη θέσεων δέσμευσης ή/και υποδοχέων του ερεθίσματος αυτού. Η προτροπή μεταπτώσεως ενός ενήλικου τμήματος σε νεανική φάση ίσως να επηρεάζει, μεταβάλλει τις θέσεις δέσμευσης ή/και την ευαισθησία και τον αριθμό των υποδοχέων, με αποτέλεσμα η επαγωγή της ριζογένεσης (πρώτο στάδιο) να λαμβάνει χώρα με αυξημένη ένταση έναντι αυτής ενήλικων μοσχευμάτων.

#### *4 Ο ρόλος των βιοχημικών παραγόντων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων*

Για να κατανοήσουμε τον ενδογενή έλεγχο οποιουδήποτε φαινομένου είναι απαραίτητο αρχικά να ταυτοποιήσουμε τις χημικές ενώσεις που παίζουν ρόλο σε αυτά τα φαινόμενα της αποδιαφοροποίησης, διαίρεσης κυττάρων και αύξησης του μεγέθους αυτών, της οργανογένεσης και διαφοροποίησης. Είναι επίσης σημαντικό να καταφέρουμε να συσχετίσουμε τις ενώσεις αυτές και τις μεταβολές των

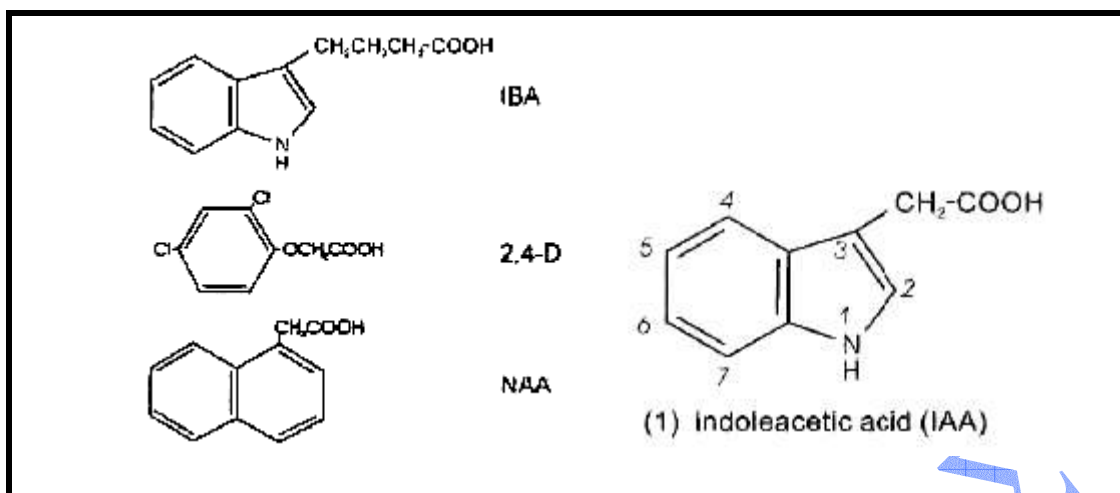
## Π. Φύσος

συγκεντρώσεων τους με τις μεταβολικές αυτές διεργασίες και να τους αποδώσουμε συγκεκριμένο ρόλο. Ουσίες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία των χημικών ενώσεων που επηρεάζουν τις διάφορες μεταβολικές διεργασίες της ριζογένεσης είναι οι φυτορυθμιστικές ουσίες, οι υδατάνθρακες, αζωτούχες ενώσεις, βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία. Ξεκινώντας από αυτή τη βάση θεώρησης της επίδρασης των διαφόρων ουσιών, αναπτύχθηκαν διάφορες θεωρίες, με σημαντικότερη αυτή της θεωρίας της ριζοκαλίνης. Η αρχική θεωρία της ριζοκαλίνης αφορούσε την παραδοχή ότι ένα χημικό σύμπλεγμα ουσιών ελέγχει τη ριζοβολία, δεν είναι δηλαδή μόνο η αυξίνη, ενώ στη θεωρία εμπεριέχεται και ο ρόλος ενός σακχάρου και του οξυγόνου. Αρχικά θεωρούταν ότι η ριζοκαλίνη παράγονταν στα φύλλα και με την εφαρμογή αυξίνης μετακινείται στη βάση των μοσχευμάτων. Η ανανεωμένη θεωρία της ριζοκαλίνης υποστηρίζει ότι το σύμπλεγμα των ουσιών αποτελείται από τρεις παράγοντες: 1) έναν ειδικό παράγοντα που μεταφέρεται από τα φύλλα (πιθανόν μια φαινολική ουσία όπως είναι μια ορθο-διϋδρόξυ φαινόλη), 2) έναν μη ειδικό παράγοντα (αυξίνη) που μεταφέρεται από τα φύλλα και 3) ένα συγκεκριμένο ένζυμο που βρίσκεται σε κύτταρα των γειτονικών ιστών στην περιοχή της ριζοβολίας (ηθμός, κάμβιο, περικόκλιο) και ίσως είναι η πολυφαινολοξειδάση (PPO).

#### 4.1 Ο ρόλος των αυξινών.

Είναι πλέον αποδεκτός ο ρόλος της αυξίνης στη ριζοβολία των μοσχευμάτων ενώ υπάρχουν αναφορές που λένε ότι ο αριθμός των ριζών σε ένα μόσχευμα εξαρτάται από τα επίπεδα ενδογενών ουσιών με αυξινική δράση (Σχήμα 4).

Π. Φούσσος



Σχήμα 4. Μερικές από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αυξίνες

Η αυξίνη εντός του βλαστού κινείται βασιπετάλως, και αυτό διαπιστώνεται μετά από εφαρμογές παρεμποδιστών της πολικής κίνησης της αυξίνης (τριώδο-βενζοϊκό οξύ - TIBA). Για το λόγο αυτό και ο ρόλος της αυξανόμενης κορυφής είναι σημαντικός, μιας και είναι πηγή της φυσικής αυξίνης IAA, κατά τα πρώτα στάδια σχηματισμού των ριζικών αρχεγόνων. Επιπλέον έχει βρεθεί ότι η πολικότητα δεν παίζει ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων μιας και η κίνηση της αυξίνης είναι ενεργός διαδικασία και η αυξίνη μετακινείται δια μέσου των μεμβρανών μέσω ενός μεταφορέα που εδράζεται στα παρεγχυματικά κύτταρα του ηθμού.

Όσο πιο υψηλή είναι η συγκέντρωση της ενδογενούς αυξίνης στα μοσχεύματα κατά τη διάρκεια κοπής τους τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ριζών που παράγονται, ενώ τόσο η συγκέντρωση του ελεύθερου όσο και του ολικού IAA αυξάνει μετά την κοπή των μοσχευμάτων και μειώνεται μετά την εμφάνιση των ριζιδίων.

Υπάρχουν πολλά σκευάσματα αυξινών ενώ μόνο λίγες από αυτές χρησιμοποιούνται εμπορικά στην πράξη. Συνήθως η αυξίνη εφαρμόζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις αμέσως μετά την κοπή των μοσχευμάτων.

Κατά μερικούς ερευνητές υπάρχει ανάγκη παρουσίας αυξίνης κατά τα πρώτα

## Π. Φύσος

στάδια της έναρξης ριζοβολίας ενώ τα μετέπειτα στάδια αύξησης των ριζικών αρχηγόνων φαίνεται να παρεμποδίζονται από την παρουσία αυξίνης. Οι υψηλές συγκεντρώσεις της αυξίνης ενώ είναι απαραίτητες για την επαγωγική φάση της ριζογένεσης (εφόσον βρίσκονται σε μη τοξικά για το μόσχευμα επίπεδα), δρουν ανασταλτικά στα μετέπειτα στάδια, με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητο να μειωθούν οι συγκεντρώσεις της μεταξύ του σταδίου επαγωγής και έναρξης σχηματισμού και αύξησης των ριζικών αρχηγόνων. Για το λόγο αυτό ενώ η αυξανόμενη κορυφή παίζει σημαντικό ρόλο στα αρχικά στάδια σχηματισμού των αρχηγόνων μετά μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς καμία επίπτωση επί της ριζοβολίας του μοσχεύματος.

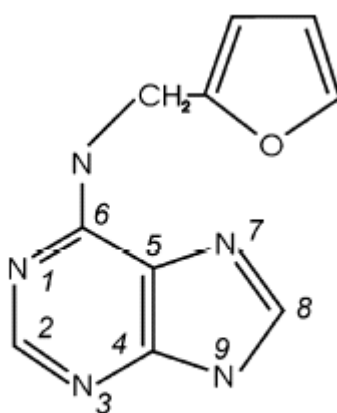
Κατά τη φάση έναρξης του σχηματισμού των ριζικών αρχηγόνων όπου απαιτείται παρουσία αυξίνης, αυτή εξασφαλίζεται είτε από την αυξανόμενη κορυφή είτε από την παρεχόμενη στη βάση του μοσχεύματος αυξίνη. Η διάρκεια του απαραίτητου της αυξίνης έχει καθοριστεί σε περίπου τέσσερις ημέρες, μετά από το οποίο διάστημα κατά τη φάση της επιμήκυνσης των ριζικών καταβολών δεν απαιτείται αυξίνη. Στόχος λοιπόν των ερευνητών αλλά και των φυτωριούχων δεν πρέπει να είναι απλώς η εξεύρεση της καταλληλότερης συγκέντρωσης αυξίνης αλλά και ο πιθανός έλεγχος της ενδογενούς συγκέντρωσής της κατά τη διάρκεια της ριζογένεσης με μεθόδους που θα δούμε παρακάτω. Επιπλέον το γεγονός ότι σε μερικά φυτά ακόμα και μετά την εφαρμογή της αυξίνης δεν επιτυγχάνουμε ικανοποιητικά ποσοστά ριζοβολίας, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αυξίνη τελικά δεν είναι ο μοναδικός περιοριστικός παράγοντας κατά τη ριζογένεση.

#### 4.2 Ο ρόλος των κυτοκινινών.

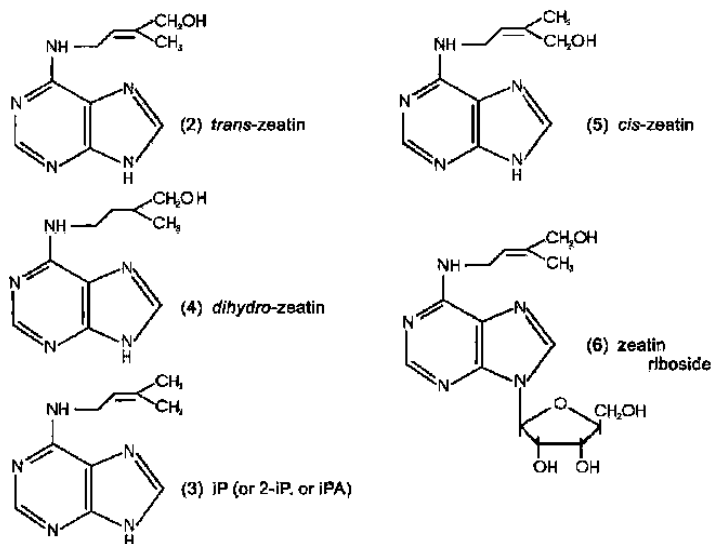
Οι κυτοκινίνες δε χρησιμοποιούνται εμπορικά στον πολλαπλασιασμό των φυτών

Π. Φύσσος

(Σχήμα 5). Αυτό συμβαίνει γιατί τις περισσότερες φορές παρεμποδίζουν τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, ιδιαίτερα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες του  $10^{-6}$  M. Παράλληλα σε πολλά είδη που παρουσιάζουν πολύ χαμηλά ποσοστά ριζοβολίας έχουν βρεθεί πολύ υψηλά επίπεδα ενδογενών κυτοκινινών, με αποτέλεσμα να σχετίζονται αρνητικά με την ικανότητα προς ριζοβολία ενός μοσχεύματος. Από την άλλη, σε μερικά είδη φαίνεται ότι οι κυτοκινίνες προωθούν τη ριζοβολία, είναι όμως πολύ λίγες αυτές οι περιπτώσεις.



(1) kinetin



Σχήμα 5. Συντακτικός τύπος μερικών από τις κυτοκινίνες.

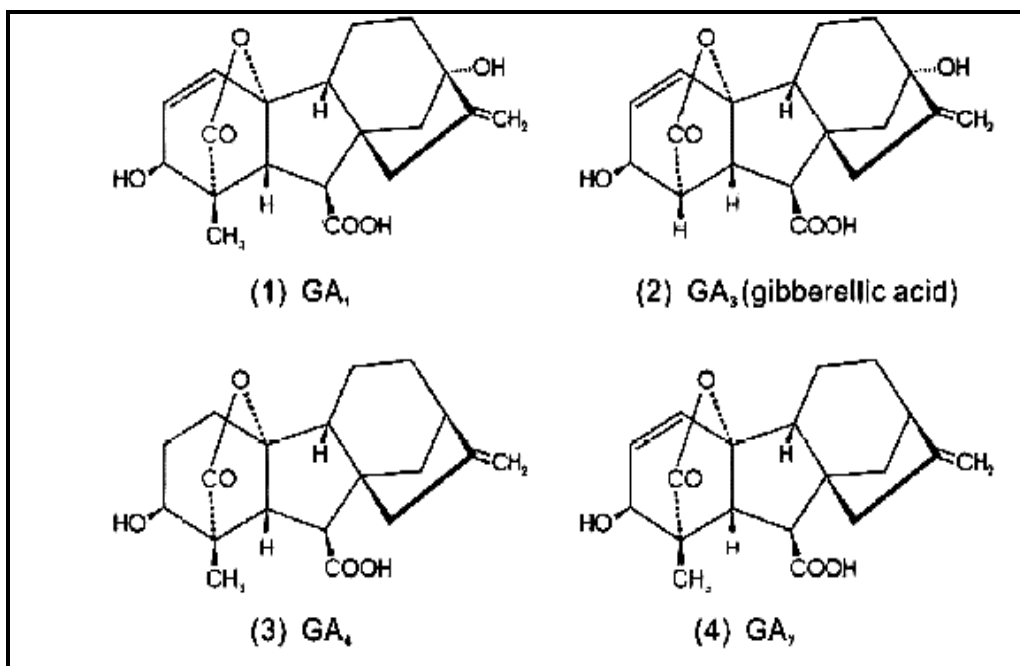
Από τις κυτοκινίνες η ζεατίνη φαίνεται να παρουσιάζει την πιο ισχυρή

παρεμποδιστική δράση σε βιοδοκιμές, ενώ τα ριβοζίδια των κυτοκινινών εμφανίζουν μικρότερης ισχύος παρεμποδιστική δράση από τις ελεύθερες βάσεις τους. Η διαφορά στην παρεμποδιστική ισχύ μεταξύ των διαφόρων κυτοκινινών πιθανόν να οφείλεται στο βαθμό στον οποίο αυτές μεταφέρονται εντός του μοσχεύματος και στο βαθμό στον οποίο συζεύγνυνται με άλλα μόρια ή μεταβολίζονται γενικότερα. Παρόλα αυτά όμως η μεταβολή των συγκεντρώσεων των κυτοκινινών κατά τα διάφορα στάδια ριζοβολίας δεν έχει μελετηθεί.

#### *4.3 Ο ρόλος των γιββερελλινών.*

Όπως και με τις κυτοκινίνες το ίδιο ισχύει και για τις γιββερελλίνες (Σχήμα 6). Στις περισσότερες περιπτώσεις εξωγενής εφαρμογή γιββερελλινών οδηγεί σε αρνητικά αποτελέσματα, όσον αφορά τα ποσοστά ριζοβολίας. Υπάρχουν βέβαια και παραδείγματα όπου η εξωγενής εφαρμογή γιββερελλινών προκάλεσε αύξηση του ποσοστού ριζοβολίας, το οποίο πιθανολογείται ότι συνέβη κατά μερικούς ερευνητές μέσω του αυξημένου μεταβολισμού αυξινών που παρατηρείται μετά από την εφαρμογή γιββερελλίνης. Επιπλέον σε διάφορα πειράματα (αν και λίγα) βρέθηκε ότι το ενδογενές επίπεδο γιββερελλινών σχετίζονταν αρνητικά με το ποσοστό ριζοβολίας των μοσχευμάτων. Έχει βρεθεί επίσης ότι η αντίδραση στην εφαρμοζόμενη γιββερελλίνη και το τελικό ποσοστό ριζοβολίας πρέπει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το χρόνο εφαρμογής της γιββερελλίνης, με βάση πάντοτε το στάδιο της ριζογένεσης. Παρατηρήθηκε επίσης και μια διαφορά στον βαθμό αντίδρασης – ευαισθησία- του μοσχεύματος μετά από εφαρμογή γιββερελλίνης κατά τα διάφορα στάδια της ριζογένεσης.





Σχήμα 6. Στεreoχημικός τύπος μερικών από τις γιββερελλίνες.

Ο λόγος που οι γιββερελλίνες δρουν τις περισσότερες φορές παρεμποδίζοντας τη ριζοβολία είναι η ανασταλτική τους επίδραση επί εκείνων των κυτταρικών διαιρέσεων που προηγούνται του σχηματισμού των οργανομένων ριζικών αρχεγόνων. Δεν θα πρέπει βέβαια να ξεχνάμε και το ρόλο των γιββερελλινών στην αύξηση της ενεργότητας ορισμένων ενζύμων – κυρίως υδρολυτικών ενζύμων – και την έμμεση επίδρασή τους στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, οι οποίοι με τη σειρά τους μπορεί να επηρεάζουν τη ριζογένεση.

#### 4.4 Ο ρόλος του αιθυλενίου

Όπως ο ρόλος των άλλων φυτορρυθμιστικών ουσιών πλην των αυξινών, έτσι και ο ρόλος του αιθυλενίου δεν είναι απολύτως ξεκάθαρος. Έχει βρεθεί να προάγει το σχηματισμό των ριζών σε ορισμένα είδη, ενώ σε άλλα είτε τον παρεμποδίζει είτε δεν



## Π. Φύσος

τον επηρεάζει καθόλου, πάντα σε συνδυασμό με αυξίνη. Ως εμπορικό σκεύασμα το αιθυλένιο κυκλοφορεί στην αγορά με το όνομα Etherphon. Το etherphon σε υδατικό διάλυμα έχει χρησιμοποιηθεί με εμπάπτιση της βάσης των μοσχευμάτων σε συγκεντρώσεις από 10-5000 ppm. Το pH παίζει σημαντικό ρόλο στην απελευθέρωση του αιθυλενίου από το etherphon, αφού σε pH κάτω από 4 δεν απελευθερώνεται αιθυλένιο εύκολα. Διάλυμα συγκέντρωσης 10 ppm σε etherphon έχουν τιμή pH 3.7 και έτσι δεν θα απελευθερώσουν αιθυλένιο παρά μόνο αν απορροφηθούν από το μόσχευμα και βρεθούν στο περιβάλλον του χυμού που παρουσιάζει τιμή pH κοντά στο ουδέτερο.

Περίπου το 50% των ξυλωδών φυτών αντιδρούν θετικά στην επίδραση του etherphon κατά τη ριζοβολία των μοσχευμάτων τους. Αν μάλιστα προσθέσουμε και τα πώδη φυτά τότε το ποσοστό αυτό αυξάνεται στο επίπεδο του 70%. Αυτό σημαίνει ότι η δράση του αιθυλενίου μπορεί να επηρεάζεται και να διαφοροποιείται ανάλογα με το βαθμό ξυλοποίησης των μοσχευμάτων. Είναι όμως δύσκολο να γίνουν πειράματα με μόνη πηγή παραλλακτικότητας το βαθμό ξυλοποίησης των μοσχευμάτων, αφού ταυτόχρονα θα έχουν συμβεί και άλλες αλλαγές στη φυσιολογία και το μεταβολισμό των μοσχευμάτων.

Η ανταπόκριση στην εφαρμογή αιθυλενίου φαίνεται ότι σχετίζεται με το χρόνο εφαρμογής και κατά συνέπεια το στάδιο ριζογένεσης. Έτσι οι αυξίνες φαίνεται ότι προάγουν την κυτταροδιαίρεση και την επαγωγή σχηματισμού ριζών, ενώ το αιθυλένιο δρα διευκολύνοντας την έξοδο των σχηματισμένων ριζικών καταβολών από το βλαστό και την περαιτέρω ανάπτυξή τους. Αυτό μπορεί να μας οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι πιθανόν να αυξάνονταν τα ποσοστά ριζοβολίας αν επιτυγχάνονταν μια ελεγχόμενη αργή έκλυση αιθυλενίου κατά τη φάση της ανάπτυξης των ριζικών καταβολών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση του pH του διαλύματος

*Π. Φύσσος*

αιθυλενίου ή με την εξωγενή χορήγησή του αφού τα μοσχεύματα έχουν τοποθετηθεί στη μονάδα ριζοβολίας. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι ανάλογα με το πόσο γρήγορα ή αργά ελευθερώνεται αιθυλένιο (εξαρτώμενου από το pH του διαλύματος και του χυμού του μοσχεύματος) σε συνδυασμό με το χρόνο ελευθέρωσης (σχηματισμό ριζικών αρχεγόνων ή αύξηση ριζικών καταβολών) μπορεί να έχουμε και διαφορετική αντίδραση στην εφαρμογή αυτής της φυτορυθμιστικής ουσίας.

Θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι κατά την κοπή μοσχευμάτων (τραυματισμό κατά γενική έννοια) παράγεται το λεγόμενο αιθυλένιο από τραυματισμό. Παράλληλα η εφαρμογή αυξίνης στη βάση των μοσχευμάτων φαίνεται να προάγει την παραγωγή αιθυλενίου. Σε συνδυασμό των δύο παραπάνω είναι κατανοητό ότι η επίδραση ή μη του εξωγενούς αιθυλενίου στην προαγωγή της ριζοβολίας ενός μοσχεύματος δεν εξαρτάται μόνο από την παρεχόμενη συγκέντρωση αλλά και από τις ήδη εκλυόμενες ποσότητες αιθυλενίου λόγω τραυματισμού και χειρισμού με αυξίνη. Επομένως το επιπλέον παρεχόμενο αιθυλένιο μπορεί να βρίσκεται στην περιοχή κορεσμού της θετικής δράσης της συγκέντρωσης αιθυλενίου, με αποτέλεσμα η επέμβαση αυτή είτε να εμφανίζει αρνητικές επιδράσεις, είτε να μην έχει καμία επίδραση. Υπάρχουν βέβαια και αναφορές όπου η εφαρμογή IBA προωθούσε τη ριζοβολία των μοσχευμάτων χωρίς όμως να αυξάνει την έκλυση αιθυλενίου περισσότερο από άλλες όχι τόσο δραστηρές αυξίνες. Φαίνεται λοιπόν ότι το αιθυλένιο δεν είναι ο περιοριστικός παράγοντας στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, ενώ κατά κάποιους ερευνητές δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο. Συγκριτικά όμως με άλλες φυτορυθμιστικές ουσίες (πλην των αυξινών) φαίνεται να παίζει σημαντικότερο ρόλο.

#### 4.5 *Ο ρόλος των παρεμποδιστών αύξησης*

Ο ρόλος των ουσιών αυτών δεν είναι απολύτως ξεκάθαρος, όπως άλλωστε

## Π. Φύσος

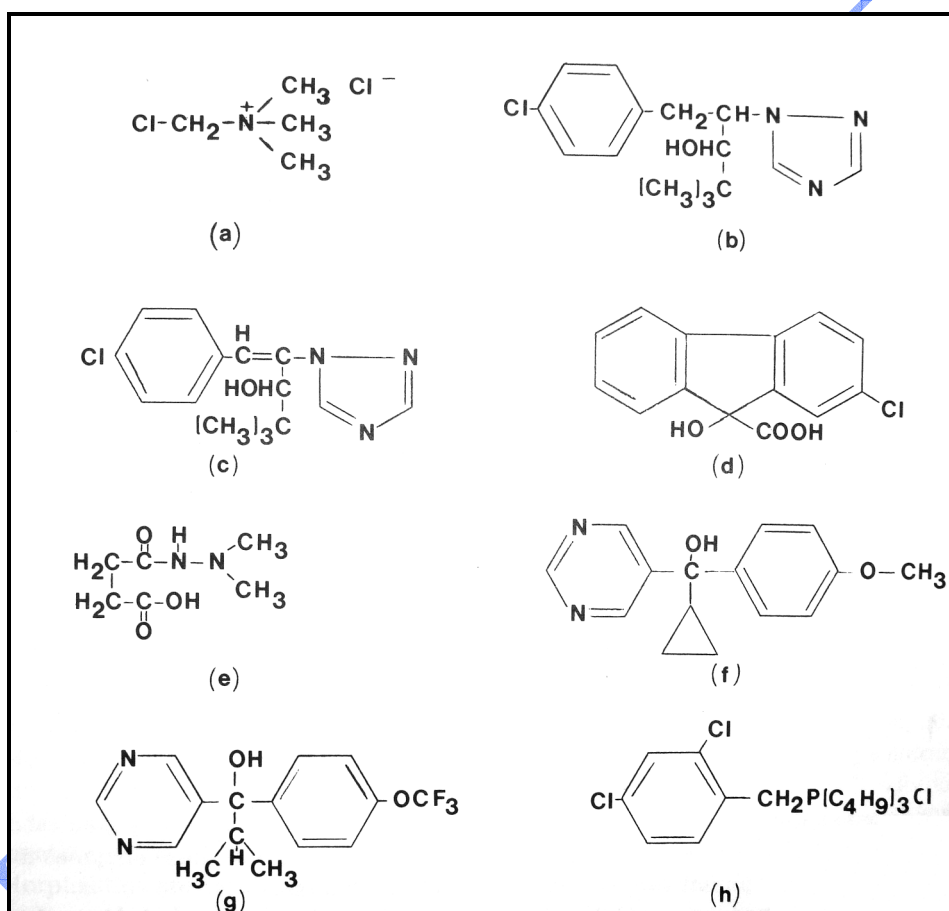
συμβαίνει και με όλες τις άλλες φυτορρυθμιστικές ουσίες πλην των αυξινών. Η βιοχημική και φυσιολογική βάση για τη χρησιμοποίηση παρεμποδιστών αύξησης κατά τη ριζοβολία μοσχευμάτων βασίζεται σε δύο βασικές παραμέτρους: 1) παρεμποδίζουν τη δράση ή τη σύνθεση των γιββερελλινών (αντι-γιββερελλίνες) που δρουν ανασταλτικά και 2) μειώνουν την αύξηση του βλαστού που μπορεί να ανταγωνιστεί τη βάση του μοσχεύματος σε θρεπτικά στοιχεία και οργανικές ενώσεις με αποτέλεσμα μειωμένα ποσοστά ριζοβολίας (Σχήμα 7).

Ο παρεμποδιστής που απαντάται στα φυτά είναι το αμπισικό οξύ (ABA). Το ABA ανταγωνίζεται τη δράση των γιββερελλινών, παίζει ρόλο στην αντιμετώπιση καταπονήσεων και επιπλέον με τον έλεγχο του κλεισίματος των στοματίων ελέγχει εμμέσως τη φωτοσύνθεση και τη διαπνοή. Η επίδρασή του όμως στη ριζοβολία δεν είναι συστηματική, με αποτέλεσμα άλλες φορές να δρα θετικά, άλλες αρνητικά και άλλες δεν έχει καμία σημαντική επίδραση. Πολλές φορές μάλιστα το ABA καθυστερεί τη ριζοβολία με αποτέλεσμα αν η εκτίμηση γίνει νωρίς να έχουμε εσφαλμένη αντίληψη της αποτελεσματικότητάς του.

Σε συνδυασμό με IBA το ABA προωθεί τη ριζοβολία των μοσχευμάτων κυρίως λόγω της δράσης του κατά της δράσης των γιββερελλινών και όχι λόγω της δράσης του κατά της δράσης των κυτοκινινών. Από την εφαρμογή ABA παρατηρείται πολλές φορές μείωση της αύξησης των αναπτυσσομένων βλαστών και αύξηση της συγκέντρωσης των υδατανθράκων στη βάση του μοσχεύματος, με αποτέλεσμα αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας.

Παρόλο που πολλές εργασίες έχουν γίνει για τη δράση του εξωγενώς εφαρμοζόμενου ABA στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, δεν έχει γίνει κάποια συσχέτιση μεταξύ της ενδογενούς συγκέντρωσης αυτού και του δυναμικού ριζοβολίας του μοσχεύματος. Επιπλέον, ακόμα και αν συνεχιστούν οι έρευνες γύρω

από την επίδρασή του στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για το αν αυτή βασίζεται σε σχέση αιτίου – αιτιατού, αφού παράλληλα με την επίδρασή του στη δράση των γιββερελλινών επάγει και άλλες βιοχημικές αλλαγές λιγότερο ή περισσότερο γνωστές (αλλαγές στα επίπεδα αυξινών, στερολών κτλ), ενώ και άλλοι παράγοντες μπορεί να επηρεαστούν οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στη ριζογένεση.



Σχήμα 7. Συντακτικός τύπος μερικών από τους πιο συνηθισμένους παρεμποδιστές αύξησης

a) chlormequat chloride, b) paclobutrazol, e) daminozide κ.ά..

Υπάρχουν φυσικά και άλλοι τεχνητοί παρεμποδιστές αύξησης όπως είναι το cycocel (CCC), το paclobutrazol (P), το mepiquat chloride, chlormequat chloride κτλ. Όπως με το ABA και με το CCC παρατηρούνται μη συστηματικές επιδράσεις όσον αφορά τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, οι οποίες φαίνεται να εξαρτώνται τόσο από το

*Π. Φύσος*

είδους του φυτού, όσο και από τη συγκέντρωση και το χρόνο εφαρμογής (15 ppm / 24 h φαίνεται ότι δρουν θετικά ενώ 100-2500 ppm / 15s δρουν αρνητικά). Γενικά όμως όταν συνδυάζεται με αυξίνη έχει θετικά αποτελέσματα, χωρίς όμως να υπερνικά τις αρνητικές επιδράσεις των γιββερελλινών.

Το P από την άλλη επηρεάζει ένα σύνολο διεργασιών εντός του φυτού, όπως τη δράση των γιββερελλινών, τη βιοσύνθεση των στερολών, αυξάνει τη συγκέντρωση των χλωροφυλλών, επηρεάζει το επίπεδο των υδατανθράκων, αυξάνει την αντοχή στην καταπόνηση και καθυστερεί το γηρασμό. Η επίδρασή του στη ριζοβολία φαίνεται ότι εξαρτάται από το είδος. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου το P σταματάει την ανάπτυξη των βλαστών κατά τη ριζοβολία χωρίς όμως να την επηρεάζει. Οπότε η ευεργετική του επίδραση στη ριζοβολία των μοσχευμάτων δεν στηρίζεται στην υπόθεση ότι παρέχονται στη βάση των μοσχευμάτων περισσότεροι υδατάνθρακες μετά την εφαρμογή του. Επιπλέον η εφαρμογή στη βάση των μοσχευμάτων επηρεάζει την ενεργότητα αρκετών ενζύμων που παίζουν σημαντικό ρόλο στη ριζογένεση όπως η καταλάση (CAT), η υπεροξειδάση (POD), η πολυφαινολοξειδάση (PPO) κτλ. όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, με την ενεργότητά τους να αλλάζει σημαντικά σε προχωρημένα στάδια ριζογένεσης (3-5 ημέρες μετά το κόψιμο των μοσχευμάτων) που ίσως εξηγεί το ρόλο των ενζύμων αυτών κατά τη ριζογένεση στην ανάπτυξη των ριζικών καταβολών και όχι στο σχηματισμό τους.

Άλλοι παρεμποδιστές που έχουν δώσει καλά αποτελέσματα στη ριζοβολία μοσχευμάτων είναι και το alar, ancymidol κ.ά. Υπάρχουν όμως και παρεμποδιστές αυξήσεως οι οποίοι δρουν τις περισσότερες φορές ανασταλτικά της ριζοβολίας, όπως είναι το TIBA (παρεμποδίζει τη βασιπέταλη κίνηση της φυσικής αυξίνης).

Σε κάθε επέμβαση με παρεμποδιστή για να είναι απολύτως τεκμηριωμένος ο τρόπος δράσης του θα πρέπει να συνοδεύεται και από μέτρηση των ενδογενών

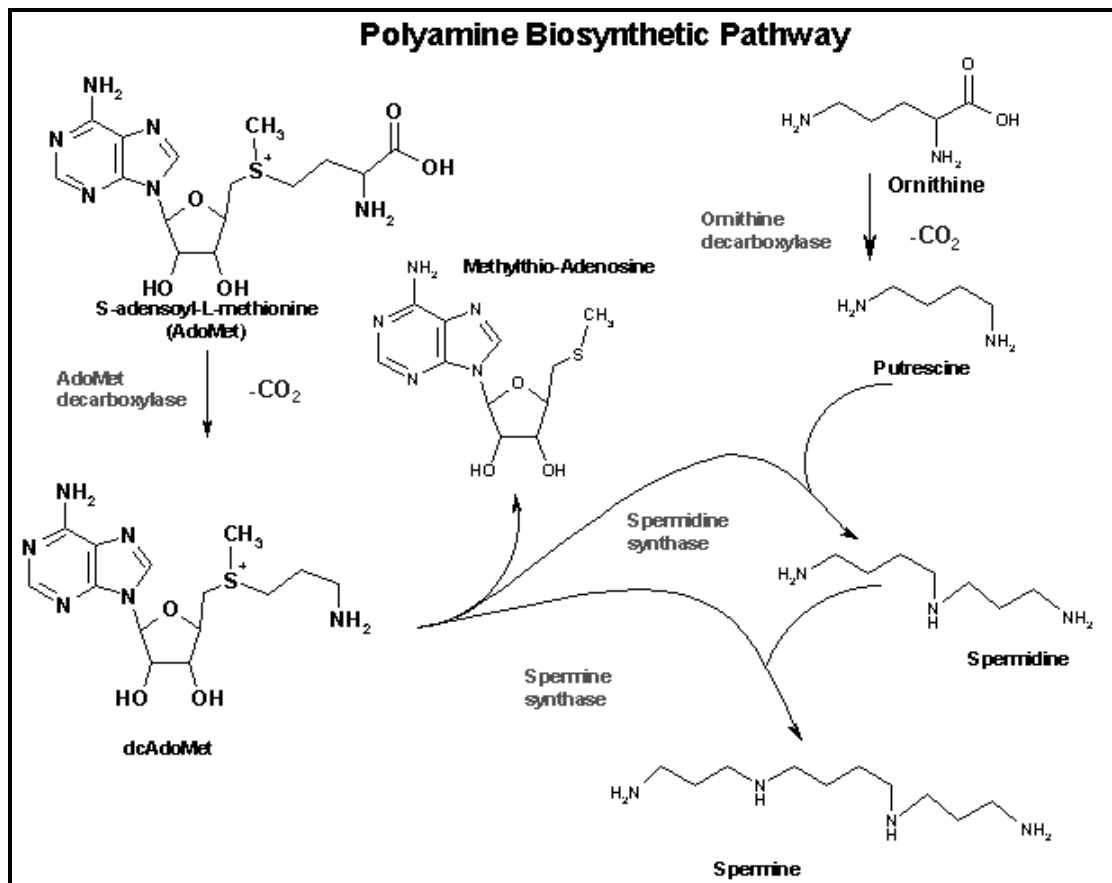
επιπέδων τόσο των φυτορυθμιστικών ουσιών που επηρεάζουν άμεσα τη ριζοβολία όσο και συνεργιστικών ουσιών όπως οι πολυαμίνες και οι φαινολικές ενώσεις.

#### 4.6 *Ο ρόλος των πολυαμινών*

Οι πολυαμίνες είναι αλειφατικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους και χαρακτηρίζονται ως αζωτούχα πολυκατιόντα τα οποία συναντώνται σε όλα τα είδη του φυτικού βασιλείου. Χαρακτηριστικές είναι η διαμίνη πουτρεσκίνη (PUT), η τριαμίνη σπερμιδίνη (SPD) και η τετραμίνη σπερμίνη (SPM) (Σχήμα 8). Ο ρόλος των πολυαμινών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων φαίνεται να είναι πιο συγκεκριμένος και η δράση τους πιο σταθερή, αφού η εξωγενής εφαρμογή τους αυξάνει τα ποσοστά ριζοβολίας μοσχευμάτων στις περισσότερες περιπτώσεις. Το ενδογενές επίσης επίπεδο των πολυαμινών έχει βρεθεί να είναι υψηλότερο στα μοσχεύματα που ριζοβολούν σε υψηλό ποσοστό σε σχέση με αυτά που παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά ριζοβολίας. Η «ευαισθητοποίηση» του ιστού από την εφαρμογή αυξίνης στη βάση του μοσχεύματος – επαγωγική φάση της ριζοβολίας – φαίνεται ότι είτε προκαλεί είτε ακολουθείται από ενεργοποίηση της βιοσύνθεσης πολυαμινών με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα τόσο PUT όσο και SPD.

Πέρα όμως από τις ενδογενείς αλλαγές στη συγκέντρωση των πολυαμινών κατά τη ριζογένεση, υπάρχουν αναφορές όπου η εφαρμογή SPM με IBA και σε συνδυασμό με εφαρμογή βορίου προώθησε τη ριζοβολία μοσχευμάτων. Επιπλέον τόσο η εφαρμογή πολυαμινών αλλά και πρόδρομων αυτών ουσιών (ορνιθίνη, αργινίνη) αύξησε τα ποσοστά ριζοβολίας μοσχευμάτων σε πολλά είδη. Επίσης η εφαρμογή παρεμποδιστών σύνθεσης SPD και SPM ανέστειλε τη ριζοβολία με παράλληλα μικρά επίπεδα συγκέντρωσης ενδογενών συγκεντρώσεων PUT, SPD και SPM, ενώ αντίθετα

εφαρμογή παραμποδιστή της ενεργότητας του ενζύμου οξειδάση των πολυαμινών αύξησε τα ποσοστά ριζοβολίας.



Σχήμα 8. Βιοσυνθετική οδός πολυαμινών.

Η δράση των πολυαμινών εντοπίζεται κυρίως κατά τη φάση διαίρεσης και διαφοροποίησης των κυττάρων κατά τη ριζογένεση. Ο ρόλος τους αυτός έχει αποδοθεί στις επιδράσεις τους στη σύνθεση μακρομορίων, στη δομή και λειτουργία των νουκλεϊκών οξέων, στις ιδιότητες των μεμβρανών και στην τροποποίηση της ενεργότητας αρκετών ενζύμων, που παίζουν ρόλο στη ριζογένεση. Γενικά φαίνεται ότι σταθεροποιούν τις μεμβράνες, προκαλούν αλλαγές στη διαπερατότητα τους ενώ παράλληλα παίζουν κάποιο ρόλο στη μεταγραφή και μετάφραση του γενετικού υλικού. Δεν θα πρέπει φυσικά να ξεχνάμε και τη δομή τους, αφού είναι αζωτούχες ενώσεις και μπορεί να λειτουργήσουν – συνεπικουρώντας – στα επίπεδα του



ανηγμένου οργανικού αζώτου, αφού με την οξείδωσή τους ενζυμικά απελευθερώνουν  $\text{NH}_4^+$ .

#### 4.7 Ο ρόλος των συνεργιστών ριζοβολίας

Ως συνεργιστές ριζοβολίας καλούμε τις ουσίες αυτές οι οποίες σε συνδυασμό με τη χορήγηση αυξινών μπορούν να δράσουν επικουρικά αυξάνοντας τα ποσοστά ριζοβολίας ή βελτιώνοντας τους ποιοτικούς δείκτες αυτής (αριθμός ριζών και χρόνος εμφάνισης ριζών στη βάση του μοσχεύματος).

Στην κατηγορία των συνεργιστών ριζοβολίας ανήκουν και οι φαινολικές ενώσεις. Οι φαινολικές ενώσεις ανήκουν στους δευτερογενείς μεταβολίτες και χαρακτηρίζονται από αρωματικό δακτύλιο με υποκαταστάτη τουλάχιστον ένα υδροξύλιο. Η παρουσία δύο υδροξυλίων σε θέση *όρθο* με απουσία αυτού στη θέση *πάρα* προσδίδει στις ενώσεις αυτές αντιοξειδωτικές ιδιότητες, δηλαδή οι ίδιες οξειδώνονται εύκολα. Αυτό οφείλεται στην ευκολία της μεταφοράς ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο υδροξυλίων και το σχηματισμό διπλού δεσμού μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου, σχηματίζοντας έτσι κινόνες. Στην ανανεωμένη θεωρία της ριζοκαλίνης γίνεται λόγος για έναν ειδικό παράγοντα που μεταφέρεται από τα φύλλα προς τη βάση του μοσχεύματος, ο οποίος πιθανόν είναι μια ορθο-διϋδρόξυ φαινόλη. Αυτό ακριβώς το γεγονός τονίζει τη μεγάλη σημασία των φαινολικών αυτών ουσιών στη ριζογένεση. Δεν θα πρέπει να ξεχάσουμε όμως το γεγονός ότι πολλές εργασίες αναφέρουν ότι ο ρόλος των φαινολικών ουσιών δεν είναι μόνο ως συνεργιστικές – προωθητικές ενώσεις, αλλά πολλές φορές δρουν παρεμποδιστικά.

Ως ευοξειδωτες ενώσεις οι ορθο-διφαινόλες θεωρείται ότι προστατεύουν το IAA από την οξείδωση, ιδιαίτερα κατά τα πρώτα στάδια της ριζογένεσης. Αντιθέτως, σε μετέπειτα στάδια κατά τα οποία τα επίπεδα του IAA δεν θέλουμε να είναι υψηλά,



*Π. Φύσσης*

γιατί μπορεί να επηρεάσουν την αύξηση και ανάπτυξη των ριζών, οι όρθο-διφαινόλες σχηματίζουν συμπλέγματα με βόριο και έτσι δεν μπορούν να επηρεάσουν την ενεργότητα του ενζύμου IAA οξειδάση (IAAoxidase), με αποτέλεσμα τα επίπεδα του IAA να ελέγχονται αποτελεσματικά και πάλι αυτή τη φορά έμμεσα μέσω της «εξουδετέρωσης» της αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών ουσιών. Εκτός όμως από το ρόλο των φαινολικών ουσιών στην ενεργότητα του ενζύμου IAA οξειδάση, οι φαινολικές ενώσεις φαίνεται να παίζουν ρόλο και μέσω της επίδρασης τους στην προώθηση σύνθεσης αυξινών αλλά και στη σύζευξη τους με αυξίνες. Η θετική επίδραση των συνεργιστών ριζοβολίας άμεσα στα ποσοστά ριζοβολίας έχει πιθανόν σχέση με τη δράση του ενζύμου της πολυφαινολοξειδάσης (PPO) η οποία οξειδώνει τις φαινολικές ενώσεις και σχηματίζονται σύμπλοκα φαινολικών ενώσεων – αυξίνης, τα οποία είναι πιο ενεργά στην επαγωγή ριζογένεσης από την ελεύθερη αυξίνη.

Οι φαινολικές ενώσεις αυξάνονται στο σημείο τραυματισμού στη βάση του μοσχεύματος ως αντίδραση στον τραυματισμό και την αύξηση της ενεργότητας του ενζύμου φαινύλ-αλανίνη αμμωνία λυάση (PAL), ένζυμο που είναι καθοριστικό για τη σύνθεση των φαινολικών ενώσεων. Η ενεργότητα όμως της PAL μπορεί να μη συνδέεται άμεσα με τη βιοσύνθεση της λιγνίνης (στο σημείο τραυματισμού) μιας και το *trans-cinnamic acid* (προϊόν της δράσης του ενζύμου) αποτελεί πρόδρομος ουσία και φλαβονοειδών ουσιών, φαινολικών εστέρων και βενζοϊκών οξέων τα οποία επηρεάζουν και αυτά τη ριζοβολία.

Επιπλέον παρατηρείται και κίνηση βασιπετάλως των φαινολικών ουσιών στην περιοχή ριζογένεσης, που πιθανόν να σχετίζεται με τη λιγνινοποίηση των τραχειδών ή την εναπόθεση λιγνίνης στην περιοχή ριζογένεσης. Η εναπόθεση λιγνίνης και ο ρόλος της στην ριζοβολία δεν έχει μελετηθεί πάρα πολύ και οι λίγες πληροφορίες που υπάρχουν οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η παραγωγή λιγνίνης χρησιμεύει στην

*Π. Φύσος*

υποστήριξη της ανάπτυξης των νέων ριζών. Σε περίπτωση που η σύνθεση και συσσώρευση λιγνίνης είναι μικρή, συσσωρεύονται πρόδρομες της λιγνίνης ουσίες (φαινολικές ενώσεις) και η αγγειακή σύνδεση των ριζών επηρεάζεται αρνητικά.

Η εξωγενής εφαρμογή φαινολικών ενώσεων μπορεί να βελτιώσει τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, αλλά αυτό εξαρτάται τόσο από την ποιοτική όσο και από την ποσοτική κατανομή ενδογενώς των φαινολικών ενώσεων, εξαρτάται όμως και από το είδος και τη συγκέντρωση των εφαρμοζομένων φαινολικών ενώσεων. Σε βιοδοκιμές που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι μερικές φαινολικές ενώσεις προωθούν σημαντικά τη ριζοβολία, άλλες καθόλου ενώ υπάρχουν και άλλες που την αναστέλλουν. Ανάμεσα στις διάφορες φαινολικές ενώσεις που έχουν χρησιμοποιηθεί εξωγενώς με επιτυχία συγκαταλέγεται το χλωρογενικό οξύ, η κατεχόλη και η ρουτίνη, όλες τους με όρθο – διϋδρόξυ δομή στο μόριό τους, ενώ το καφεϊκό οξύ, η ρεσορσινόλη κ.ά που δεν χαρακτηρίζονται από όρθο – διϋδρόξυ δομή δεν έδωσαν καλά αποτελέσματα. Υπάρχουν βέβαια και αναφορές που κάνουν λόγο για αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας μετά από εμφύτευση των μοσχευμάτων σε νερό, κάτι το οποίο αποδίδεται στην έκλυση παραγώγων κινναμικού οξέος που δρουν ανασταλτικά στη ριζοβολία του μοσχεύματος.

Δεν είναι όμως μόνο η εφαρμογή και η δράση των φαινολικών ενώσεων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων αλλά και τα προϊόντα της οξειδωσής τους. Το ένζυμο που είναι κυρίως υπεύθυνο για την οξείδωση των φαινολικών ενώσεων είναι η PPO η οποία οξειδώνει τις πολυφαινόλες, παράγοντας κινόνες οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά τη ριζοβολία, ανάλογα με το ποια κίνηση παράγεται, το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με την πολυφαινόλη η οποία οξειδώνεται. Από πολλές έρευνες έχει διαφανεί ο ρόλος των προϊόντων οξειδωσής των φαινολικών ουσιών, οι οποίες αφού παράγονται μετά τη δράση της PPO επί των

## Π. Φύσος

φαινολικών υποστρωμάτων της, πιθανόν να ενώνονται με αυξίνες και να δημιουργούνται έτσι ενώσεις οι οποίες δρουν συνεργιστικά αυξάνοντας το ποσοστό ριζοβολίας. Η εποχιακή μάλιστα διακύμανση των ποσοστών ριζοβολίας των μοσχευμάτων υποκειμένου μηλιάς έχει άμεσα συνδεθεί με την ενεργότητα της PPO και τη συγκέντρωση των φαινολικών ουσιών. Η PPO όμως πέρα από το ρόλο της να οξειδώνει τις όρθο-διφαινόλες μπορεί να λειτουργεί και στη βιοσύνθεση αυτών από μονοφαινόλες (μέσω όρθο-υδροξυλίωσης των μονοφαινολών – επιδεικνύοντας ενεργότητα μονοφαινολάσης), προστατεύοντας έτσι πιθανόν το IAA κατά τα αρχικά στάδια της ριζογένεσης, όταν είναι απαραίτητη η παρουσία IAA. Θεωρούμε κατ' αυτόν τον τρόπο ότι δεν θα είναι η PPO αυτή που θα οξειδώσει τις νέες όρθο-διφαινόλες αλλά μέρος από αυτές θα εμπλακούν στην παρεμπόδιση της οξειδωσης του IAA από την IAA οξειδάση ή την υπεροξειδάση.

#### 4.8 Ο ρόλος των ενζύμων

Είδαμε ότι σε όλες σχεδόν τις φάσεις της ριζογένεσης υπάρχουν κάποια ένζυμα που επηρεάζουν άλλο περισσότερο και άλλο λιγότερο τη διαδικασία ριζογένεσης. Από πολύ νωρίς (θεωρία ριζοκαλίνης) έγινε αντιληπτός ο ρόλος κάποιων ενζύμων. Η επίδραση των αυξινών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων είναι αδιαμφισβήτητη. Τα ένζυμα λοιπόν που επηρεάζουν το μεταβολισμό των αυξινών θα παίζουν και αυτά σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Πολλά από αυτά επηρεάζουν το μεταβολισμό των αυξινών είτε άμεσα είτε έμμεσα, όπως θα φανεί και παρακάτω.

Είναι βέβαιο ότι η φυσική αυξίνη IAA μπορεί να οξειδωθεί τόσο χημικά (παρουσία  $H_2O_2$  και Fe) όσο και ενζυμικά. Η υπεροξειδάση μπορεί να οξειδώσει το IAA παρουσία  $O_2$  και του  $Mn^{2+}$  ως μεταλλικού συμπαραγόντα, παρόλο που δεν είναι απόλυτα γνωστός ο τρόπος αυτός αλλά φαίνεται ότι δρα ως IAAoxidase. Σε αυτή τη

## Π. Φύσος

διαδικασία φαίνεται ότι το  $H_2O_2$  παίζει σημαντικό ρόλο, αφού η καταλάση (CAT) η οποία χρησιμοποιεί το  $H_2O_2$  ως υπόστρωμα προκάλεσε μείωση της οξειδωσης του IAA, πιθανόν μειώνοντας τη συγκέντρωση του  $H_2O_2$  σε επίπεδα που επηρέασαν την ενεργότητα της POD. Τόσο όμως η CAT όσο και η POD μπορούν να οξειδώνουν ή να αποκαρβοξυλιώνουν το IAA παρουσία  $Mn^{2+}$  και μονοϋδρικών φαινολικών ουσιών όπως φαινόλη, ο-κρεσόλη, ρεσορσινόλη κ.ά., φαινολικές ουσίες οι οποίες χρησιμεύουν ως δέκτες ηλεκτρονίων. Οι μονοφαινόλες λοιπόν φαίνεται ότι προάγουν την από την POD εξαρτώμενη οξειδωση του IAA ενώ οι πολυφαινόλες την μειώνουν. Η POD και μάλιστα οι κατιονικές μορφές της φαίνεται ότι έχουν θέση κατάλυσης για το IAA στο μόριό τους. Σύμφωνα μάλιστα και με κάποιους ερευνητές η ενεργότητα της POD μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης του επιτυχούς πολλαπλασιασμού του φυτού. Η μειωμένη ενεργότητα του ενζύμου σχετίζεται με αυξημένα επίπεδα αυξίνης κατά τη φάση επαγωγής – έναρξης σχηματισμού, ενώ ακολούθως αυξημένη ενεργότητα σχετίζεται με μειωμένα επίπεδα αυξίνης κατά τη φάση αύξησης των ριζών. Αυτό οδήγησε ουσιαστικά στο συμπέρασμα ότι απαιτείται υψηλή συγκέντρωση αυξίνης κατά τα αρχικά στάδια επαγωγής – έναρξης σχηματισμού ριζικών αρχεγόνων και μειωμένη συγκέντρωση αργότερα. Τα IAA, IBA και NAA μπορούν επίσης να οξειδωθούν παρουσία ριβοβλαβίνης, μέσω διαδικασιών φωτοοξειδωσης. Η ρύθμιση βέβαια της συγκέντρωσης της αυξίνης μπορεί να επιτευχθεί και με άλλον τρόπο όπως είναι η σύζευξή της με άλλα μόρια. Η δέσμευση των αυξινών σε μόρια με αμινοξέα, αλκοολοσάκχαρα (μυο-ινοσιτόλη) κτλ προστατεύει αυτές από την οξειδωση ενώ παράλληλα δρα και ως μια αποθήκη αυξινών, αφού μετά από υδρόλυση μπορεί να απελευθερωθεί η ελεύθερη όξινη ενεργή αυξίνη.

Εκτός όμως από τα προαναφερθέντα ένζυμα έχει βρεθεί ότι ένα σύμπλοκο

## Π. Φύσος

πρωτεϊνών όπως η IAAoxidase, POD και PPO παίζει σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων καθώς επίσης ότι η παρουσία IAA και κατεχόλης ενεργοποιεί το σύμπλοκο αυτό με διαφορετικά όμως αποτελέσματα από είδος σε είδος (σε άλλα είδη έδωσε θετικά αποτελέσματα ενώ σε άλλα όχι). Η ενεργότητα της IAAoxidase φυσικά επηρεάζει τα ενδογενή επίπεδα της φυσικής αυξίνης (υπόστρωμα του ενζύμου) και έχει βρεθεί ότι η ενεργότητά της είναι υψηλότερη σε μοσχεύματα τα οποία ριζοβολούν σε υψηλότερο ποσοστό από αυτά που ριζοβολούν λίγο ή και καθόλου. Ο καταβολισμός λοιπόν της αυξίνης επηρεάζει τη ριζοβολία και αποδίδεται κυρίως στη δράση του ενζύμου αυτού. Η μέτρηση της ενεργότητας του ενζύμου αυτού στο χρόνο έδειξε ότι ο μεταβολισμός των αυξινών παίζει σπουδαίο ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων αφού όπως άλλωστε έχει ήδη αναφερθεί οι αυξίνες απαιτούνται περισσότερο κατά τη φάση επαγωγής - έναρξης σχηματισμού των ριζικών αρχεγόνων και λιγότερο στη φάση αύξησης αυτών, αφού μάλιστα μπορεί να δράσουν ακόμα και αρνητικά.

Η PPO είναι το ένζυμο το οποίο είναι κυρίως υπεύθυνο για την οξειδωση των φαινολικών ουσιών και ιδιαίτερα αυτών με διϋδρόξυ δομή στο μόριό τους. Παράλληλα όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι και υπεύθυνη για τη σύνθεση των ενώσεων αυτών από πρόδρομες μονοφαινόλες. Το γεγονός λοιπόν ότι το ένζυμο αυτό αυξάνεται κατά τα πρώτα στάδια της ριζογένεσης φαίνεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο, μιας και είναι υπεύθυνο τόσο για τη βιοσύνθεση των συνεργιστικών φαινολικών όρθο-διφαινολών όσο και για τον περαιτέρω καταβολισμό τους. Έτσι η σύνθεσή τους κατά τα πρώτα στάδια ίσως να έχει σκοπό την προστασία του ενδογενούς IAA από οξειδώσεις, ενώ ο καταβολισμός τους σε μετέπειτα στάδια ίσως οδηγεί στην οξειδωση πλέον του IAA από τα υπεύθυνα ένζυμα (POD, IAAoxidase) μιας και δεν θα υπάρχουν όρθο-διφαινόλες για να το προστατεύσουν από την

## Π. Φύσος

οξειδωση (λόγω της δράσης της PPO). Αυξημένη ενεργότητα της PPO κατά τη διάρκεια αυξημένης οξειδωσης φαιολικών ουσιών έχει αναφερθεί και συσχετιστεί με την έναρξη σχηματισμού ριζικών αρχεγόνων μέσω ιστολογικού εντοπισμού της ενεργότητας της PPO.

Από το σύνολο των προαναφερθέντων συμπεραίνουμε ότι ενζυμικά τα επίπεδα του IAA ελέγχονται όχι μόνο από το κυρίως ένζυμο για τον καταβολισμό του την IAAoxidase αλλά και από την POD και έμμεσα και την PPO. Από έρευνες που έχουν γίνει φαίνεται μάλιστα ότι το ποσοστό ριζοβολίας των μοσχευμάτων σχετίζεται με αυξημένη ενεργότητα IAAoxidase και POD και ότι ουσίες που προωθούν – αυξάνουν την ενεργότητα της IAAoxidase έχουν ως αποτέλεσμα αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας.

Εκτός όμως από τις οξειδοοδουκτάσες και άλλα ένζυμα παίζουν ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Λόγω του ότι η ριζογένεση είναι ενεργός λειτουργία και ότι όπως αναφέρθηκε σημαντικό ρόλο παίζουν οι οξειδοοδουκτάσες, γίνεται κατανοητός ο σπουδαίος ρόλος του οξυγόνου στην όλη διαδικασία. Τα ένζυμα cytochrome oxidase, succinic dehydrogenase και malate dehydrogenase παίζουν σημαντικό ρόλο, ως αναπνευστικά ένζυμα. Επιπλέον εφόσον απαιτείται ενέργεια κατά την αναπνοή, σημαντικό ρόλο παίζουν οι υδατάνθρακες που θα δούμε παρακάτω, αλλά και τα ένζυμα που εμπλέκονται τόσο στη βιοσύνθεσή τους όσο και στον καταβολισμό τους. Έτσι η ενεργότητα της αμυλάσης είναι πολύ σημαντική, ιδιαίτερα σε είδη που αποθηκεύουν άμυλο στους ιστούς τους σε μεγάλες ποσότητες, με την εφαρμογή αυξίνης να αυξάνει την ενεργότητα της αμυλάσης. Επίσης λόγω του ρόλου της σουκρόζης ως το διακινήσιμο εντός των ιστών του φυτού σάκχαρο, η invertase παίζει ρόλο, αφού υδρολύει τη σακχαρόζη σε γλυκόζη και φρουκτόζη που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα μοσχεύματα για την ενεργειακή υποστήριξη της ανάπτυξης των ριζών και την εν όλο διαδικασία ριζογένεσης. Για την έξοδο του



ριζικού αρχεγόνου από τους ιστούς απαιτούνται και ένζυμα τα οποία θα μπορέσουν να αμβλύνουν τα ανατομικά «εμπόδια» που θα συναντήσει στο δρόμο του το αρχέγονο, όπως είναι οι υδρολάσες (πηκτινάση, cellulose κτλ).

Από το παρόν κεφάλαιο γίνεται πλέον αντιληπτό ότι ο ρόλος των ενζύμων είναι σημαντικός και ότι είναι πολύπλοκα τα ενζυμικά συστήματα τα οποία παίζουν ρόλο στη ριζογένεση και ριζοβολία των μοσχευμάτων.

## 5 *Μεταχειρίσεις μητρικών φυτών*

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναφορά στις ουσίες οι οποίες φαίνεται ότι μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στη ριζογένεση των μοσχευμάτων. Όμως θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι όσο σωστές και διεξοδικά προγραμματισμένες και να είναι οι επεμβάσεις μας με διάφορες ενώσεις, το σημαντικότερο ρόλο στην ριζοβολία των μοσχευμάτων, τον παίζουν τα ίδια τα μοσχεύματα. Όπως αναφέρεται και στην πρώτη σελίδα «ένα μόσχευμα που είναι σχετικά καλό για ριζοβολία, δεν είναι ποτέ αρκετά καλό και για αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί». Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι δεν αρκεί η επέμβαση που θα κάνουμε μετά την κοπή των μοσχευμάτων, αν πρώτα δε διασφαλίσουμε τις συνθήκες εκείνες που επιτρέπουν τη βέλτιστη ανάπτυξη των μητρικών φυτών, από τα οποία θα προέλθουν τα μοσχευμάτα μας. Λέγοντας βέλτιστη ανάπτυξη δεν εννοούμε τις συνθήκες εκείνες που θα κάνουν το δένδρο μας παραγωγικό αλλά εκείνες τις ενέργειες που θα έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη βλαστών, οι οποίοι θα αποτελούν την καλύτερη δυνατή πηγή μοσχευμάτων προς ριζοβολία.

Η μεταχείριση των μητρικών φυτών προς παραγωγή άριστης ποιότητας μοσχευμάτων αποτελεί ξεχωριστό κεφάλαιο στον πολλαπλασιασμό των φυτών. Ως μεταχείριση των μητρικών φυτών εννοείται η καλλιέργεια αυτών υπό

περιβαλλοντικές και καλλιεργητικές συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη καταλλήλων μοσχευμάτων.

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στις επεμβάσεις που μπορούμε να κάνουμε στο περιβάλλον ανάπτυξης των μητρικών φυτών καθώς και στις καλλιεργητικές εκείνες φροντίδες με στόχο την επίτευξη της υψηλότερης και καλύτερης δυνατής ριζοβολίας των μοσχευμάτων που θα προκύψουν από αυτά.

### 5.1 Επαγωγή νεανικότητας

Είναι πλέον γνωστό ότι βλαστοί οι οποίοι βρίσκονται σε νεανική φάση ριζοβολούν σε υψηλότερα ποσοστά από βλαστούς σε ενήλικη φάση. Σκοπός όσων ασχολούνται με τον πολλαπλασιασμό των φυτών είναι η επίτευξη όσο το δυνατόν υψηλότερου ποσοστού ριζοβολίας των μοσχευμάτων. Ένας τρόπος λοιπόν να επιτευχθεί αυτό είναι η επαγωγή νεανικότητας στα μητρικά φυτά, ώστε να αποτελέσουν πηγή νεανικού πολλαπλασιαστικού υλικού, με προδιαγραφές υψηλού ποσοστού ριζοβολίας. Η επαγωγή νεανικότητας σε μητρικά φυτά μπορεί να γίνει με παραγωγή φυτών από επίκτητους οφθαλμούς σε τεμάχια ριζών, μετά από ψεκασμό με φυτορυθμιστικές ουσίες (κυρίως γιββερελλίνες – προσοχή όμως στην ανασταλτική δράση της γιββερελλίνης στη ριζοβολία των μοσχευμάτων), χρησιμοποιώντας σφαιροβλάστες (σε όσα φυτά παράγουν σφαιροβλάστες), με εμβολιασμό πάνω σε υποκείμενα που βρίσκονται σε νεανική φάση, μέσω ιστοκαλλιέργειας ή μέσω γενετικής μηχανικής. Θα πρέπει επίσης να γνωρίζουμε ότι η ικανότητα ριζοβολίας σε μητρικά φυτά τα οποία μορφώνονται σε φυτοφράκτη εξαρτάται κυρίως από τη θέση των μοσχευμάτων πάνω στο φυτό παρά από τη ζωνρότητα αυτών. Θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι οι λιγότερο ζωνροί βλαστοί (κυρίως αυτοί που αναπτύσσονται πλάγια) είναι αυτοί που θα δώσουν υψηλότερα ποσοστά ριζοβολίας σε σχέση με

## Π. Φύσος

αυτούς που είναι πιο ζωηροί και αναπτύσσονται κατακόρυφα, πιθανόν λόγω διαφορών στη συγκέντρωση των ενδογενών γιββερελλινών. Επίσης το κλάδεμα και η μόρφωση των μητρικών φυτών σε φυτοφράκτη έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή πολλών λεπτών βλαστών οι οποίοι όμως χαρακτηρίζονται από υψηλή σχέση φύλλων:διάμετρο βλαστού, με αποτέλεσμα αυτοί οι βλαστοί να παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά ριζοβολίας (εφόσον η απώλεια ύδατος από τα φύλλα περιοριστούν στο ελάχιστο, ώστε τελικά να μην δράσει ανασταλτικά η μεγάλη επιφάνεια των φύλλων).

## 5.2 Έλεγχος περιβάλλοντος μητρικών φυτών

Το περιβάλλον ανάπτυξης των μητρικών φυτών παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα των μοσχευμάτων που θα πάρουμε. Η επάρκεια νερού, η ένταση και η διάρκεια φωτισμού και το έδαφος παίζουν ρόλο στην αύξηση και ανάπτυξη του φυτού και κατά συνέπεια στην παραγωγή καταλλήλων μοσχευμάτων.

### 5.2.1 Η επίδραση του νερού

Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του φυτού. Έχει βρεθεί καλή συσχέτιση μεταξύ κάποιων περιόδων ελαφριάς υδατικής καταπόνησης και ριζοβολίας μοσχευμάτων. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη συσσώρευση κάποιων ουσιών που ονομάζονται οσμωλύτες, οι οποίες ουσιαστικά χαμηλώνουν το οσμωτικό δυναμικό του φυτού ώστε να δημιουργηθεί ικανοποιητική διαφορά με αυτό του εδάφους και να μπορέσει έτσι το ριζικό σύστημα να απορροφήσει νερό υπό συνθήκες ελαφριάς υδατικής έλλειψης. Αυτές οι ουσίες (όπως η προλίνη, γλυσίνη της βεταΐνης, αλκοολοσάκχαρα) μπορεί πέραν του ρόλου τους ως οσμωλύτες να λειτουργούν και ως υποστρώματα για τη ριζογένεση των μοσχευμάτων, ως πηγές ενέργειας αλλά παράλληλα να βοηθούν τα μοσχεύματα να αντεπεξέλθουν το αρχικό σοκ μετά την

*Π. Φύσσης*

κοπή τους από το μητρικό φυτό, όσον αφορά την τροφοδοσία τους με νερό. Μετά την κοπή των μοσχευμάτων από το μητρικό φυτό παρατηρείται συσσώρευση κυρίως στη ζώνη ριζοβολίας, σακχάρων, διαλυτών αζωτούχων ενώσεων, φαινολικών ουσιών κ..ά. Υπό συνθήκες λοιπόν χαμηλής διαθεσιμότητας νερού το μητρικό φυτό και το μόσχευμα κατ' επέκταση μπορεί να επιδείξουν ιδιαίτερες μεταβολικές αλλαγές, που να επηρεάσουν τη ριζοβολία στην πολλαπλασιαστική μονάδα. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε βέβαια ότι η υδατική καταπόνηση που μπορεί να υποστεί ένα μητρικό φυτό δεν επηρεάζει μόνο τους οσμωλύτες αλλά και την ισορροπία των ενδογενών φυτορρυθμιστικών ουσιών, με αποτέλεσμα να μην είναι εκ των προτέρων διαγεγραμμένη η επίδρασή της στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Επιπλέον οι διάφορες έρευνες μιλάνε για ελαφριά υδατική καταπόνηση, κάτι το οποίο δεν έχει μόνο άμεση σχέση με τη διαθεσιμότητα του νερού σε συγκεκριμένο τύπο εδάφους, αλλά και με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στη συγκεκριμένη περιοχή τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο (ουσιαστικά η εποχή του χρόνου) αλλά και την ευαισθησία ή ανθεκτικότητα του είδους στην υδατική καταπόνηση.

*5.2.2 Η επίδραση της θερμοκρασίας*

Υπάρχουν πολλές εργασίες οι οποίες υποβαθμίζουν το ρόλο της θερμοκρασίας ανάπτυξης των μητρικών φυτών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων που προκύπτουν από αυτά. Δεν πρέπει όμως να ξεχνάμε ότι η θερμοκρασία είναι ένας πολύ σημαντικός και συνάμα δύσκολος παράγοντας να μελετηθεί αφού α) επηρεάζει την ταχύτητα ανάπτυξης του μητρικού φυτού με αποτέλεσμα να έχουμε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης σε μια δεδομένη χρονική στιγμή μεταξύ μοσχευμάτων από μητρικά φυτά που αναπτύχθηκαν υπό διαφορετικές θερμοκρασίες β) ανάλογα με το είδος του φυτού και το φύλλωμά του υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στη μετρούμενη

θερμοκρασία φύλλου και στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα και γ) υπάρχουν σαφείς και πολλές φορές μεγάλες διαφορές ανάμεσα στη θερμοκρασία ανάπτυξης του μητρικού φυτού και τη θερμοκρασία εντός της πολλαπλασιαστικής μονάδας (π.χ. υδρονέφωσης) με αποτέλεσμα να έχουμε και αντιδράσεις των μοσχευμάτων όταν αυτά μεταφέρονται εντός της μονάδος, οι οποίες δεν μπορούν να υπολογιστούν ή να ληφθούν υπόψη πριν τη μεταφορά τους εκεί.

### 5.2.3 Ένταση φωτισμού – Σκίαση

Η διάρκεια και η ένταση φωτισμού παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, οπότε είναι αναπόφευκτο αφού επηρεάζει την ανάπτυξη των μητρικών φυτών, έμμεσα να επηρεάζει και τη ριζοβολία των μοσχευμάτων που προκύπτουν από τους βλαστούς αυτών των φυτών.

Γενικά η επίδραση της ακτινοβολίας μελετάται σε τέσσερα κυρίως επίπεδα τα οποία όμως αλληλοκαλύπτονται ή αλληλοσυμπληρώνονται πολλές φορές: α) φωτισμός έναντι συσκότισης – σκίασης β) επιλεκτικό φιλτράρισμα του ηλιακού φωτός γ) φωτισμός θαλάμων ανάπτυξης και δ) επίδραση του μήκους κύματος και της φωτοπεριόδου.

Η υψηλή ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μείωση των επιπέδων της φυσικής αυξίνης IAA και έτσι να προκαλέσει αλλαγές στη συμπεριφορά των μοσχευμάτων. Επιπλέον επηρεάζει και τις υδατικές σχέσεις του φυτού, με αποτέλεσμα όλες τις μεταβολικές αλλαγές που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Όμως η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας δεν έχει μόνο αρνητικές επιπτώσεις αλλά και θετικές, αφού προωθεί τη σύνθεση φαινολικών ουσιών, που όπως αναφέρθηκε δρουν πολλές φορές συνεργιστικά της αυξίνης στην προώθηση της ριζοβολίας των μοσχευμάτων.

Η φωτοπερίοδος παίζει σπουδαίο ρόλο όπως γνωρίζουμε στη φωτοσύνθεση των φυτών οπότε και αυτή εμμέσως επηρεάζει τη σύνθεση οργανικών ενώσεων οι οποίες εμπλέκονται στη ριζογένεση.

Το σημαντικότερο όμως ρόλο φαίνεται να παίζει η ένταση φωτισμού, όσον αφορά όμως τη μείωση αυτής. Έχει βρεθεί ότι η σκίαση (συσκότιση) των μητρικών φυτών, είτε αυτή είναι ολική ή μερική επηρεάζει τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, στις περισσότερες περιπτώσεις θετικά. Ως ολική σκίαση νοείται η σκίαση όλου του φυτού σε διάφορα ποσοστά της ολικής προσπίπτουσας ακτινοβολίας (0-100%) ενώ μερική νοείται η σκίαση του τμήματος εκείνου του βλαστού το οποίο θα αποτελέσει τη βάση του μοσχεύματος (Σχήμα 9). Ενώ αμέσως γίνεται αντιληπτό ότι με την ολική σκίαση μειώνεται η φωτοσύνθεση και άρα η παραγωγή οργανικών ενώσεων οι οποίες εμπλέκονται στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, συμβαίνουν και άλλες βιοχημικές αλλαγές οι οποίες φαίνεται ότι δρουν ευεργετικά αντισταθμίζοντας τις όποιες αρνητικές επιπτώσεις (Εικόνα 10).



Σχήμα 9. Σχηματική παράσταση μερικής και ολικής σκίασης μητρικού φυτού.



Η πρώτη ορατή αντίδραση των φυτών στη σκίαση είναι γενικά η χλωρωτική εμφάνιση και οι μαλακοί-υδαρείς ιστοί. Η σκίαση των μητρικών φυτών σε ορισμένα φυτά αύξησε το άμυλο στους ιστούς (αφού τα σάκχαρα δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα λόγω μειωμένου ρυθμού ανάπτυξης) χωρίς να επηρεάσει την ανατομία του βλαστού.



*Εικόνα 10. Σκίαση μητρικών φυτών σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης των βλαστών (δεξιά).*

Από έρευνες που έχουν γίνει φαίνεται ότι η σκίαση αυξάνει την ευαισθησία στην εφαρμογή αυξίνης, ενώ δεν παράγεται πολύ λιγνίνη, με αποτέλεσμα οι φαινολικές ενώσεις να μην καταναλίσκονται στη σύνθεση αυτής και να χρησιμεύουν ως συνεργιστές ριζοβολίας. Παράλληλα η σκίαση προωθεί την αναλογία φύλλων:διάμετρο βλαστού, κάτι που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως αποτελεί

Π. Φύσος

σημαντικό κριτήριο ευκολίας στη ριζοβολία, εφόσον προστατευθεί η σπαργή των φύλλων. Σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα υπήρξε εμφάνιση ριζικών καταβολών στο βλαστό πριν ακόμα αυτός αποκοπεί από το φυτό.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι δε σκιάζουμε σε ποσοστό 100% αλλά σε ποσοστά περίπου 95-98% (η πλήρης σκίαση δεν προσφέρει κάτι παραπάνω) από τα αρχικά στάδια ανάπτυξης του βλαστού (κατά την έκπτυξη των οφθαλμών). Αφού οι βλαστοί αποκτήσουν ένα μήκος περίπου 7 εκατοστά τότε σταδιακά μειώνουμε τη σκίαση προς σκληραγώγηση των βλαστών πριν την κοπή των μοσχευμάτων. Ο χρόνος σκίασης γενικά ποικίλει από είδος σε είδος, αλλά ξεκινά πριν την έκπτυξη των οφθαλμών και διαρκεί περίπου τρεις εβδομάδες (μπορεί σε μερικές περιπτώσεις και περισσότερο).

Η έκθεση στο ηλιακό φως αμέσως μετά τη σκίαση επιφέρει γρήγορα επαναπρασίνισμα χωρίς να επιδρά αρνητικά στο ποσοστό ριζοβολίας. Όσο περνάει όμως ο καιρός υπό συνθήκες φωτισμού τόσο μειώνεται το ποσοστό ριζοβολίας, όντας όμως πάντα υψηλότερο στους βλαστούς εκείνους που σκιάστηκαν έναντι αυτών που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες άπλετου φωτισμού, καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής τους υπό συνθήκες φωτισμού.

Η μερική σκίαση των βλαστών γίνεται με τη βοήθεια αδιαφανών ταινιών λίγο κάτω από την αναπτυσσόμενη κορυφή. Αυτό έχει αποδειχτεί αποτελεσματικότερο από το να τοποθετηθεί αργότερα στη βάση του βλαστού, λόγω του ότι ο λιγότερο διαφοροποιημένος ιστός (στην αρχή της έκπτυξης των οφθαλμών) είναι πιο επιδεκτικός στη σκίαση από τον πιο ώριμο και πιο διαφοροποιημένο με αποτέλεσμα υψηλότερα ποσοστά ριζοβολίας. Η αύξηση του πλάτους της ταινίας έχει αποδειχτεί ότι δίνει καλύτερα αποτελέσματα από πιο λεπτή ταινία, ενώ η αδιαφανής ταινία δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τη διαφανή. Επιπλέον καλύτερα αποτελέσματα έχουν

Π. Φύσος

επιτευχθεί με τις ταινίες Velcro (σκρατς) όταν αυτές εμποτίζονται με σκόνη ριζοβολίας (σκεύασμα IBA), πιθανόν λόγω των μικρών οδόντων τα οποία μπορούν να εισέρχονται μέσα στον τρυφερό ιστό εφοδιάζοντάς τον με αυξίνη. Το θετικό της μερικής σκίασης είναι ότι οι βλαστοί γίνονται πιο ανθεκτικοί και προσαρμόζονται πιο εύκολα στην πλήρη ηλιοφάνεια, είναι πιο ανθεκτικοί σε μυκητολογικές προσβολές όπως ο βοτρυτής (αφού είναι λιγότερο υδαρείς) και ανθίστανται ευκολότερα στα υψηλά επίπεδα έντασης ηλιακής ακτινοβολίας, αφού καθ' όσον καιρό αυξάνονται επί του μητρικού φυτού δημιουργούνται στα φύλλα όλες εκείνες οι προστατευτικές στρώσεις που τους προστατεύουν από εγκαύματα αλλά και έντονη απώλεια νερού.

Σε αρκετές περιπτώσεις η ολική σκίαση έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα από τη μερική (είναι και πιο εύκολη στην εφαρμογή της) ενώ ο συνδυασμός και των δύο δίνει καλύτερα αποτελέσματα από κάθε μία χωριστά.

Τι συμβαίνει όμως κατά τη σκίαση ώστε οι βλαστοί που θα αποτελέσουν την πηγή των μοσχευμάτων να παρουσιάζουν υψηλότερα ποσοστά ριζοβολίας?

Οι ανατομικές αλλαγές που παρατηρούνται με τη σκίαση είναι η έλλειψη χλωροφύλλης, το αυξημένο μήκος των μεσογονατίων, αυξημένη υδαρότητα (ενυδάτωση) και μείωση της μηχανικής αντοχής του βλαστού, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό του αδιαφοροποίητου παρεγχύματος. Επιπλέον οι συσκοτισμένοι βλαστοί παρουσιάζουν μειωμένο πάχος κυτταρικών τοιχωμάτων και έλλειψη του συνεχούς δικτύου ινών καθώς και λιγότερο ξυλοποιημένους ιστούς. Μελλοντικά αυτό που θα πρέπει να μελετηθεί είναι α) η επίδραση της σκίασης στην αναλογία αδιαφοροποίητου παρεγχυματικού ιστού στο περικύκλιο και στον ηθμό, που είναι οι ζώνες σχηματισμού των ριζικών αρχεγόνων και β) η επίδραση της σκίασης στην παραγωγή σουμπερίνης ή άλλων ουσιών που μπορεί να εμποδίζουν την έξοδο των ριζών. Ειδικά η πρώτη περίπτωση είναι πολύ σημαντική, αφού αδιαμφισβήτητα η

*Π. Φύσος*

απουσία θέσεων έναρξης σχηματισμού ριζικών αρχεγόνων είναι σημαντικότερος παράγοντας από την παρουσία σκληρογυματικού δακτυλίου.

Η ριζογένεση όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο περιλαμβάνει την αποδιαφοροποίηση κυττάρων και επαναπρογραμματισμό τους, ώστε να διαφοροποιηθούν εκ νέου και να σχηματίσουν τα ριζικά αρχέγονα. Από τη φύση τους τα μεριστωματικά κύτταρα είναι αδιαφοροποίητα, έτσι μπορούμε να πούμε ότι βρίσκονται ένα στάδιο πιο κοντά στην ανάπτυξη των ριζικών αρχεγόνων. Οι σκιασμένοι ιστοί από ανατομικής απόψεως έχουν λιγότερο διαφοροποιημένα κύτταρα και άρα είναι πιο εύκολο να μεταπέσουν αυτά τα κύτταρα σε κατάσταση που ευνοεί το σχηματισμό ριζικών αρχεγόνων.

Παρόλο όμως που βλαστοί με τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην αρχή προηγούμενης παραγράφου παρουσιάζουν αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι οι αλλαγές αυτές είναι η κύρια αιτία αυτών των υψηλών ποσοστών ριζοβολίας, πιθανόν γιατί εκτός από τις ανατομικές αλλαγές ταυτόχρονα επισυμβαίνουν και βιοχημικές αλλαγές εντός των βλαστών, οι οποίες και αυτές επηρεάζουν τη ριζογένεση.

Στην προσπάθεια να μελετηθούν οι βιοχημικές αλλαγές που συμβαίνουν εντός των συσκοτισμένων βλαστών, παρατηρήθηκε ότι οι ρίζες σε βλαστούς που υπέστησαν μερική σκίαση, εμφανίζονταν στην περιοχή της σκίασης, με αποτέλεσμα να εξαχθεί πρώιμα το συμπέρασμα ότι ένας μη διακινήσιμος παράγοντας ήταν ο υπεύθυνος για τη ριζοβολία των βλαστών αυτών. Σε περαιτέρω πειράματα όμως αποδείχθηκε ότι δημιουργία ριζών μπορούμε να έχουμε και κάτω από τη ζώνη σκίασης. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αν κάποιος παράγοντας συντίθεται στη ζώνη σκίασης αυτός μπορεί να μετακινηθεί προς τα κάτω (διήθηση – παθητική ή και ενεργός μεταφορά) και να προκαλεί σχηματισμό ριζικών καταβολών και κάτω από το σημείο σκίασης.



*Π. Φύσος*

Σημαντικό ρόλο φαίνεται λοιπόν να παίζουν βιοχημικοί παράγοντες όπως είναι η «ενεργότητα» της ενδογενούς αυξίνης και η συγκέντρωση των δευτερογενών μεταβολιτών. Στους συσκοτισμένους βλαστούς η «ενεργότητα» της αυξίνης βρέθηκε να είναι υψηλότερη ενώ υπάρχουν βέβαια και αναφορές όπου δεν ανιχνεύθηκε καμία σημαντική διαφορά. Με το κόψιμο όμως των μοσχευμάτων από βλαστούς που δέχθηκαν την επίδραση της σκίασης παρατηρήθηκε γρηγορότερη αύξηση της συγκέντρωσης της ενδογενούς αυξίνης με παράλληλα αυξημένο αριθμό ριζών. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι η σκίαση βοηθά την γρηγορότερη απορρόφηση της αυξίνης από το διάλυμα, πιθανόν λόγω μικρότερου βαθμού ξυλοποίησης. Η συγκέντρωση του IAA βρέθηκε να κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος του μοσχεύματος από σκιασμένα φυτά ενώ σε μοσχεύματα από φυτά που αναπτύχθηκαν σε άπλετο φυσικό φως η αυξίνη ήταν συσσωρευμένη στη βάση του μοσχεύματος. Πιθανόν σε αυτή την κατανομή της αυξίνης εντός του μοσχεύματος να οφείλεται και η παρουσία σκόρπιων ριζών σε μοσχεύματα από σκιασμένα φυτά.

Σε προηγούμενο κεφαλαίο αναλύθηκαν τα στάδια της ριζογένεσης και αναφέρθηκε η απαίτηση του πρώτου σταδίου στην παρουσία αυξίνης ενώ το δεύτερο στάδιο της αύξησης των ριζών δεν απαιτεί αυξίνη. Βρέθηκε όμως ότι ο φωτισμός μειώνει σε πολλά είδη την ικανότητα της αυξίνης να προκαλεί ριζοβολία, με αποτέλεσμα πολλοί ερευνητές να αναρωτιούνται μήπως ο φωτισμός μειώνει την «ευαισθησία» στην αυξίνη, με αποτέλεσμα για τα ίδια αποτελέσματα όσον αφορά τα ποσοστά ριζοβολίας, να απαιτείται υψηλότερη συγκέντρωση αυξίνης σε μοσχεύματα από φυτά που αναπτύχθηκαν υπό συνθήκες άπλετου φωτισμού σε σχέση με αντίστοιχα από σκιασμένα φυτά. Η σκίαση λοιπόν είτε αυξάνει την «ενεργότητα» της αυξίνης ή/και την «ευαισθησία» του ιστού στην παρεχόμενη αυξίνη.

Εκτός όμως από την επίδραση της σκίασης στην αντίδραση του μοσχεύματος στην

## Π. Φύσος

εφαρμοζόμενη αυξίνη, αρκετές έρευνες έχουν δείξει ότι επιδρά και στα επίπεδα των συνεργιστών ριζοβολίας, ενώ υπάρχουν και άλλες στις οποίες δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ της σκίασης και των επιπέδων των συνεργιστών ριζοβολίας. Γνωρίζοντας πλέον το ρόλο των φαινολικών ουσιών στη ριζογένεση, πολλοί ερευνητές προτείνουν, βασισμένοι στο ρόλο των φαινολικών ουσιών στη λιγνινοποίηση, ότι εφόσον η σκίαση επηρεάζει το μεταβολισμό των φαινολικών ουσιών, θα δημιουργεί ανατομικές αλλαγές οι οποίες θα επηρεάζουν τη ριζογένεση. Πολλοί πιθανολογούν ότι οι όρθο-διϋδρόξυ φαινολικές ενώσεις αυξάνονται κατά τη σκίαση ως ποσοστό των συνολικών φαινολικών ενώσεων, με άμεση επίδραση επί των ενζύμων που παίζουν ρόλο στη ριζογένεση (PPO, POD, IAAoxidase). Υπάρχουν όμως εργασίες στις οποίες γίνεται λόγος για αύξηση φαινολικών ουσιών με αναμενόμενη μείωση της ενεργότητας της IAAoxidase και της POD χωρίς όμως να προωθείται η ριζοβολία των μοσχευμάτων, ιδιαίτερα υπό συνθήκες φωτισμού των μητρικών φυτών. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η επίδραση τελικά των φαινολικών ουσιών και έμμεσα των ενζύμων που εμπλέκονται στη ριζοβολία μοσχευμάτων έχει σχέση με το φωτισμό ή μη των μητρικών φυτών ως έναν βαθμό.

Αυτό που τελικά όμως μένει να απαντηθεί είναι το πώς επηρεάζει τελικά η σκίαση του υποδοχείς του ερεθίσματος της εφαρμοζόμενης αυξίνης και πως τελικά διαμορφώνονται τα ποσοστά ριζοβολίας σε σχέση με την ευαισθησία αυτών των υποδοχέων.

### 5.3 Η επίδραση της θρεπτικής κατάστασης των μητρικών φυτών

Η θρεπτική κατάσταση των μητρικών φυτών επηρεάζει τόσο την ανάπτυξή τους όσο και την απόδοση των μοσχευμάτων τους κατά τη ριζοβολία. Η σημασία τόσο των



## Π. Φύσος

ανόργανων θρεπτικών στοιχείων όσο και των οργανικών ενώσεων, κυρίως των υδατανθράκων είναι μεγάλη, καθώς πολλές από τις αντιδράσεις που αναφέρθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια όπως επίσης και τα δύο στάδια της ριζογένεσης, επηρεάζονται σημαντικά από τη συγκέντρωση συγκεκριμένων θρεπτικών στοιχείων κατά την εκάστοτε φάση.

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε ξεχωριστά τις επιδράσεις των θρεπτικών στοιχείων και των υδατανθράκων στη ριζογένεση των μοσχευμάτων.

### 5.3.1 *Επίδραση της ανόργανης θρέψης των μητρικών φυτών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων τους.*

Από τότε που άρχισε η επιστημονική ανάλυση της ριζογένεσης μοσχευμάτων έγινε αμέσως φανερό ότι η σχέση υδατανθράκων (οργανικού άνθρακα) και αζώτου (C/N) έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ευκολία ή μη της ριζοβολίας των μοσχευμάτων. Μάλιστα η διερεύνηση της σχέσης αυτής έφτασε σε τέτοια επίπεδα που πλέον δεχόμαστε ότι προωθείται η ριζοβολία των φυλλοφόρων μοσχευμάτων στην υδρονέφωση όταν τόσο οι υδατάνθρακες όσο και το άζωτο βρίσκονται σε επίπεδα επάρκειας, ενώ αν το άζωτο είναι στα όρια της επάρκειας ή μερικής έλλειψης τότε προωθείται η ριζοβολία ξυλοφόρων μοσχευμάτων. Θα πρέπει όμως να γνωρίζουμε ότι η επάρκεια του αζώτου είναι σημαντική και μάλιστα θεωρείται ιδανική για τη ριζοβολία μοσχευμάτων και ότι παράλληλα το ζητούμενο είναι η υψηλή τιμή του λόγου C/N. Δεν πρέπει να ξεπερνά ούτε να υπολείπεται των ορίων επάρκειας. Υπάρχουν παρόλα αυτά όμως αναφορές όπου ο λόγος αυτός δεν αποδείχθηκε σημαντικός για τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, αλλά σε γενικές γραμμές θεωρούμε ότι κατά κανόνα ισχύει η επίδραση αυτή του λόγου στη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

Από τα προηγούμενα γεννάται λοιπόν το ερώτημα, πως μπορούμε εμείς να

Π. Φύσσης

επηρεάσουμε το λόγο αυτό υπέρ των υδατανθράκων κρατώντας σε επίπεδα επάρκειας τη συγκέντρωση του αζώτου στους ιστούς. Οι τρόποι που μπορούμε να επιτύχουμε αυτό είναι οι παρακάτω:

- μειώνοντας την αζωτούχο λίπανση μειώνουμε τα επίπεδα αζώτου και έχουμε έτσι παραγωγή και συσσώρευση υδατανθράκων σε μικρότερη μάζα βλαστών με αποτέλεσμα υψηλότερη συγκέντρωση υδατανθράκων και κατά συνέπεια υψηλότερο λόγο C/N, και γενικά ισχύει ότι οποιαδήποτε τακτική λίπανσης αυξάνει τη ζωηρότητα των βλαστών μειώνει τα ποσοστά ριζοβολίας αυτών
- Επιλέγοντας πλάγιους βλαστούς με μικρότερη ζωηρότητα με μικρότερο ρυθμό αύξησης και άρα μικρότερη κατανάλωση υδατανθράκων (ώστε να υποστηρίξουν την αναπτυσσόμενη βλάστηση) και έτσι έχουμε υψηλότερα ποσά υδατανθράκων στο μόσχευμα και τέλος
- Αυξάνοντας ουσιαστικά τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των μητρικών φυτών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί:
  - είτε μέσω αύξησης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (όπου είναι εφικτό και σε όσα φυτά επιτρέπει η περαιτέρω αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, όταν δεν έχουμε φτάσει δηλαδή στον κορεσμό της αφομοίωσης του διοξειδίου του άνθρακα ξεπερνώντας τη τιμή της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας που επιτρέπει τη μέγιστη φωτοσυνθετική δραστηριότητα),
  - είτε αυξάνοντας τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (αυτό βέβαια μόνο για μητρικά φυτά τα οποία αναπτύσσονται εντός θερμοκηπίου).

Εκτός όμως από τη σχέση αυτή μεταξύ υδατανθράκων και αζώτου, το απαραίτητο του αζώτου έχει να κάνει με τη σύνθεση των αμινοξέων, των πολυαμινών, των νουκλεϊκών οξέων κ.ά. Έχει βρεθεί ότι μικρού μοριακού βάρους αζωτούχες ενώσεις (αμινοξέα, πυριμιδίνες, πολυαμίνες κτλ) επηρεάζουν ποικιλοτρόπως τη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Η μορφή του αζώτου (νιτρικά, αμμωνιακά ιόντα ή οργανικό άζωτο) όπως και των υδατανθράκων (άμυλο ή απλά σάκχαρα) παίζουν σημαντικό ρόλο και μάλιστα σπουδαιότερο από την ολική ποσότητα που χρησιμοποιείται κατά τη ριζοβολία και που μπορούμε εμείς να χρησιμοποιήσουμε σε εξωγενή εφαρμογή (αζωτούχα λιπάσματα). Από τις ανόργανες μορφές αζώτου η νιτρική μορφή φαίνεται να παίζει σημαντικότερο ρόλο από την αμμωνιακή ενώ η εφαρμογή εξωγενώς στη βάση του μοσχεύματος σακχαρόζης ανατρέπει τις δυσμενείς επιδράσεις της υψηλής συγκέντρωσης αζώτου ενδογενώς. Η εφαρμογή αυξίνης αυξάνει αλλά και αλλάζει τη χρησιμοποίηση του αζώτου στα μοσχεύματα, με αποτέλεσμα πολλές φορές να παρατηρείται αύξηση, συσσώρευση αμινοξέων στη βάση των μοσχευμάτων, κυρίως λόγω διάσπασης των πρωτεϊνών που βρίσκονται σε ιστούς πλησίον της ανατομικής ζώνης ριζογένεσης με το κύριο αμινοξύ να είναι η αργινίνη.

Το επίπεδο του αζώτου στα μοσχεύματα δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της ριζογένεσης, τουλάχιστον μέχρι τη στιγμή της εμφάνισης των ριζών. Το μόνο που αλλάζει είναι η χρήση αυτού. Η αλλαγή της χρήσης του αζώτου καθίσταται εμφανής, αφού μπορεί να μετατρέπεται κατά τη διάρκεια της ριζογένεσης σε ανόργανο ή οργανικό, αμινοξέα ή πρωτεΐνες, με αποτέλεσμα να έχει παρατηρηθεί υψηλή συγκέντρωση προλίνης σε μοσχεύματα που μόλις ριζοβόλησαν, ενώ λίγο πριν τη ριζοβολία το κύριο αμινοξύ που ανιχνεύονταν ήταν η αργινίνη. Τα αμινοξέα γενικότερα φαίνεται ότι παίζουν κάποιο ρόλο αλλά δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο ποιος

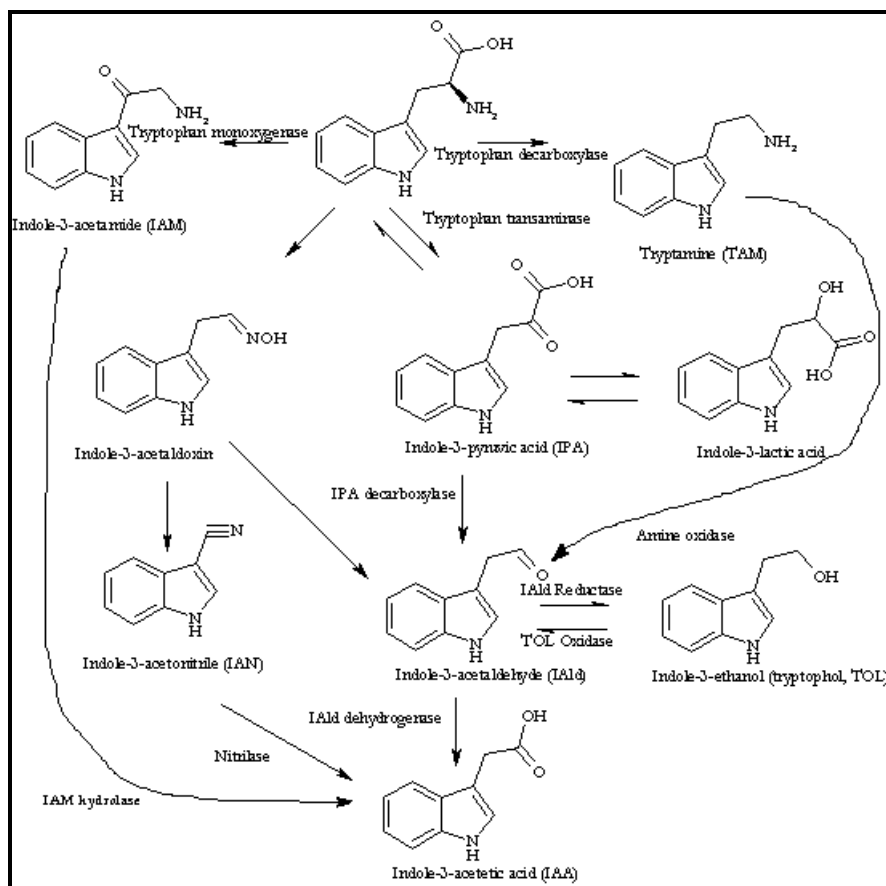
*Π. Φύσσης*

είναι αυτός, παρόλο που έχουν αναφερθεί υψηλές συγκεντρώσεις ιστιδίνης, αργινίνης κ.ά. στη βάση δύσκολων να ριζοβολήσουν μοσχευμάτων.

Σύμφωνα με στοιχεία κάποιων ερευνητών μητρικά φυτά τροφοπενιακά σε άζωτο παρείχαν μοσχεύματα με υψηλό δυναμικό ριζοβολίας, ενώ το αντίθετο παρατηρήθηκε όταν τα φυτά παρουσίαζαν τροφοπενίες καλίου, φωσφόρου, μαγνησίου και ασβεστίου, με τελικά τη σημαντικότερη θετική επίδραση στη ριζοβολία να έχει η τροφοπενία αζώτου και τη μεγαλύτερη αρνητική επίδραση να έχει η τροφοπενία ασβεστίου. Παρόλο όμως που τα αποτελέσματα αυτά είναι αρκετά χρόνια γνωστά, δεν έχουν συνδεθεί άμεσα με τη βιοσύνθεση ενδογενώς οργανικών ενώσεων που αποδεδειγμένα παίζουν ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, παρόλο που είναι γνωστό από πειράματα πέραν αυτών που έχουν στόχο τη διερεύνηση της ριζοβολίας των μοσχευμάτων, ότι οι καταστάσεις τροφοπενίας παίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνθεση τρυπτοφάνης (προδρόμου ενώσεως του IAA)(Σχήμα 10) και των σακχάρων. Γενικότερα όμως δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία γύρω από το θέμα θρέψη μητρικών φυτών, παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών – συνεργιστών ριζοβολίας και ριζοβολία μοσχευμάτων.

Θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι η εφαρμογή θρεπτικών στοιχείων κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας μπορεί να μην επηρεάζει τα ποσοστά ριζοβολίας σε μεγάλο βαθμό αφού τα ενδογενή θρεπτικά στοιχεία κινούνται βασιπετάλως προς τη ζώνη ριζοβολίας, ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή αυξίνης στη βάση του μοσχεύματος. Η παροχή όμως βορίου και ασβεστίου μπορεί να επηρεάσει τη ριζοβολία των μοσχευμάτων αφού τα δύο αυτά στοιχεία δεν μετακινούνται εύκολα δια μέσου του ηθμού (βασιπετάλως) και ίσως εφαρμογή αυτών στη βάση του μοσχεύματος να έχει θετική επίδραση επί του ποσοστού ριζοβολίας.

Π. Φούσος



Σχήμα 10. Βιοσυνθετική οδός IAA.

Η εφαρμογή βορίου σε φυτά που παρουσίαζαν τροφοπενία είχε ως αποτέλεσμα υψηλά ποσοστά ριζοβολίας. Παράλληλα από κάποια πειράματα φάνηκε ότι η αυξίνη μόνη της δεν αρκούσε ώστε να προωθήσει τη ριζοβολία των μοσχευμάτων, πέραν του σταδίου σχηματισμού ριζικών καταβολών, όταν έλειπε το βόριο. Το βόριο παίζει σημαντικό ρόλο στη μεταφορά των σακχάρων στη ζώνη ριζοβολίας όπως επίσης και επηρεάζει τη διαπερατότητα των μεμβρανών και την ενεργότητα ενζύμων που εμπλέκονται στη βιοσύνθεση των φαινολικών ουσιών (PAL), των αυξινών (IAAoxidase), της λιγνίνης (POD), των σακχάρων και νουκλεϊκών οξέων αλλά σημαντικό ρόλο παίζει επίσης στη διατήρηση των κυτταρικών διαιρέσεων και την οργάνωση, στον αριθμό και στην αύξηση των ριζικών αρχηγόνων. Επιπλέον το βόριο έχει τη δυνατότητα να ενώνεται με ενώσεις που παρουσιάζουν cis-hydroxyl

*Π. Φύσσης*

στερεοχημικό τύπο, όπως τα σάκχαρα (πλην της σακχαρόζης) και τις όρθο-διφαινόλες. Εφαρμογές με βόριο, αυξίνες και βιταμίνη D2 είχαν σαν αποτέλεσμα πιο γρήγορη αύξηση της ενεργότητας της POD που συνδέθηκε με τη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Η εφαρμογή βορίου μπορεί να γίνει τόσο στα μητρικά φυτά όσο και στα μοσχεύματα. Όταν εφαρμόζεται στα μοσχεύματα τότε είναι καλύτερο να εφαρμοστεί 24-48 ώρες μετά την εφαρμογή των αυξινών, όταν πλέον θα έχουν αρχίσει οι κυτταροδιαιρέσεις εξαιτίας της αυξημένης συγκέντρωσης αυξινών. Το βόριο στο στάδιο αυτό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση των κυτταροδιαιρέσεων, την οργάνωση και την αύξηση των ριζικών αρχηγόνων. Επιδρώντας μάλιστα έμμεσα (βλέπε σχέση βορίου και φαινολικών ουσιών και ρύθμιση της ενεργότητας της IAAoxidase και POD μέσω «απενεργοποίησης» αντιοξειδωτικής δράσης των φαινολικών ουσιών) στον οξειδωτικό καταβολισμό των αυξινών, επιδρά θετικά στην αύξηση του αριθμού αλλά και του μήκους των ριζικών αρχηγόνων. Φαίνεται λοιπόν ότι μάλλον το βόριο παίζει σπουδαιότερο ρόλο στη φάση αύξησης των ριζικών αρχηγόνων παρά στην φάση επαγωγής. Παραδόξως όμως σε αρκετά φυτά που εμφάνιζαν τροφопενία βορίου ανιχνεύθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αυξινών από φυτά μη τροφопενιακά. Επιπλέον της δράσης του βορίου στο καταβολισμό των αυξινών φαίνεται ότι παίζει ρόλο και στην ενεργότητα του κυτοχρώματος ενώ παράλληλα συμβάλει και στη σταθεροποίηση των μεμβρανών.

Παράλληλα και το ασβέστιο έπαιξε σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία κάποιων μοσχευμάτων και ιδιαίτερα στη φάση της αύξησης των ριζών, πιθανόν λόγω αυξημένης ενεργότητας υπεροξειδάσης που παρατηρήθηκε με την εφαρμογή του. Επιπλέον το γλωριούχο ασβέστιο συνεπενεργεί με το βόριο, όταν η συγκέντρωση του τελευταίου είναι σε χαμηλά επίπεδα, ώστε να προωθηθεί έτσι η ριζοβολία των μοσχευμάτων. Φαίνεται δηλαδή ότι το ασβέστιο αυξάνει την επίδραση του βορίου.



*Π. Φύσσος*

Επιπλέον ως δισθενές ιόν το ασβέστιο ανταγωνίζεται το μαγνήσιο στις θέσεις δέσμευσης εντός του φυτού. Αν μεγάλο ποσοστό του ασβεστίου αντικατασταθεί από το μαγνήσιο τότε δεν έχουμε ριζοβολία των μοσχευμάτων και αυτό αποδίδεται στο ρόλο του ασβεστίου στις κυτταροδιαιρέσεις, ρόλο τον οποίο δεν μπορεί να παίξει το μαγνήσιο.

Δεν είναι όμως μόνο τα συγκεκριμένα θρεπτικά στοιχεία που παίζουν σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Ο ψευδάργυρος παίζει και αυτός σημαντικό ρόλο, αφού προωθεί τη σύνθεση του αμινοξέος τρυπτοφάνη, το οποίο είναι πρόδρομη ένωση στη βιοσυνθετική οδό της φυσικής αυξίνης IAA. Αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας έχουν αναφερθεί και συσχετιστεί με αυξημένα επίπεδα τρυπτοφάνης, όμως δεν υπάρχουν κάποια επίπεδα ψευδαργύρου που να θεωρούνται κρίσιμα για τη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

Παράλληλα με τον ψευδάργυρο, σημαντικό ρόλο παίζει άλλο ένα ιχνοστοιχείο, το μαγγάνιο. Το μαγγάνιο όπως και το βόριο ενεργοποιεί την IAAoxidase, ώστε τελικά αυτά τα δύο ιχνοστοιχεία να ρυθμίζουν την ενζυμική οξείδωση του IAA από το προαναφερθέν ένζυμο. Η ενεργότητα της PPO φαίνεται να αυξάνεται παρουσία μαγγανίου (όπως και κοβαλτίου και χαλκού). Γνωρίζοντας ότι εκτός των άλλων η ριζοβολία μοσχευμάτων σχετίζεται από την «ενεργότητα» του IAA καθώς και αυτής της IAAoxidase, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι θα συνδέεται και με τα επίπεδα του ψευδαργύρου (έλεγχος βιοσύνθεσης τρυπτοφάνης), του βορίου και του μαγγανίου (μέσω του ελέγχου ενζυμικής οξείδωσης του IAA). Έχει βρεθεί όμως ότι το ποσοστό ριζοβολίας δύσκολων να ριζοβολήσουν ποικιλιών αβοκάντο σχετίζεται αρνητικά με τη συγκέντρωση του μαγγανίου, και αυτό ίσως να οφείλεται στα χαμηλά επίπεδα IAA και την υψηλή ενεργότητα της IAAoxidase που «προκαλεί» η υψηλή συγκέντρωση μαγγανίου. Επιπλέον η δράση της POD ως οξειδωτικό ένζυμο που καταβολίζει το

*Π. Φύσος*

ΙΑΑ στηρίζεται στην ύπαρξη οξυγόνου και μαγγανίου, για την μεταφορά ηλεκτρονίων και την τελική οξείδωση της αυξίνης. Θεωρητικά λοιπόν το μαγγάνιο μπορεί να δράσει αρνητικά στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, αφού ενεργοποιεί και σχετίζεται θετικά με ένζυμα που καταβολίζουν την αυξίνη. Τι γίνεται όμως αν το μαγγάνιο προσφερθεί στο μόσχευμα όταν πλέον δεν είναι απαραίτητη η υψηλή συγκέντρωση της αυξίνης, αλλά αντίθετα επιζητούμε χαμηλή συγκέντρωση αυτής, ώστε να προωθηθεί η αύξηση των ριζικών καταβολών? Σε αυτήν την περίπτωση η παρουσία μαγγανίου στη ζώνη ριζοβολίας θα πρέπει να δρα θετικά, αυξάνοντας πιθανόν το μήκος των ριζιδίων αλλά και επιταχύνοντας εν γένει τη ριζοβολία του μοσχεύματος (την ορατή έξοδο των ριζικών καταβολών από τη βάση του μοσχεύματος). Αυτό όμως δεν έχει ερευνηθεί ακόμα.

Εκτός όμως των προαναφερθέντων στοιχείων και άλλα φαίνεται να παίζουν κάποιο ρόλο στη ριζοβολία μοσχευμάτων, ίσως λιγότερο σημαντικό από τα προηγούμενα αλλά ακόμα δεν έχει μελετηθεί επακριβώς ο ρόλος τους. Γενικά από διάφορα πειράματα που έχουν γίνει έχει βρεθεί ότι ο σίδηρος, ο χαλκός και το μολυβδαίνιο αυξάνονται στη ζώνη ριζοβολίας κατά τη φάση της επαγωγής ενώ ο φώσφορος, το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο μειώνονται. Κατά τη φάση της επιμήκυνσης των ριζικών καταβολών και της εμφάνισης των ριζιδίων η συγκέντρωση του σιδήρου, του χαλκού, του μολυβδαινίου, του μαγνησίου, του μαγγανίου, του βορίου και του ψευδαργύρου αυξάνεται στη βάση των μοσχευμάτων ενώ αυτή του φωσφόρου και του καλίου διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με αυτά που βρίσκονταν κατά την τοποθέτηση των μοσχευμάτων στην πολλαπλασιαστική μονάδα.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι τα θρεπτικά στοιχεία παίζουν σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, όμως μένουν ακόμα πολλά να ερευνηθούν προτού ξεκαθαριστεί επακριβώς ο ρόλος τους και μάλιστα ο ειδικός ρόλος τους ανά στάδιο

ριζογένεσης.

### 5.3.2 Ο ρόλος των υδατανθράκων στη ριζοβολία των μοσχευμάτων

Στη διάρκεια των ετών κατά τα οποία διάφοροι ερευνητές ασχολούνται με τη ριζοβολία των μοσχευμάτων και τις αρχές που τη διέπουν καθώς και τις φυσιολογικές, βιοχημικές και ανατομικές αλλαγές που επισυμβαίνουν, ο ρόλος των υδατανθράκων στην προσέγγιση του φαινομένου της ριζογένεσης κατέχει δεσπόζουσα θέση. Έχουν γίνει πολλές προσεγγίσεις για να μελετηθεί ο ρόλος τους στη ριζογένεση όπως:

- Εξωγενής εφαρμογή υδατανθράκων στα μητρικά φυτά ή στα μοσχεύματα
- Προσδιορισμός των ενδογενών επιπέδων των υδατανθράκων και συσχετίσή τους με τα ποσοστά ριζοβολίας
- Αλλαγή στο περιβάλλον ανάπτυξης των μητρικών φυτών, με στόχο την αλλαγή στο επίπεδο των υδατανθράκων και
- Μελέτη των υδατανθράκων σε ποικιλίες που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στα ποσοστά ριζοβολίας των μοσχευμάτων τους.

Η χρησιμοποίηση ποικιλιών με διαφορετικό δυναμικό ριζοβολίας των μοσχευμάτων τους για τη μελέτη της επίδρασης των ενδογενών υδατανθράκων προϋποθέτει ότι οι γονιδιακές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών που αντανάκλωνται στη διαφορά στα επίπεδα των υδατανθράκων αφορούν ή επηρεάζουν μόνο τα ποσοστά ριζοβολίας (κάτι που φυσικά δεν ισχύει). Ένα άλλο λάθος που γίνεται κατά τη μελέτη του ρόλου των υδατανθράκων στη ριζογένεση, είναι η μη ταυτόχρονη έρευνα επί των ανατομικών αλλαγών που επισυμβαίνουν στα μοσχεύματα κατά τη

*Π. Φύσος*

διάρκεια της ριζογένεσης, αφού οι διάφοροι υδατάνθρακες μπορεί να παίζουν διαφορετικό και σημαντικό ρόλο στα διάφορα στάδια ριζογένεσης. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ο ρόλος των υδατανθράκων μπορεί να μην είναι ο ίδιος κατά τη ριζοβολία φυλλοφόρων και άφυλλων μοσχευμάτων ακόμα και του ίδιου είδους.

Η μελέτη του ρόλου των υδατανθράκων ξεκίνησε με την παραδοχή ότι, εφόσον είναι προϊόντα της φωτοσύνθεσης τα οποία χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση άλλων ενώσεων αλλά και για την παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας για τις διάφορες αντιδράσεις του φυτού, θα πρέπει να παίζουν σημαντικό ρόλο και στη ριζοβολία, η οποία ουσιαστικά είναι η γένεση ενός νέου οργάνου του μοσχεύματος, μια διαδικασία που σίγουρα απαιτεί ενέργεια. Γνωρίζουμε πλέον ότι το επίπεδο των υδατανθράκων των μοσχευμάτων ενός μητρικού φυτού μπορεί να επηρεάσει τη ριζοβολία αυτών, αλλά το υψηλό επίπεδο υδατανθράκων δε συνδέεται πάντοτε και με υψηλά ποσοστά ριζοβολίας. Με άλλα λόγια δε σημαίνει ότι η αύξηση του επιπέδου των υδατανθράκων θα οδηγήσει απαραίτητα και σε αύξηση του ποσοστού ριζοβολίας και αυτό φαίνεται και από το γεγονός ότι σε κάποια πειράματα το επίπεδο των υδατανθράκων σχετίστηκε με το ποσοστό ριζοβολίας των μοσχευμάτων ενώ σε άλλα όχι.

Παρόλα αυτά όμως τα αντικρουόμενα πολλές φορές αποτελέσματα, είναι αποδεκτό ότι το επίπεδο των υδατανθράκων του μοσχεύματος θα πρέπει να είναι τόσο υψηλό ώστε να υποστηρίξει ενεργειακά τη ριζοβολία του μοσχεύματος καθ' όλη τη διάρκεια της ριζογένεσης, ιδιαίτερα αφού αυτή λαμβάνει χώρα υπό μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Είναι σίγουρο ότι το επίπεδο των υδατανθράκων του μητρικού φυτού επηρεάζει λοιπόν τη ριζοβολία των μοσχευμάτων που προέρχονται από αυτό, αλλά δεν έχει οριστεί ένα βέλτιστο επίπεδο κάτω από το οποίο η ριζοβολία

*Π. Φύσος*

των μοσχευμάτων αναμένεται να είναι χαμηλή, και αυτό συμβαίνει γιατί πολύ δύσκολα μπορούμε να αλλάξουμε το επίπεδο των ενδογενών υδατανθράκων χωρίς να επηρεάσουμε και άλλες φυσιολογικές διαδικασίες και το επίπεδο άλλων ουσιών που παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο στη ριζογένεση.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως μοσχεύματα με υψηλή τιμή του λόγου C/N ριζοβολούν κατά γενική ομολογία σε υψηλότερα ποσοστά (υπάρχουν βέβαια και εξαιρέσεις) αλλά αυτός ο λόγος δε μπορεί να θεωρηθεί ως το πιο αξιόπιστο κριτήριο για την ευκολία ή δυσκολία ριζοβολίας των μοσχευμάτων μιας ποικιλίας. Σε περίπτωση που η τιμή του λόγου αυτού αλλάζει σε ένα φυτό, με τη λίπανση π.χ. με άζωτο, τότε αλλάζει και η συγκέντρωση των υδατανθράκων. Υπό συνθήκες έλλειψης αζώτου, τα σάκχαρα ως προϊόντα της φωτοσύνθεσης δε χρησιμοποιούνται με τον ίδιο ρυθμό για τη σύνθεση άλλων οργανικών ενώσεων (μιας και ένα μεγάλο ποσοστό των οργανικών ενώσεων ενός φυτού αποτελούνται και από άζωτο, το οποίο στην περίπτωση αυτή δεν επαρκεί για τη σύνθεσή τους). Υπό αυτές τις συνθήκες το διοξείδιο του άνθρακα που αφομοιώνεται με τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης διοχετεύεται στη σύνθεση σακχάρων, υπό τη μορφή των οποίων αποθηκεύεται (κυρίως ως σακχαρόζη, που είναι και εύκολα διακινήσιμο σάκχαρο) και έτσι έχουμε συσσώρευση υδατανθράκων.

Το επίπεδο των υδατανθράκων μειώνεται κατά τις πρώτες ημέρες στην πολλαπλασιαστική μονάδα, ίσως ως αποτέλεσμα της χρήσης αυτών για την υποστήριξη των λειτουργιών που απαιτούν ενέργεια και παράλληλα της μειωμένης παραγωγής τους πλέον, αφού τα στομάτια των φύλλων κλείνουν ώστε να περιοριστούν οι απώλειες νερού και έτσι περιορίζεται και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Πολύ εύκολα θα μπορούσε κάποιος να προτείνει τη χρησιμοποίηση εξωγενώς διαλυμάτων σακχάρων, τόσο στα μητρικά φυτά όσο και στα μοσχεύματα

*Π. Φύσσης*

πριν αλλά και κατά τη διάρκεια παραμονής τους στην πολλαπλασιαστική μονάδα. Οι εξωγενώς εφαρμοζόμενοι όμως υδατάνθρακες εκτός από πηγή ενέργειας προκαλούν και αύξηση του οσμωτικού δυναμικού των κυττάρων, με αποτέλεσμα όταν εφαρμόζονται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να αποβούν τοξικοί, να παρεμποδίσουν τη ριζοβολία, πιθανόν αλλάζοντας την ισορροπία του νερού εντός του μοσχεύματος. Παράλληλα έχει βρεθεί ότι οι εξωγενώς εφαρμοζόμενοι υδατάνθρακες απορροφούνται από τα μοσχεύματα και μεταφέρονται δια μέσου του ξύλου και όχι δια μέσου του ηθμού όπως γίνεται με τους ενδογενείς υδατάνθρακες. Έτσι η υπόθεση ότι οι εξωγενώς εφαρμοζόμενοι υδατάνθρακες μπορεί να δρουν με τον ίδιο τρόπο όπως οι ενδογενείς είναι μάλλον αβάσιμη. Υπάρχουν όμως πολλές αναφορές όπου η εξωγενώς εφαρμοζόμενη σακχαρόζη σε συγκέντρωση 1-2% κ.β. αύξησε τα ποσοστά ριζοβολίας, κυρίως όμως υπό συνθήκες μειωμένου φωτισμού, αντισταθμίζοντας έτσι τη μείωση στην παραγωγή σακχάρων λόγω μειωμένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

Βιοχημικά τα σάκχαρα πιθανόν να επιδρούν επί της ριζοβολίας κατά τη διάρκεια της αποδιαφοροποίησης των κυττάρων και της ριζικής επαγωγής, λόγω του ότι αναγωγικά σάκχαρα συσσωρεύονται στη βάση του μοσχεύματος και μπορεί να αντιδράσουν μη ενζυμικά με πρωτεΐνες αλλά και να πάρουν μέρος στη μεταγραφή του DNA. Η συσσώρευση αυτή στη βάση του μοσχεύματος συμβαίνει αρκετές ημέρες μετά την κοπή του μοσχεύματος από το μητρικό φυτό. Τα φωσφορυλιωμένα σάκχαρα επειδή σχηματίζουν γλυκοζιδικούς δεσμούς με πρωτεΐνες είναι πιο πιθανό να παίζουν κάποιο ρόλο στη διάρκεια της φάσης έναρξης ριζογένεσης. Σε ώριμους ιστούς έχει βρεθεί ότι η βιοσυνθετική οδός των φωσφοροπεντοζών κυριαρχεί στη λειτουργία της αναπνοής, ενώ στους μεριστωματικούς ιστούς κυριαρχεί η γλυκόλυση. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι κατά την έναρξη ριζοβολίας η αναπνευστική οδός



## Π. Φύσσης

αλλάζει από αυτή του κύκλου των φωσφοροπεντοζών σε αυτή της γλυκόλυσης ώστε να προμηθεύσει τους νεοσχηματισθέντες μεριστωματικούς ιστούς με σκελετούς ατόμων άνθρακα και να υποστηρίξει την ανάπτυξη των ριζικών αρχεγόνων. Η 2,6 δι-φωσφορο – φρουκτόζη μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην εναλλαγή της αναπνευστικής λειτουργίας μεταξύ των δύο αυτών αναπνευστικών οδών. Όμως όπως και ο ρόλος των σακχάρων στην οσμωρύθμιση κατά τη ριζογένεση έτσι και ο ρόλος των φωσφορο – σακχάρων δεν έχει επαρκώς μελετηθεί.

*5.3.2.1 Ο ρόλος της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των μοσχευμάτων στην πολλαπλασιαστική μονάδα*

Η φωτοσύνθεση σε αυτή τη φάση φαίνεται να μην παίζει καθοριστικό ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, και αυτό το καταλαβαίνουμε και από την ευκολία ριζοβολίας κάποιων άφυλλων χειμερινών μοσχευμάτων (ξύλοποιημένων).

Η φωτοσύνθεση μειώνεται αμέσως μετά την κοπή του βλαστού από το μητρικό φυτό, ιδιαίτερα μέσα σε 24-48 ώρες. Τα μοσχεύματα παρουσιάζουν μικρότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε σχέση με τα μητρικά φυτά, το οποίο μάλλον οφείλεται στο κλείσιμο των στοματιών αλλά και στην επίδραση μη στοματικών παρεμποδίσεων. Πιθανόν η μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα να οφείλεται σε φωτο-οξειδωτική ζημιά των χλωροπλαστών, οι οποίοι συνεχίζουν να δέχονται ηλιακή ακτινοβολία και τα ενεργά κέντρα τους να διεγείρονται, παρεμένοντας όμως τα στομάτια κλειστά. Επιπλέον μία άλλη εξήγηση είναι και ο κορεσμός των μεσοκυττάρων χώρων με νερό (στη μονάδα υδρονέφωσης) με αποτέλεσμα να υφίστανται δυσχέρειες στη διάχυση του διοξειδίου του άνθρακα στο μεσόφυλλο.

Όταν η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειώθηκε στα μοσχεύματα λόγω χαμηλής ενεργούς ηλιακής ακτινοβολίας ή λόγω χαμηλής διάχυσης διοξειδίου του άνθρακα

*Π. Φύσος*

τότε παρατηρήθηκε μείωση των ποσοστών ριζοβολίας και ταυτόχρονα χαμηλά επίπεδα υδατανθράκων στη βάση των μοσχευμάτων, δεικνύοντας έτσι ότι ένα ποσοστό της ριζοβολίας των μοσχευμάτων επηρεάζεται από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα αυτών.

Γνωρίζουμε πλέον ότι στα περισσότερα C3 φυτά η φωτοσυνθετική δραστηριότητα κορένεται σε εντάσεις φωτισμού σχεδόν τις μισές από αυτές που συναντάμε κατά τις ημέρες πλήρους ηλιοφάνειας. Στα μοσχεύματα ο κορεσμός αυτός επέρχεται σε πολύ πιο χαμηλά επίπεδα ενεργής ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ αν προσπαθήσουμε να αυξήσουμε τα επίπεδα αυτά μέσα στην πολλαπλασιαστική μονάδα τότε μάλλον θα προκαλέσουμε μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού λόγω κυρίως υδατικής καταπόνησης - κλεισίματος στοματίων, από την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στο χώρο πολλαπλασιασμού αυξάνει τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, ίσως λόγω αυξημένης καρβοξυλίωσης αλλά και μικρότερης υδατικής καταπόνησης, αφού τα στομάτια κλείνουν μερικώς, λόγω του κορεσμού του υποστοματίου χώρου με διοξείδιο του άνθρακα.

Σε περιπτώσεις όπου τα αποθέματα των υδατανθράκων είναι λίγα για να υποστηρίξουν τη ριζογένεση και αύξηση των ριζών και αν μάλιστα ταυτόχρονα εκπτυχθούν οι οφθαλμοί στο μόσχευμα (ανάπτυξη νέων βλαστών που απαιτούν αποθησαυριστικές ουσίες για την ανάπτυξή τους) τότε η κατάσταση, όσον αφορά τη διαχείριση των υδατανθράκων, γίνεται ακόμα χειρότερη, με αποτέλεσμα να διακυβεύεται η ριζοβολία του μοσχεύματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η όποια φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φύλλων, μπορεί να βοηθήσει ώστε να εφοδιάσει μερικώς τους αναπτυσσόμενους ιστούς και να υποστηρίξει τη ριζοβολία του μοσχεύματος.

Επιπλέον η επίδραση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας δεν περιορίζεται μόνο

*Π. Φύσος*

στην παροχή υδατανθράκων αλλά και στη μεταφορά και σύνθεση αυξίνης, φαινολικών ουσιών αλλά και άλλων ουσιών που επηρεάζουν τη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

Η εξωγενής εφαρμογή υδατανθράκων πολλές φορές μείωσε τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φύλλων, η οποία μάλλον οφείλεται σε ανασταλτική επίδραση των ιδίων των σακχάρων παρά στην αύξηση του οσμωτικού δυναμικού, αφού άλλα οσμωρυθμιστικά σκευάσματα (μη υδατάνθρακες) δεν προκάλεσαν μείωση του φωτοσυνθετικού ρυθμού. Μόνο υπό συνθήκες χαμηλού φωτοσυνθετικού ρυθμού έχουν αναφερθεί ευεργετικές επιδράσεις της εξωγενούς εφαρμογής σακχάρων, και αυτό ίσως δείχνει ότι η όλη διαδικασία ίσως να βασίζεται σε μια ανάδρομη παρεμπόδιση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης στα συστήματα αυτής.

Χαρακτηριστικό όμως της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των μοσχευμάτων είναι το γεγονός ότι μόλις εμφανιστούν οι ρίζες στη βάση του μοσχεύματος, ο φωτοσυνθετικός ρυθμός επανέρχεται σε φυσιολογικά επίπεδα, λόγω ίσως της αναστολής της υδατικής καταπόνησης αλλά και της τροφοδοσίας με κυτοκινίνες από τη ρίζα, οι οποίες αυξάνουν την αποδοτικότητα των κέντρων καρβοξυλίωσης.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η φωτοσυνθετική δραστηριότητα των μοσχευμάτων δεν αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα για τη ριζοβολία, συμβάλει όμως σε αυτήν προάγοντας κυρίως την επικείμενη αύξηση των ριζών, παρά την επαγωγή ριζογένεσης. Εφόσον ο φωτοσυνθετικός ρυθμός των φύλλων των μοσχευμάτων φθάνει στον κορεσμό σε πολύ χαμηλά επίπεδα ενεργούς ηλιακής ακτινοβολίας (PAR), η αύξηση του φωτισμού στο χώρο ριζοβολίας ενδέχεται να έχει περισσότερο αρνητικές παρά θετικές επιπτώσεις.

## 6 Μεταχειρίσεις μοσχευμάτων

Από όλα τα μέχρι τώρα αναφερθέντα είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν τη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Ποιες είναι εκείνες οι ενέργειες όμως τελικά που θα πρέπει να κάνουμε ώστε να επιτύχουμε τη μέγιστη δυνατή ριζοβολία?

Λαμβάνοντας υπόψη όσα προαναφέρθηκαν για να έχουμε επιτυχημένη ριζοβολία μοσχευμάτων θα πρέπει να έχουμε μια μητρική φυτεία που να αποτελεί πηγή μοσχευμάτων με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Αυτό που μπορούμε να κάνουμε στην μητρική φυτεία είναι να ελέγξουμε τη λίπανση των δένδρων όπως επίσης να μεταβάλουμε και το φωτισμό αυτών. Βασισμένοι σε όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο μπορούμε να φροντίζουμε την ορθολογική χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων, την επάρκεια του βορίου και ψευδαργύρου ενώ να ελέγχουμε την τροφοδοσία των φυτών με μαγγάνιο. Επιπλέον μπορούμε να δοκιμάσουμε μερική σκίαση των μητρικών φυτών και αποκοπή των βλαστών σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης αμέσως μετά την αφαίρεση της σκίασης. Επιπλέον επιλέγουμε πάντα βλαστούς που βρίσκονται σε νεανική κατάσταση και κυρίως πλάγιους ή τουλάχιστον μέτριας ζωηρότητας.

Τι μπορούμε να κάνουμε όμως όσον αφορά τις μεταχειρίσεις των μοσχευμάτων, αφότου κοπούν δηλαδή οι βλαστοί από τα μητρικά φυτά?

### 6.1 Μεταχειρίσεις με αυξίνες

Η εύρεση της κατάλληλης αυξίνης ή συνδυασμού αυξινών παράλληλα με τη συγκέντρωση αυτής(ων) που δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη ριζοβολία των μοσχευμάτων ενός συγκεκριμένου φυτού είναι ο σημαντικότερος ίσως

*Π. Φύσσης*

παράγοντας που θα καθορίσει την επιτυχία της ριζοβολίας των μοσχευμάτων.

Μετά από πολλά χρόνια ερευνών επί της επίδρασης των αυξινών στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, πολλοί ερευνητές είναι πλέον κατηγορηματικοί στο ότι δεν χρειαζόμαστε νέους διαλύτες ή τρόπους εφαρμογής αυξινών, αλλά νέες ουσίες που να μπορούν να αυξήσουν τα ποσοστά ριζοβολίας πάνω από αυτά που έχουν επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση των αυξινών, σε συνδυασμό ή μη με αυζίνες.

Στην πράξη οι αυζίνες που χρησιμοποιούνται είναι το IBA, το α-NAA και το IAA (λιγότερο) και ακόμα λιγότερο το 2,4-D, και το 2,4,5 - TP. Υπάρχουν βέβαια αναφορές όπου οι αργλ-εστέρες των προηγούμενων αυξινών και τα άλατά τους (τα οποία είναι ευδιάλυτα στο νερό) έχουν δώσει καλύτερα αποτελέσματα από τα ελεύθερα οξέα τους, ίσως όμως αυτό να οφείλεται στη μικρότερη τοξικότητά τους και όχι απαραίτητως στην καλύτερη αποτελεσματικότητά τους. Σε γενικές γραμμές το IBA είναι καλύτερο από τα IAA και α-NAA, ενώ το α-NAA είναι καλύτερο από το β-NAA. Η «κατωτερότητα» του IAA έναντι των άλλων αυξινών έχει αποδοθεί στο γεγονός ότι το φυτό έχει όλους εκείνους τους μηχανισμούς που του επιτρέπουν να ελέγξει τη συγκέντρωση της φυσικής αυζίνης ενώ παράλληλα το IAA είναι πιο ευοξειδωτό, ευαίσθητο στη διάσπαση από μικροοργανισμούς και πιο φωτοευαίσθητο από το IBA και το NAA. Οι φαινόξυ τύπου αυζίνες (2,4-D) έχει βρεθεί ότι προωθούν τη ριζοβολία σε μικρότερες συγκεντρώσεις και ότι είναι ανθεκτικές στη διάσπαση από μικροοργανισμούς. Παρόλα αυτά όμως δε χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω του ότι παρεμποδίζουν την έκπτυξη των πλάγιων οφθαλμών, σχηματίζουν μεγάλο κάλλο στη βάση του μοσχεύματος και επιπλέον σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνες για τη νέκρωση της βάσης έως και ολόκληρου του βλαστού.

Η χρησιμοποίηση μειγμάτων αυξινών σε πολλές περιπτώσεις έχει δώσει καλύτερα αποτελέσματα από κάθε μία μόνη της, και αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην περίπτωση

Π. Φύσσης

όπου μία φαινόξυ τύπου αυξίνη συνδυάζεται με μια από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες αυξίνες.

Η χρήση των αυξινών βασίζεται κυρίως στη δυνατότητα που προσφέρουν στο φυτωριούχο να:

- Αυξήσει το ποσοστό ριζοβολίας
- Επιταχύνει την έναρξη σχηματισμού ριζών
- Αυξήσει τον αριθμό και να βελτιώσει την ποιότητα των ριζών
- Επιτύχει ομοιομορφία στο ρυθμό ριζοβολίας.

Οι τεχνικές εφαρμογής αυξινών είναι οι εξής:

- Εφαρμογή υπό μορφή σκόνης, όπου πολλές φορές περιέχουν παραπάνω από μία αυξίνη αλλά και ένα μυκητοκτόνο. Στα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνικής είναι :

- το ετοιμόχρηστο αυτών (υπάρχουν σε έτοιμα σκευάσματα)
- είναι εύκολα στη χρήση

ενώ στα μειονεκτήματα περιλαμβάνονται:

- η δυσκολία επίτευξης ομοιόμορφων αποτελεσμάτων
- υψηλό κόστος αγοράς για τη χρησιμοποίησή τους σε κάποιες χιλιάδες μοσχεύματα.
- Εφαρμογή υπό αραιό διάλυμα (20-500 ppm) για 2-3 έως και 24 ώρες
- Πυκνό διάλυμα (500-30000 ppm) για κάποια δευτερόλεπτα (συνήθως 5-7).

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης πυκνών διαλυμάτων αυξινών είναι:

- Η οικονομικότητα αυτών
- Η ομοιόμορφη μεταχείριση των μοσχευμάτων
- Η ευκολία και η ταχύτητα στη χρήση τους
- Η ομοιομορφία των αποτελεσμάτων τους.



## Π. Φύσος

Η έλλειψη εμπειρίας μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο μόσχευμα, αφού τόσο η συγκέντρωση της αυξίνης όσο και ο χρόνος εμφύτευσης επηρεάζεται από το βαθμό ξυλοποίησης του μοσχεύματος. Παράλληλα, λόγω του ότι τα ελεύθερα οξέα των αυξινών διαλύονται αρχικά σε αλκοόλη, ώστε στο τελικό διάλυμα να επιτύχουμε ποσοστό αλκοόλης της τάξης 30-50%, πρέπει να είμαστε προσεκτικοί στο να μην εξατμιστεί η αλκοόλη και έτσι συμπυκνωθεί το διάλυμα, με αποτέλεσμα υψηλότερη και τοξικότερη συγκέντρωση αυξίνης.

Στο μέλλον αυτό που αξίζει να μελετηθεί είναι η σταδιακή-αργή παροχή αυξίνης στη βάση του μοσχεύματος όπως και η εφαρμογή της υπό κενό ή υπό μορφή ζελέ. Η απουσία αναφοράς στις ερευνητικές εργασίες μιας νέας ουσίας με ιδιότητες αυξίνης, που να βοηθά στη ριζοβολία δύσκολων να ριζοβολήσουν ειδών ή ποικιλιών, αποδίδεται στην αδιαφορία των ερευνητών να ασχοληθούν με το αντικείμενο του πολλαπλασιασμού, τη μη αναγνώριση της αξίας του αγενούς πολλαπλασιασμού αλλά ίσως τελικά και στη δυσκολία εξεύρεσης τέτοιων νέων ουσιών.

## 6.2 Ο τραυματισμός της βάσης του μοσχεύματος

Αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η σημασία της ανατομίας του βλαστού και οι πιθανοί φραγμοί που μπαίνουν εξαιτίας της ανατομίας αυτού στην έξοδο των ριζών. Εδώ και πολλές δεκαετίες πιστεύονταν ότι ο τραυματισμός της βάσης του μοσχεύματος (με δύο κατά μήκος τομές αντιδιαμετρικά στη βάση) βοηθάει την έξοδο των ριζών, ιδιαίτερα σε είδη που χαρακτηρίζονται από συνεχή σκληρεγυματικό δακτύλιο. Παρόλα αυτά, ενώ έχει επιβεβαιωθεί αυτή η παρατήρηση, δεν θεωρείται ως καθοριστικός παράγοντας, αφού υπάρχουν είδη με συνεχή σκληρεγυματικό δακτύλιο τα οποία ριζοβολούν εύκολα. Όμως με τον τραυματισμό επιτυγχάνουμε ευκολότερη είσοδο της αυξίνης στο εσωτερικό του βλαστού και κοντά στη ζώνη

Π. Φύσσης

ριζογένεσης, την έκλυση αιθυλενίου που σε μερικά είδη μπορεί να δράσει ευεργετικά της ριζοβολίας, καθώς και τη συσσώρευση σακχάρων αλλά κυρίως δευτερογενών μεταβολιτών (φαινολικές ενώσεις κτλ), οι οποίοι μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο στη ριζοβολία του μοσχεύματος. Ο τραυματισμός επάγει τη διέγερση της κυτταροδιαίρεσης και το σχηματισμό ριζικών καταβολών ίσως και μέσω της συσσώρευσης αυξίνης και σακχάρων στην τραυματισμένη περιοχή, η οποία ενεργεί ως καταβόθρα θρεπτικών ουσιών. Παράλληλα όλων των προηγουμένων με τον τραυματισμό έχει παρατηρηθεί συσσώρευση ασκορβικού οξέος (ισχυρός αντιοξειδωτικός παράγοντας), λιπαρών οξέων, λιπιδίων, τερπενοειδών ενώ παρατηρείται και υπεροξειδωση των μεμβρανών, αυξημένη ικανότητα σχηματισμού πρωτεϊνών κτλ, παράγοντες που σίγουρα παίζουν κάποιο ρόλο στη ριζοβολία των μοσχευμάτων.

### 6.3 Άλλες μεταχειρίσεις

Κατά την προετοιμασία των μοσχευμάτων υπάρχουν αναφορές για τοποθέτηση των μοσχευμάτων για κάποιο χρόνο σε νερό, σε ρυθμιστικά διαλύματα, σε μυκητοκτόνα, στο ψυγείο κτλ. Όλες οι επεμβάσεις αυτές σκοπό έχουν να αλλάξουν τη βιοχημική ισορροπία εντός του μοσχεύματος προς όφελος των συνεργιστών ριζοβολίας. Με την παραμονή σε νερό ή σε ρυθμιστικό διάλυμα πιστεύεται ότι εκπλένονται κάποιες ουσίες (πιθανόν υδατοδιαλυτά παράγωγα του κινναμικού οξέος), τα οποία δρουν ως παρεμποδιστές ριζοβολίας, και έτσι επιτυγχάνεται αλλαγή στη σχέση συνεργιστών : παρεμποδιστών ενδογενώς, με αποτέλεσμα αυξημένα ποσοστά ριζοβολίας. Η παραμονή σε ρυθμιστικό διάλυμα ή στο ψυγείο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα και την ενεργοποίηση ή αδρανοποίηση ορισμένων ενζύμων για τόσο χρονικό διάστημα όσο είναι απαραίτητο για την επαγωγή ριζογένεσης. Από την άλλη

η παραμονή σε ρυθμιστικό διάλυμα αλκαλικού pH οδηγεί και σε μεγαλύτερους ρυθμούς έκλυσης αιθυλενίου, το οποίο είτε διαφεύγει (αν δρα παρεμποδιστικά) είτε εκλύεται γρήγορα και επηρεάζει βιοχημικά συστήματα και λειτουργίες κατά τα πρώτα στάδια ριζογένεσης.

## 7 *Περιβάλλον ριζοβολίας*

### 7.1 *Ο ρόλος των περιβαλλοντικών παραγόντων*

Είδαμε ότι η παρουσία των φύλλων βοηθάει στο ερέθισμα της ριζογένεσης, οπότε προσπαθούμε να διατηρήσουμε σε καλή κατάσταση όσα φύλλα επιλέξουμε εμείς να αφήσουμε στο μόσχευμα (ανάλογα με το είδος). Τα φύλλα αυτά θα πρέπει να φροντίσουμε να βρίσκονται όσο το δυνατόν σε σπαργή, ώστε να εκμεταλλευτούμε την μικρή φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα και επιπλέον να μην έχουμε απώλεια νερού από το μόσχευμα, η οποία τελικά θα οδηγήσει σε νέκρωση του μοσχεύματος και αποτυχία ριζοβολίας.

Το πιο άμεσο αποτέλεσμα της υδατικής καταπόνησης είναι το κλείσιμο των στοματίων με αποτέλεσμα τη μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και άρα όποιου κέρδους σε υδατόνθρακες θα μπορούσε να έχει το μόσχευμα, αλλά και αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου, με άμεσο αποτέλεσμα την επίδραση των φυσιολογικών του λειτουργιών.

Στα σύγχρονα συστήματα πολλαπλασιασμού φυτών με μοσχεύματα (πολλαπλασιαστικές μονάδες) υπάρχουν όλες εκείνες οι τεχνολογικές προδιαγραφές ώστε:

α) να διατηρούν την ατμόσφαιρα με μικρό έλλειμμα κορεσμού (να μην είναι δηλαδή «απαιτητική» σε ατμοσφαιρική υγρασία την οποία θα τη «ζητήσει» από τα

Π. Φύσος

φύλλα των μοσχευμάτων)

β) να διατηρούν μια αποδεκτή θερμοκρασία χώρου και

γ) να διατηρούν την ένταση φωτισμού σε αποδεκτά επίπεδα (χωρίς ούτε να μειώνεται η φωτοσύνθεση εξαιτίας χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας αλλά ούτε και να αυξάνεται η θερμοκρασία και το έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας λόγω υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας).

Η διατήρηση της σπαργής των φύλλων των μοσχευμάτων είναι ίσως από τα σημαντικότερα θέματα που πρέπει απασχολούν όποιον ασχολείται με τον πολλαπλασιασμό των φυτών. Οποιαδήποτε απώλεια νερού από το μόσχευμα, συνεπάγεται και μείωση του ποσοστού ριζοβολίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο το καλοκαίρι όπου επικρατούν όλες εκείνες οι συνθήκες που μπορεί να προκαλέσουν απώλειες νερού από τα μοσχεύματα. Ένας ακόμα παράγοντας που θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα είναι η αποφυγή ασφυκτικών συνθηκών στη βάση των μοσχευμάτων, οι οποίες προκαλούν μείωση της κυκλοφορίας του οξυγόνου στη ζώνη ριζοβολίας με αποτέλεσμα αποτυχία ριζοβολίας.

Θα πρέπει να γνωρίζουμε ότι τα φύλλα δεν απορροφούν τόσο πολύ από το νερό που πέφτει στην επιφάνειά τους (σύστημα υδρονέφωσης) ώστε να αντισταθμίσουν τις απώλειες. Η όποια απορρόφηση νερού πραγματοποιείται περισσότερο από τη βάση και όσα φύλλα βρίσκονται εντός του υποστρώματος ριζοβολίας (προσοχή μήπως αυτά σαπίσουν, προκαλώντας σάπισμα της βάσης του μοσχεύματος). Η απορρόφηση και μεταφορά νερού σταδιακά μειώνεται καθώς μπλοκάρονται τα αγγεία και οι τραχειίδες, με αποτέλεσμα τη δημιουργία τυλώσεων - εμβολών, σημείων όπου διακόπτεται η κίνηση του νερού. Παρόμοια κατάσταση δημιουργείται και στα κομμένα λουλούδια, όπου πλέον προσθέτονται στο διάλυμα συντήρησης αυτών μικροβιοκτόνα ώστε να αποτρέψουν την πιθανή ανάπτυξη μικροοργανισμών που

*Π. Φύσος*

είναι υπεύθυνοι για το μπλοκάρισμα των αγγείων. Δεν είναι όμως μόνο οι μικροοργανισμοί υπεύθυνοι για αυτές τις εμβολές, αλλά και φυσαλίδες αέρα οι οποίες περνούν κατά την κοπή των μοσχευμάτων στα αγγεία, ο αέρας πλέον μεταφέρεται σε σημεία όπου δεν μπορεί να συμπιεστεί άλλο και σε αυτά τα σημεία σχηματίζονται εμβολές. Είναι λοιπόν προτιμότερο τα μοσχεύματα να λαμβάνονται από μητρικά φυτά ποτισμένα και μάλιστα η λήψη μοσχευμάτων να γίνεται νωρίς το πρωί ή με συννεφιά. Κατά τις ζεστές ημέρες υπάρχει λίγο νερό εντός των στελεχών, με αποτέλεσμα αυτά να βρίσκονται σε μια κατάσταση «έντασης» στη ζήτηση νερού και να δημιουργούνται έτσι φυσαλίδες αέρα στα αγγεία κατά την κοπή των μοσχευμάτων, που να εμποδίζουν την απρόσκοπτη κίνηση του νερού.

Ο ρόλος της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας είναι πολύ σημαντικός, αφού με ρύθμιση της σχετικής υγρασίας μπορούμε να επιτύχουμε διατήρηση της σπαργής των κυττάρων του μοσχεύματος. Η θερμοκρασία και η ηλιακή ακτινοβολία παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο στην ισορροπία νερού του μοσχεύματος. Έχει βρεθεί ότι αύξηση της θερμοκρασίας του φύλλου κατά 1 °C ισοδυναμεί με μείωση της σχετικής υγρασίας του χώρου κατά 6% το οποίο συνεπάγεται μεγαλύτερο έλλειμμα κορεσμού της ατμόσφαιρας και πιο «απαιτητική» ατμόσφαιρα σε απώλεια νερού από τα φύλλα μέσω της διαπνοής.

Όσον αφορά τη θερμοκρασία ριζοβολίας των μοσχευμάτων φαίνεται ότι η θερμοκρασία της βάσης παίζει σημαντικό ρόλο. Αυτή μπορεί να μην είναι πάντοτε η βέλτιστη, ειδικά σε μονάδες υδρονέφωσης, λόγω της μείωσης που προκαλεί η συνεχής παροχή νερού μέσω του συστήματος. Η έναρξη σχηματισμού των ριζικών καταβολών φαίνεται ότι επηρεάζεται από τη θερμοκρασία στη βάση του μοσχεύματος, η ανάπτυξη όμως των ριζών εξαρτάται κυρίως από τους διαθέσιμους υδατάνθρακες.

## 7.2 Ο ρόλος του υποστρώματος ριζοβολίας

Το υπόστρωμα ριζοβολίας θα πρέπει να επιτελεί ουσιαστικά τους κάτωθι ρόλους:

- Να συγκρατεί το μόσχευμα
- Να παρέχει στο μόσχευμα υγρασία
- Να επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων (οξυγόνου) στη βάση του μοσχεύματος και
- Να δημιουργεί ένα σκοτεινό περιβάλλον για την ανάπτυξη των ριζών.

Δεν έχει γίνει πολύ έρευνα γύρω από την επίδραση του υποστρώματος στη ριζοβολία των μοσχευμάτων, παρόλα αυτά όμως πολλά υλικά είναι αυτά που έχουν χρησιμοποιηθεί μόνα τους ή σε μίγματα με διάφορη επιτυχία στον πολλαπλασιασμό των διαφόρων ειδών (τύρφη, περλίτης, βερμικουλίτης, πετροβάμβακας, πριονίδια, ελαφρόπετρα κτλ). Τελευταία παρατηρείται ότι το υπόστρωμα μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στα ποσοστά ριζοβολίας των μοσχευμάτων, και εικάζεται ότι η κύρια συνιστώσα σε αυτή του τη δράση είναι ο επαρκής αερισμός του υποστρώματος με την ταυτόχρονη επαρκή υγρασία στη βάση του μοσχεύματος. Είναι τελικά ένα από τα πεδία στον πολλαπλασιασμό των φυτών που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

## 7.3 Απόπλυση θρεπτικών στοιχείων στην

### πολλαπλασιαστική μονάδα

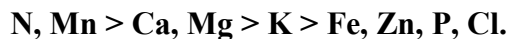
Κατά την παραμονή των μοσχευμάτων μέσα στη μονάδα υδρονέφωσης, πολλές φορές παρατηρείται μια αλλαγή στο χρώμα των φύλλων (και ένα πράσινο «λέκιασμα» του υποστρώματος, ιδιαίτερα αν είναι περλίτης) λόγω της απόπλυσης των φύλλων και της απώλειας χλωροφυλλών και θρεπτικών στοιχείων. Η απόπλυση



## Π. Φύσος

των θρεπτικών στοιχείων έχει μελετηθεί αρκετά, ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε πλέον ποια είναι τα στοιχεία που εκπλένονται πιο εύκολα από τα φύλλα.

Η σειρά αυτή παρουσιάζεται παρακάτω:



Η απόπλυση των θρεπτικών στοιχείων συνδέεται με τον τύπο του μοσχεύματος αφού δεν εκπλένονται εύκολα από τα νεαρά μαλακά μοσχεύματα, ενώ το αντίθετο συμβαίνει σε φύλλα από ημιξυλοποιημένα έως ξυλοποιημένα μοσχεύματα. Αυτό πιθανόν να συμβαίνει γιατί τα θρεπτικά στοιχεία χρησιμοποιούνται και δεσμεύονται γρήγορα στα κυτταρικά τοιχώματα των νεαρών, μαλακών μοσχευμάτων, ενώ στα πιο ώριμα βρίσκονται σε ανταλλάξιμη μορφή.

Έχοντας υπόψη αυτά τα δεδομένα πολλοί ερευνητές διερεύνησαν τη δυνατότητα αναπλήρωσης των στοιχείων που χάνονται μέσω της υδρονέφωσης (διαφυλλικές εφαρμογές). Η εφαρμογή όμως θρεπτικών στοιχείων μέσω του συστήματος υδρονέφωσης δεν είχε πάντοτε τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Πολλές φορές μάλιστα είχε αντίθετα αποτελέσματα, αφού παρεμποδίστηκε η ριζοβολία, λόγω του σχηματισμού αλγών πάνω στα φύλλα, του μειωμένου αερισμού του υποστρώματος (συσσώρευση αλάτων) καθώς και του κινδύνου δημιουργίας προβλημάτων με τη φυτοϋγεία των μοσχευμάτων.

Η αναπλήρωση των θρεπτικών στοιχείων που χάνονται δοκιμάστηκε και μετά την προσθήκη στο υπόστρωμα λιπασμάτων αργής αποδέσμευσης. Φάνηκε ότι η εφαρμογή αυτή βοήθησε την όλη διαδικασία της ριζοβολίας των μοσχευμάτων, καθώς βελτίωσε την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, χωρίς όμως να επηρεάζει το ποσοστό ριζοβολίας, καθώς φαίνεται ότι η επίδραση αυτών περιορίζεται στο στάδιο της επιμήκυνσης των ριζιδίων, πιθανόν λόγω αδυναμίας απορρόφησης θρεπτικών στοιχείων από τα άρριζα μοσχεύματα. Από τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα μπορεί

*Π. Φούσος*

κάποιος να συμπεράνει ότι η προσθήκη λιπασμάτων στο υπόστρωμα της πολλαπλασιαστικής μονάδος έχει μικρή μάλλον σημασία στη ριζοβολία των μοσχευμάτων. Αυτό μάλλον ενισχύει την άποψη για τη σημαντικότητα της θρεπτικής κατάστασης των μητρικών φυτών.

Παρόλο που η απόπλυση των θρεπτικών στοιχείων είναι εμφανής πολλές φορές, δεν έχει αποδειχθεί αν τελικά και σε ποιο βαθμό επηρεάζει τη ριζοβολία του μοσχεύματος. Πιθανόν σε μοσχεύματα που προέρχονται από μητρικά φυτά τροφοπενιακά να την επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό από μοσχεύματα που προέρχονται από φυτά που βρίσκονται σε καλή θρεπτική κατάσταση.

## 8 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η ριζογένεση, η επαγωγή ριζών σε ένα μόσχευμα και η ακολούθως αύξηση των ριζικών καταβολών και έξοδός τους από τη βάση του μοσχεύματος είναι ένας τομέας που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης. Υπάρχουν πολλά «γκρίζα» σημεία ακόμα και σήμερα για το ρόλο ορισμένων ενώσεων στη ριζογένεση. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις δυνατότητες που μας προσφέρει σε επίπεδο ανάλυσης των ενδογενών ουσιών και των αλλαγών τους, καθώς και με την ανάπτυξη της μοριακής βιολογίας και της μελέτης έκφρασης γονιδίων είμαστε σε θέση να εντρυφήσουμε στα μυστικά του αγενούς πολλαπλασιασμού με μοσχεύματα των φυτών. Το μόνο που χρειάζεται είναι θέληση, υπομονή και επιμονή.

## 9 Ενδεικτική Βιβλιογραφία

- Davis T.D., Haissig B.E. (Eds) (1994). Biology of Adventitious Root Formation. Basic Life Sciences (Book Series) Volume 62, Plenum Press, New York, pp.343.
- Davis T.D., Haissig B.E., Sankhla N. (Eds) (1988). Adventitious root formation in cuttings. In Advances in Plant Science Series, Volume 2, Dudley T.R. (General Editor), Dioscorides Press, Portland, Oregon, pp. 315.
- George E.F. (1993). Plant propagation by tissue culture, Part 1, The technology. Exegetics Limited, Edington, England, pp.574.
- Hartmann H., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R.L. (2002). Plant propagation, Principles and Practices. Prentice Hall, New Jersey, pp. 277-410.
- Jackson M.B. (Ed) (1986). New Root formation in plants and cuttings. In Developments in plant and soil sciences (Book Series). Martinus Nijhoff Publishers (Member of Kluwer Academic Publishers group), Dordrecht, pp.265.
- Βογιατζής Δ., Κουκουρίκου-Πετρίδου Μ. (2004). Βιολογία Οπωροκηπευτικών Φυτών, Τόμος II, Η φυσιολογία της αύξησης, Εκδόσεις Γαρταγάνη, σελ. 55-90.
- Δημάση-Θερίου Κ., Θεριός Ι. (2006). Γενική Δενδροκομία, Μέρος Α', Πολλαπλασιασμός και υποκείμενα Οπωροφόρων Δένδρων. Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη, σελ. 476.
- Ποντίκης Κ. (1994). Πολλαπλασιασμός καρποφόρων δένδρων και θάμνων. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα-Πειραιάς, σελ. 87-136.
- Διαδίκτυο (πολλές από τις εικόνες και τα σχήματα προήλθαν από διάφορους διαδικτυακούς τόπους με θέμα τον πολλαπλασιασμό των φυτών).