ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ VITRO-ΦΥΤΑΡΙΩΝ ΜΠΑΝΑΝΑΣ (cv. Grante Naine) ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΦΥΤΕΥΣΗΣ»

ΧΡΟΝΑΚΗ ΑΓΑΠΗ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

"Εφαρμοσμένη Επιστήμη και Τεχνολογία στη Γεωπονία"

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΔΡ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗ ΓΑΡΥΦΑΛΛΙΑ

ΜΑΙΟΣ, 2025

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Ποιότητας & Ασφάλειας Αγροτικών Προϊόντων, Τοπίου και Περιβάλλοντος, Ερευνητική Μονάδα: Παραγωγή υγιούς Πολλαπλασιαστικού Υλικού με ιστοκαλλιέργεια (*in vitro* culture), Τμήμα Γεωπονίας, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο. Σκοπός της μελέτης ήταν η σύγκριση των παραμέτρων ανάπτυξης και απόδοσης μεταξύ υλικού ιστοκαλλιέργειας και συμβατικού υλικού φύτευσης κλώνων μπανάνας της ποικιλία Grande Naine.

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα Ομότιμη Καθηγήτρια Γραμματικάκη Γαρυφαλλιά, για την πολύτιμη Επιστημονική καθοδήγηση, τις εποικοδομητικές παρατηρήσεις και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής μου προσπάθειας για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστώ θερμά τα πρώην μέλη του Εργαστηρίου, ιδιαίτερα την κα Γιατζάκη Σταυρούλα Όλγα και τον κ. Ερτζιάσογλου Ιωάννη Ανανία, εξωτερικοί Επιστημονικοί συνεργάτες του Εργαστηρίου, για τη πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν κατά την διάρκεια των πειραματικών εργασιών της διατριβής μου. Ευχαριστώ επίσης την Καθηγήτρια Δραγασάκη Μαγδαληνή για τις χρήσιμες παρατηρήσεις στη διεξαγωγή του πειραματικού μέρους και τον Δρ. Παπαδημητρίου Δημήτρη για την ευγενική ανταπόκριση να παράσχει χρήσιμες συμβουλές στην στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειράματος. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον μπανανοπαραγωγό κ. Ζαχαράκη Ιωάννη, που πρόθυμα και ανιδιοτελώς μας παραχώρησε το θερμοκήπιο του, προκειμένου να εγκατασταθεί το προς αξιολόγηση γενετικό υλικό μπανάνας. Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί ότι τα τελευταία χρόνια, ο κ. Ζαχαράκης συνδράμει ποικιλοτρόπως για την διεξαγωγή ερευνητικών δράσεων του Εργαστηρίου μας.

Εκφράζω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στην οικογένεια μου και τον σύντροφο μου, για την ηθική και ψυχολογική συμπαράσταση σε όλο αυτό το ταξίδι.

Αφιερωμένη στον Γιάννη,
που έφυγε νωρίς από κοντά μας!

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ IV
Περίληψη VI
Abstract IX
Συντομογραφίες και επεξηγήσεις XII
Πίνακας εικόνων XIV
Πίνακας πινάκων XV
Πίνακας Γραφημάτων XVI
Γενικό Μέρος XVII
1. Καταγωγή και ιστορική αναδρομή του φυτού της μπανάνας 1
2. Κατανομή των καλλιεργούμενων εκτάσεων 3
2.1 Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής και των καλλιεργούμενων εκτάσεων 3
2.2 Κατανομή της εγχώριας παραγωγής και των καλλιεργούμενων εκτάσεων 5
3. Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία 7
3.1 Ταξινόμηση και γενετική ποικιλότητα της οικογένειας *Musaceae* 7
3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά 10
4. Διατροφική αξία των καρπών και χρήσεις 14
5. Βασικοί εχθροί και παθογόνα σε καλλιέργειες μπανάνας 16
6. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις 20
7. Εγγενής αναπαραγωγή της μπανάνας (sexual reproduction) 22
8. Τεχνικές πολλαπλασιασμού της μπανάνας 23
8.1 Αγενής αναπαραγωγή (*in vivo* reproduction) - συμβατική μέθοδος πολλαπλασιασμού 23
8.2 Ιστοκαλλιέργεια (*in vitro* micropropagation) - εναλλακτική μέθοδος πολλαπλασιασμού 27
9. Παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της ιστοκαλλιέργειας 31
9.1 Φυτά δότες (ηλικία και τύπος καλλιεργούμενου έκφυτου) 31
9.2 Ο τύπος του θρεπτικού υποστρώματος 32
9.3 Ο ρόλος των ρυθμιστών ανάπτυξης (auxins, cytokinins) 32
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 34
Βιβλιογραφική ανασκόπηση 35
1. Υλικά και Μέθοδοι 40
1.1 Φυτικό υλικό έναρξης 40
1.1.1 Συμβατικό Υλικό Φύτευσης (πράσινες παραφυάδες) 41

1.1.2a Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια) 43
1.1.2b Παραγωγή Vitro-φυταρίων μπανάνας (Υλικό ιστοκαλλιέργειας) 44
1.2 Εγκατάσταση του πειράματος 49
2. Αποτελέσματα 51
2.1 Αξιολόγηση των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας 52
2.1.1 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **αριθμός φύλλων** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (πράσινες παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). 52
2.1.2 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **ύψος φυτών** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). 53
2.1.3 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **διάμετρος κορμού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). ... 55
2.2 Αξιολόγηση των παραμέτρων απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού) μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας. 57
2.2.1 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **μήκος τσαμπιού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). ... 57
2.2.2 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **Νο πόστες/τσαμπί** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). ... 59
2.2.3 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **Νο καρπών/πόστα** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). ... 61
2.2.4 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **βάρος τσαμπιού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). ... 63
2.3 Αξιολόγηση της πρωιμότητας μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας. 66
2.3.1 Καταγραφή της πρωϊμότητας (**από την ημέρα φύτευσης έως τη γέννα**) σε παραφυάδες (συμβατικό υλικό φύτευσης) και υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) 66
2.3.2 Καταγραφή της πρωϊμότητας (**από τη γέννα έως την συγκομιδή**) σε παραφυάδες (συμβατικό υλικό φύτευσης) και υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) 67
3. Συζήτηση 70
4. Συμπεράσματα 72
5. Βιβλιογραφία 76
Παράρτημα 1 Αξιολόγηση των παραμέτρων ανάπτυξης μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας 1
Παράρτημα 2 5
Στοιχεία που αξιοποιήθηκαν στη στατιστική ανάλυση 5

Περίληψη

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνας (εδώδιμες) πολλαπλασιάζονται αγενώς λόγω της απουσίας σπόρων (στείρες). Ο αγενής πολλαπλασιασμός της μπανάνας επιτυγχάνεται είτε με συμβατικό τρόπο (*in vivo* αγενής πολλαπλασιασμός) είτε μέσω της ιστοκαλλιέργειας (*in vitro* αγενής πολλαπλασιασμός). Ο συμβατικός τρόπος αγενούς πολλαπλασιασμού εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα από τους παραγωγούς και πραγματοποιείται με τη φύτευση παραφυάδων. Όμως, ο συγκεκριμένος τρόπος πολλαπλασιασμού δημιουργεί σοβαρά προβλήματα, όπως η μεταφορά παθογόνων οργανισμών και παρασίτων στα θυγατρικά φυτά, με αποτέλεσμα η νέα φυτεία να αρχίζει με σοβαρά προβλήματα φυτοπροστασίας. Μια πλειάδα άλλων προβλημάτων αποδίδεται στο συμβατικό υλικό φύτευσης, όπως η 'γενετική' ανομοιομορφία που διαθέτουν οι παραφυάδες με επακόλουθο την διαφορετικότητα στην ημερομηνία συγκομιδής. Βέβαια, δεν θα μπορούσε να αγνοηθεί η μειωμένη ευρωστία και παραγωγικότητα των παραφυάδων, που οδηγεί στο γρήγορο εκφυλισμό της καλλιέργειας.

Τα προαναφερθέντα προβλήματα αντιμετωπίζονται επαρκώς με τη χρήση υγιούς Πολλαπλασιαστικού Υλικού (Π.Υ.), το οποίο προκύπτει διαμέσου της ιστοκαλλιέργειας (tissue culture). Είναι μια εναλλακτική μέθοδος αγενούς πολλαπλασιασμού που επιτρέπει την εξάλειψη σημαντικών ασθενειών, λόγω των παθογόνων που μεταφέρονται με το συμβατικό Π.Υ. Τα τελευταία χρόνια η ιστοκαλλιέργεια έχει καθιερωθεί ως εναλλακτική μέθοδος για τον κλωνικό πολλαπλασιασμό και έχει ευρεία εφαρμογή σε όλες τις μπανανοπαραγωγικές χώρες του κόσμου. Βασίζεται στην ολοδυναμία των φυτικών κυττάρων (Cellular Totipotency), τα οποία καλλιεργούμενα σε θρεπτικά μέσα καλλιέργειας και ελεγχόμενο περιβάλλον ανάπτυξης, εξελίσσονται σε πλήρη φυτά. Η ιστοκαλλιέργεια έχει καθιερωθεί εδώ και χρόνια ως μία βιομηχανική τεχνολογία διατήρησης επιθυμητών χαρακτήρων σε επιλεγμένους γονότυπους. Τα προερχόμενα vitro-φυτάρια με αυτή τη μέθοδο διαθέτουν: γενετική ομοιομορφία σε όλα τα στάδια ανάπτυξης, υψηλό επίπεδο φυτοϋγείας, μεγαλύτερη ταχύτητα πολλαπλασιασμού, αυξημένη ευρωστία και απόδοση, πρωίμιση της παραγωγής με καρπούς υψηλής ποιότητας.

Στόχος της παρούσης ερευνητικής μελέτης είναι η αξιολόγηση και η σύγκριση των παραμέτρων ανάπτυξης και απόδοσης, καθώς και της πρωϊμότητας (χρονική διάρκεια

από τη φύτευση έως τη συγκομιδή των τσαμπιών) μεταξύ του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) και του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες). Για την δημιουργία του συμβατικού υλικού φύτευσης, επιλέχτηκαν μητρικά φυτά με άριστη κατάσταση φυτοϋγείας, προερχόμενα από κλώνους της ποικιλίας Grande Naine, η οποία κατά 90% καλλιεργείται σε θερμοκήπια της Ν. Κρήτης. Από τα φυτά αυτά απομονώθηκαν δύο διαφορετικές κατηγορίες παραφυάδων (παραφυάδες ύψους 45-60 cm και παραφυάδες ύψους από 25-40 cm), οι οποίες μεταφέρθηκαν σε θερμοκήπιο ημι-ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης. Αφού ελέγχθηκαν για ενδεχόμενη παρουσία παθογόνων οργανισμών και εχθρών, υποβλήθηκαν σε σχετική επεξεργασία και μεταφυτεύτηκαν σε γλάστρες που περιείχαν υπόστρωμα με τύρφη και περλίτη σε αναλογία 4:1. Παρέμειναν στο συγκεκριμένο περιβάλλον για 2 μήνες (για να αποκτήσουν ένα ικανό ριζικό σύστημα και ένα αποτελεσματικό φωτοσυνθετικό υπέργειο τμήμα) προτού εγκατασταθούν σε πλαστικό θερμοκήπιο για αξιολόγηση.

Για την δημιουργία υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) αξιοποιήθηκαν κλώνοι της ποικιλίας Grande Naine, η οποία κυριαρχεί στις μπανανοφυτείες της Ν. Κρήτης. Από πλεονεκτικά μητρικά φυτά (παραγωγικά και άριστο επίπεδο φυτοϋγείας), εκριζώθηκαν παραφυάδες, οι οποίες μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο και εντάχθηκαν στη διαδικασία του μικρο-πολλαπλασιασμού. Απομονώθηκαν οι βλαστικές κορυφές, δημιουργώντας μακρο-έκφυτα, τα οποία απολυμάνθηκαν σε διάλυμα αλκοόλης (75%) για 3΄, σε $CaCl_2O_2$ (10%) ενισχυμένο με 12 σταγόνες tween-20 για περίπου 50΄. Μετά 3 διαδοχικά ξεπλύματα με αποστειρωμένο νερό ακολουθεί η καλλιέργεια τους σε θρεπτικό υπόστρωμα των Murashige και Skoog (1962), εμπλουτισμένο με θειαμίνη HCl (2 mg/l), μυο-ινοζιτόλη (100 mg/l), 6-βενζυλ-αμινοπουρίνη (BAP) (3,5 mg/l), σακχαρόζη (30 gr/l) και άγαρ (8 gr/l). Ακολούθησε επώαση σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης (25°C, 16 ώρες φωτοπερίοδο, ένταση φωτισμού 10000 Lux), για πρόκληση βλαστογένεσης. Για την ριζοβολία των βλαστών χρησιμοποιήθηκε υπόστρωμα των Murashige και Skoog (1962) ενισχυμένο με μια ορμόνη ριζοβολίας (IBA). Τα ριζοβολιμένα vitro-φυτάρια μεταφέρθηκαν σε θερμοκήπιο για εγκλιματισμό. Με βάση τη διάρκεια του εγκλιματισμού τους δημιουργήθηκε Υλικό ιστοκαλλιέργειας δύο κατηγοριών: Α) vitro-φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού οκτώ μηνών και Β) vitro φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού τεσσάρων μηνών.

Στη συνέχεια, το Υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) και το Συμβατικό Υλικό Φύτευσης (παραφυάδες) εγκαταστάθηκε σε πλαστικό θερμοκήπιο 2,4 στρεμμάτων,

προκειμένου να αξιολογηθεί. Δημιουργήθηκαν 4 πειραματικά τεμάχια και εφαρμόστηκε τυχαιοποιημένο σύστημα φύτευσης εγκαθιστώντας 12 φυτά/πειραματικό τεμάχιο (4 επεμβάσεις * 3 επαναλήψεις = 12), συνολικά αξιολογήθηκαν 48 μπανανόφυτα (4 x 4 x 3). Η αξιολόγηση των φυτών άρχισε 2/4/22 (εγκατάσταση των φυτών στο θερμοκήπιο) και ολοκληρώθηκε 26/4/23 (τελευταία ημερομηνία συγκομιδής). Η αξιολόγηση αφορά την καταγραφή των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) και απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού), καθώς και την πρωϊμότητα μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας τις μέσες τιμές με τη δοκιμή Duncan ($P < 0,5$).

Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προκύπτει στατιστικά σημαντική υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) έναντι του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) στις παραμέτρους ανάπτυξης. Συγκεκριμένα ο Μ.Ο. ύψους για το υλικό ιστοκαλλιέργειας είναι 213,19 cm έναντι του συμβατικού υλικού που είναι 197,88 cm. Ο Μ.Ο. αριθμού φύλλων για το υλικό ιστοκαλλιέργειας είναι 33,3 έναντι του συμβατικού υλικού που είναι 32,1. Επιπλέον η διάμετρος του κορμού για το υλικό ιστοκαλλιέργειας κατά Μ.Ο. είναι 77,00 cm έναντι του συμβατικού υλικού που είναι 70,5 cm. Όσον αφορά τις παραμέτρους απόδοσης, το υλικό ιστοκαλλιέργειας εξακολουθεί να υπερτερεί σημαντικά έναντι του συμβατικού υλικού φύτευσης. Συγκεκριμένα, δίνει τσαμπιά με μεγαλύτερο μήκος (104,10 cm.), περισσότερες πόστες/τσαμπί (10,30), περισσότερους καρπούς/πόστα (16,90) και μεγαλύτερο συνολικό βάρος τσαμπιού (25,10 kg). Αντίθετα το συμβατικό υλικό φύτευσης δίνει κατά Μ.Ο. τσαμπιά με μήκος 91,10 cm, 9,30 πόστες/τσαμπί, 15,7 καρπούς/πόστα και 20,60 Kg βάρος τσαμπιού. Αξιολογώντας την επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στην πρωιμότητα, το τελευταίο ολοκληρώνει τον βιολογικό κύκλο σε 11 μήνες σε αντίθεση με το συμβατικό υλικό για το οποίο χρειάστηκαν 12 μήνες.

Abstract

Edible banana cultivars are propagated asexually due to their sterility and consequent inability to produce seeds. Asexual propagation of bananas can be achieved either through conventional methods (in vivo vegetative propagation) or via tissue culture (in vitro vegetative propagation). The conventional method, widely employed by growers, involves the planting of suckers. However, this approach often leads to significant phytosanitary issues, primarily due to the transmission of pathogens and pests to the daughter plants, resulting in new plantations starting off with serious crop protection challenges. In addition, a series of other limitations are associated with conventional planting material, including genetic heterogeneity among suckers, which leads to variability in harvest time. Moreover, the reduced vigor and productivity of suckers contribute to the rapid degeneration of the plantation.

These problems can be effectively addressed by using healthy propagation material derived through tissue culture. Tissue culture represents an alternative method of asexual propagation that enables the elimination of significant diseases typically transmitted through conventional planting material. In recent years, tissue culture has become an established method for clonal propagation and is widely applied across banana-producing regions worldwide. This technique is based on the principle of cellular totipotency, whereby plant cells, when cultured in nutrient media under controlled environmental conditions, are capable of regenerating into complete plants. Tissue culture has long been recognized as an industrial technology for maintaining desirable traits in selected genotypes. Vitro-plantlets produced through this method are characterized by genetic uniformity at all developmental stages, high phytosanitary status, faster propagation rate, enhanced vigour and productivity, early fruiting and high fruit quality.

The objective of the present research study is to evaluate and compare the growth and yield parameters, as well as earliness (defined as the duration from planting to bunch harvest), between tissue culture-derived planting material (vitro-plantlets) and conventional planting material (suckers). To produce conventional planting material, mother plants in excellent phytosanitary condition, belonging to clones of the ‘Grande Naine’ cultivar (which accounts for 90% of banana cultivation in greenhouse conditions in Southern Crete), were selected. From these mother plants, two categories of suckers

were isolated (suckers 45–60 cm in height and suckers 25–40 cm in height), which were transferred to a greenhouse with semi-controlled growth conditions. After screening for potential pathogens and pests, the suckers underwent appropriate treatment and were transplanted into pots containing a peat-perlite substrate at a 4:1 ratio. They remained in this environment for two months to establish a sufficient root system and a functional photosynthetic canopy before being transplanted into a plastic greenhouse for evaluation.

To produce tissue culture planting material (vitro-plantlets), clones of the 'Grande Naine' cultivar—dominant in Southern Crete's banana plantations—were also used. Suckers were uprooted from high-performing mother plants with excellent phytosanitary status and transferred to the laboratory for micropropagation. The apical meristems were excised to create macro-explants, which were disinfected in a 75% ethanol solution for 3 minutes, followed by a 50-minute treatment in 10% calcium hypochlorite ($CaCl_2O_2$) solution enhanced with 12 drops of Tween-20. After three successive rinses with sterile distilled water, the explants were cultured in Murashige and Skoog (1962) medium, supplemented with thiamine HCl (2 mg/L), myo-inositol (100 mg/L), 6-benzylaminopurine (BAP, 3.5 mg/L), sucrose (30 g/L), and agar (8 g/L). The cultures were incubated under controlled growth chamber conditions (25°C, 16-hour photoperiod, light intensity 10,000 Lux) to induce shoot formation. For root induction, shoots were transferred to Murashige and Skoog medium supplemented with the rooting hormone indole-3-butyric acid (IBA). The rooted vitro-plantlets were then transferred to a greenhouse for acclimatization. Based on the duration of acclimatization, two categories of tissue culture material were created: (a) vitro-plantlets with an eight-month acclimatization period and (b) vitro-plantlets with a four-month acclimatization period.

Subsequently, both the tissue culture-derived material (vitro-plantlets) and the conventional planting material (suckers) were transplanted into a 2.4- acres plastic greenhouse for evaluation. Four experimental plots were established, and a randomized planting design was implemented, with 12 plants per plot (4 treatments × 3 replications = 12), resulting in a total of 48 banana plants evaluated (4 × 4 × 3). The evaluation period began on 2/4/22 (planting in the greenhouse) and concluded on 26/4/23 (final harvest date). The assessment focused on recording growth parameters (number of leaves, plant height, pseudostem diameter), yield parameters (bunch length, number of

hands per bunch, number of fruits per hand, bunch weight) and earliness for both types of planting material. Statistical analysis was performed using Duncan's multiple range test to compare mean values at a significance level of $P < 0.05$.

The evaluation of the results indicates a statistically significant superiority of the tissue culture material (in vitro plantlets) over the conventional planting material (suckers) in terms of growth parameters. Specifically, the mean plant height for the tissue culture material was 213.19 cm, compared to 197.88 cm for the conventional material. The mean number of leaves was 33.3 for the tissue culture plants, whereas for the conventional plants it was 32.1. Furthermore, the average stem diameter was 77.00 cm for the tissue culture plants, in contrast to 70.5 cm for those grown from conventional planting material. Regarding yield parameters, the tissue culture material continued to demonstrate a significant advantage over the conventional planting material. In particular, it produced bunches of greater length (104.10 cm), a higher number of hands per bunch (10.30), more fruits per hand (16.90), and a greater total bunch weight (25.10 kg). Conversely, the conventional planting material yielded bunches with an average length of 91.10 cm, 9.30 hands per bunch, 15.7 fruits per hand, and a total bunch weight of 20.60 kg. In evaluating the effect of conventional versus tissue culture planting material on earliness, the latter completed its biological cycle in 11 months, in contrast to the 12 months required by the conventional material.

Συντομογραφίες και επεξηγήσεις

Συντομογραφία	Αγγλική ορολογία	Ελληνική ορολογία
Myo-inositol	Myo-inositol	Μυοϊνοσιτόλη
PGRs	Plant Growth Regulators	Ρυθμιστές ανάπτυξης
TWEEN 20	Polyethylene glycol sorbitan monolaurate	Μονολαυρική σορβιτάνη πολυαιθυλενογλυκόλης
2-ip	2-isopentyl adenine	2-ισοπεντυλαδενίνη
IBA	Indole-3-butyric Acid	Ινδολο-3-βουτυρικό οξύ
BAP ή BA	6-Benzylamino purine	6-βενζυλ-αμινοπουρίνη ή Βενζυλαδενίνη
IAA	Indole-3-acetic acid	Ινδολο-3-οξικό οξύ
NAA	Naphtalene acetic acid	Ναφθαλινοοξικό οξύ
KIN	Kinetin	Κινετίνη
TDZ	Thidiazuron	
ZEA	Zeatin	Ζεατίνη
$CaCl_2O_2$	Calcium hypochlorite	Υποχλωριώδες ασβέστιο
EtOH	Ethanol	Αιθανόλη
Thiamine HCl (Vitamin B1)	Thiamine hydrochloride	Υδροχλωρική θειαμίνη
Vitamin B6	Pyridoxine	Πυριδοξίνη (βιταμίνη)
Vitamin A	Vitamin A (retinol)	Καροτενοειδή (βιταμίνη)
Vitamin C	Ascorbic acid	Ασκορβικό οξύ
Σύμπλεγμα B	B Complex	Σύμπλεγμα βιταμινών: νιασίνη (B3), θειαμίνη (B1), ριβοφλαβίνη (B2)
K	Potassium	Κάλιο
Ca	Calcium	Ασβέστιο
P	Phosphorus	Φώσφορου
Na	Sodium	Νάτριο
Mg	Magnesium	Μαγνήσιο
Zn	Zincum	Ψευδάργυρος
Fe	Iron	σίδηρος
Mn	Manganese	Μαγγάνιο
B	Boron	Βόριο
Cu	Cuprum	Χαλκός
BBTV	Banana bunchy top virus	Ο ιός της μπανάνας
BSV	Banana streak virus	Ο ιός της μπανάνας
CMV	Cucumber mosaic virus	Ο ιός του μωσαϊκού του αγγουριού
BBrMV	Banana bract mosaic virus	Ο ιός του μωσαϊκού των βρακτίων μπανάνας
TR4	Tropical Race 4	Τροπική φυλή 4 (του μύκητα *Fusarium oxysporum*)
cv.	Cultivar	Ποικιλία
sp. / spp.	species	Είδος/ ταξινομική ομάδα
pv.	pathovar	Βακτηριακό στέλεχος ή σύνολο στελεχών με τα ίδια ή παρόμοια χαρακτηριστικά
f. sp.	forma specialis	Ταξινομική ομάδα

Π.Υ.	Propagating material	Πολλαπλασιαστικό Υλικό
MS	Murasige & Skoog	Θρεπτικό υπόστρωμα των Murasige & Skoog
pH	Hydrogen Potenz	Ενεργός οξύτητα
°C	degree Celsius	Κλίμακα Κελσίου (κλίμακα μέτρησης της θερμοκρασίας)
t	tonne	Τόνος, μονάδα μέτρησης της μάζας
Kg	Kilos	Κιλά, μονάδα μέτρησης της μάζας
g	gram	Γραμμάριο, μονάδα μέτρησης της μάζας
l ή L	litre	Λίτρο, μονάδα μέτρησης του όγκου. Χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης της ποσότητας των υγρών
mg	milligram	Μονάδα μέτρησης μάζας, υποδιαίρεση που ισοδυναμεί με 10^{-3} g
ml	milliliter	Χιλιοστόλιτρο (10^{-3}L), υποδιαίρεση μονάδας μέτρησης του λίτρου (L)
cm	centimeter	Εκατοστόμετρο, μονάδα μήκους
m	meter	Μέτρο, μονάδα μήκους
m^2	Square metre	τετραγωνικό μέτρο
στρ.	acre	Μονάδα μέτρησης εμβαδού
Kcal	kilocalorie	Διατροφική θερμίδα (χιλιοθερμίδα)
Lux	luminous flux per unit area	Μονάδα μέτρησης της φωτεινότητας
n	n	Αριθμός πλοειδίας
FAOSTAT ή FAO	Food and Agriculture Organization	Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας
P<0,5		Επίπεδο σημαντικότητας στη στατιστική ανάλυση
π.Χ.	before Christ	προ Χριστού
M.O.	average	Μέσος όρος
No	nomber	Αριθμός
d	days	Ημέρες
Επεξηγήσεις	**Αγγλική ορολογία**	**Ελληνική ορολογία**
	sword / water sucker	Τύπος παραφυάδας σύμφωνα με τα μορφολογικά της χαρακτηριστικά
	plantains	Ομάδα ποικιλιών μπανάνας που χρησιμοποιούνται στην μαγειρική
	Grande Naine (AAA)	Τριπλοειδής ποικιλία, είδος *Musa acuminata*
	PHIA-01/PHIA-18 (AAAB)	Τετραπλοειδές υβρίδιο τύπου Goldfinger
	A, AA, AAA, AAB, ABB, BBB	Αριθμός πλοειδίας

	x	Αριθμός χρωμοσωμάτων
	Totipotency	Ολοδυναμικότητα (αναπαραγωγή ενός ολόκληρου φυτού από δυνητικά κάθε κύτταρο κάθε φυτικού τμήματος, όσο μικρό και αν είναι αυτό)
	macronutrient/micronutrient elements	Μάκροστοιχεία/ μίκροστοιχεία
	Trace elements	Ιχνοστοιχεία
	sucrose	Σουκρόζη
	agar	Αγαρόζη

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1: Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής μπανάνας και εξάπλωση της καλλιέργειας ανά τα έτη (FAOSTAT, 2024). 3
Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανομή της παραγωγής μπανάνας το έτος 2022 (FAOSTAT, 2024). 5
Εικόνα 3: Θερμοκηπιακές και υπαίθριες καλλιέργειες μπανάνας περιοχή Άρβης, Ν. Κρήτη. 6
Εικόνα 4: Εγχώρια διάθεση vitro φυταρίων μπανάνας του Εργαστηρίου Παραγωγής Π.Υ., του Τμήματος Γεωπονίας, ΕΛΜΕΠΑ. 7
Εικόνα 5: Sections γένους Musa: A) Ingentimusa, M. ingens, B) Callimusa, C) Rhodochlamys, D) Australimusa, ποικιλία Fe'i, E) Eumusa, Musa acuminata F) Eumusa, Musa balbisiana (google.com). 9
Εικόνα 6: Α) Έξοδος ταξιανθίας, Β) Ξετύλιγμα βράκτιων φύλλων, C) Εμφάνιση ποστών. 11
Εικόνα 7: Α) Θηλυκά άνθη, Β) Αρσενικός οφθαλμός (κουδούνι), Γ) Ερμαφρόδιτα άνθη. 11
Εικόνα 8: Σπόροι μπανάνας (Singh et al., 2011). 12
Εικόνα 9: Α) Κονδυλώδες ρίζωμα (Bhende & Kurien, 2016) Β) Ριζικό σύστημα (google.com). 13
Εικόνα 10: Α) Παραφυάδα τύπου 'σπαθί' (sword sucker), Β) Παραφυάδα τύπου 'νερού' (water sucker). 14
Εικόνα 11: Βιοδραστικές ενώσεις της μπανάνας και οφέλη στην ανθρώπινη υγεία (Kumari et al., 2023). 16
Εικόνα 12: Προσβολή ριζικού συστήματος και ψευδοβλαστού από νηματώδεις (google.com). 17
Εικόνα 13: Προσβολή από Fusarium wilt: συμπτώματα μαρασμού στα φύλλα και μεταχρωματισμός, νέκρωση των αγγείων (Maryani et al., 2019). 18
Εικόνα 14: Προσβεβλημένα φυτά μπανάνας από CMV (Vovlas et al., 1994). 19
Εικόνα 15: Προσβολή φυτού μπανάνας από βακτήριο Erwinia chrysanthemi (Blomme et al., 2017). 19
Εικόνα 16: Προσβολή από διάφορα έντομα: Α) Θρίπες, Β) Αφίδες, C) Ψώρα (Nacoleia octasema), D) Ψευδόκοκκος, Ε) Κάμπια F) Τετράνυχος και G) Σκαθάρι (Cosmopolites sordidus) (google.com). 20
Εικόνα 17: Παραφυάδες μπανάνας. 23
Εικόνα 18: Α) Μπανανοκαλλιέργεια με υλικό ιστοκαλλιέργειας, Β) Μπανανοκαλλιέργεια με παραφυάδες. 24
Εικόνα 19: Αποφύλλωση μητρικού φυτού με εμφανείς τους πλευρικούς οφθαλμούς (Tumuhimbise & Talengera, 2018). 25
Εικόνα 20: Α) Ρίζωμα με εγκάρσιες τομές (Baiyeri & Aba, 2007), Β) Χάραξη της μεριστωματικής κορυφής (Staver & Lescot, 2015), C) Εκπτυξη βλαστών μετά από 4-5 μήνες (Staver & Lescot, 2015). 25
Εικόνα 21: Αποκοπή του ψευδοβλαστού του μητρικού φυτού με σκοπό την καταστολή της κορυφαίας κυριαρχίας (Tumuhimbise & Talengera, 2018). 26

Εικόνα 22: Α) Καταστροφή του κορυφαίου μεριστώματος (Singh et al., 2011), Β) Έκπτυξη βλαστών από τους πλευρικούς οφθαλμούς του ριζώματος (Tumuhimbise & Talengera, 2018). 27
Εικόνα 23: Α) Τεμαχισμός παραφυάδας για λήψη μικροέκφυτου, Β) Συστάδα εκφύτων, C) Διαδοχικές υποκαλλιέργειες, D) Καλλιέργεια εκφύτων σε θρεπτικό υπόστρωμα ριζοβολίας, E) Vitro φυτάρια πλήρως ανεπτυγμένα, F) Εγκλιματισμένα vitro φυτάρια. 29
Εικόνα 24: Α) Συμβατικό Υλικό φύτευσης και Β) Υλικό Ιστοκαλλιέργειας. 41
Εικόνα 25: Θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην ευρύτερη περιοχή της Άρβης, Ν. Κρήτη. Με κόκκινο βέλος σηματοδοτείται το θερμοκήπιο όπου έγινε η πειραματική μελέτη (googlemaps.com). 41
Εικόνα 26: Α) Συμβατικό υλικό φύτευσης, Β1) παραφυάδα ΜΟ ύψους 52,5cm και Β2) παραφυάδα ΜΟ ύψους 32,5 cm. 42
Εικόνα 27: Μεταφύτευση σε γλάστρες χωρητικότητας 2L & 5L και εγκλιματισμός για 2 μήνες στο θερμοκήπιο. 43
Εικόνα 28: Α) Παραφυάδες τύπου σπαθί (κίτρινο πλαίσιο), Β) Παραφυάδες (cv. Grande Naine) μετά την εκκρίζωση από το μητρικό φυτό. 44
Εικόνα 29: Α) Επιλεγμένη παραφυάδα, Β) Τεμαχισμός του ριζώματος, C) Μάκρο-έκφυτο . 45
Εικόνα 30: Α) Θάλαμος οριζόντιας νηματικής ροής, Β) Απολύμανση μακρο-εκφύτων. 45
Εικόνα 31: Α) Δημιουργία μικρο-εκφύτων, Β) Καλλιέργεια βλαστικής κορυφής σε θρεπτικό υπόστρωμα. 46
Εικόνα 32: Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης (25°C, 16 ώρες φωτοπερίοδο και ένταση φωτισμού 10000 Lux). 46
Εικόνα 33: Α) Συστάδα τυχαίων βλαστών, Β) Υποκαλλιέργεια των νεαρών βλαστών. 47
Εικόνα 34: Α, Β) Ριζοβολημένα vitro φυτάρια, C) Ξέπλυμα του ριζικού συστήματος, D) Εγκλιματισμός σε θερμοκήπιο. 48
Εικόνα 35: Α) In vitro ριζοβολημένα φυτάρια, Β1) Vitro φυτάριο διάρκειας εγκλιματισμού 8 μηνών και Β2) Vitro φυτάριο διάρκειας εγκλιματισμού 4 μηνών. 48
Εικόνα 36: Α) Θερμοκήπιο στην περιοχή της Άρβης, Ν. Κρήτη. Β) Κάτοψη θερμοκηπίου με τα 4 πειραματικά τεμάχια. 49
Εικόνα 37: Τμήμα από το 3ο πειραματικό τεμάχιο, με κάποιες από τις 4 κατηγορίες Π.Υ. 50
Εικόνα 38: Τυχαιοποιημένη φύτευση με 4 κατηγορίες φυτικού υλικού σε 4 πειραματικά τεμάχια. 50
Εικόνα 39: Μήκος τσαμπιού: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων, Β) Παραφυάδας 10-13 φύλλων, C) Vitro φυταρίου 4 μηνών και D) Vitro φυταρίου 8 μηνών. 58
Εικόνα 40: Αριθμός πόστα/τσαμπί: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων, Β) Παραφυάδας 10-13 φύλλων, C) Vitro φυταρίου 4 μηνών και D) Vitro φυταρίου 8 μηνών. 60
Εικόνα 41: Αριθμός καρπών/πόστα: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων και Β) Vitro φυταρίου 8 μηνών. 62

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στα χαρακτηριστικά: αριθμός φύλλων, ύψος φυτού και διάμετρος κορμού. 57
Πίνακας 2: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στα χαρακτηριστικά: μήκος τσαμπιού, αριθμός ποστών/τσαμπί, αριθμός καρπών/πόστα και βάρος τσαμπιού. 65
*Πίνακας 3: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στο χαρακτηριστικό πρωιμότητα της καλλιέργειας. *το γράμμα **b** αφορά το συντομότερο χρονικό διάστημα.* 69

Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 1: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: αριθμός φύλλων. _____ *52*
Γράφημα 2: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων. __ *53*
Γράφημα 3: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: ύψος φυτών. _____ *54*
Γράφημα 4: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό ύψος φυτού. _____ *55*
Γράφημα 5: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: διάμετρος κορμού. _____ *56*
Γράφημα 6: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό διάμετρος του κορμού. _____ *56*
Γράφημα 7: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: μήκος τσαμπιού. _____ *59*
Γράφημα 8: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό μήκος τσαμπιού. ___ *59*
Γράφημα 9: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: Νο ποστών/τσαμπί. _____ *60*
Γράφημα 10: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός ποστών/τσαμπί. _____ *61*
Γράφημα 11: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: Νο καρπών/πόστα. _____ *62*
Γράφημα 12: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός καρπών/πόστα. _____ *63*
Γράφημα 13: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: βάρος τσαμπιού. _____ *64*
Γράφημα 14: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό βάρος τσαμπιών. _ *64*
Γράφημα 15: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στις ημέρες που μεσολάβησαν από την φύτευση έως τη γέννα. _____ *66*
Γράφημα 16: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στις ημέρες που μεσολάβησαν από την φύτευση έως τη γέννα. _____ *67*
Γράφημα 17: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στις ημέρες που μεσολάβησαν από τη γέννα έως την συγκομιδή. _____ *68*
Γράφημα 18: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στις ημέρες που μεσολάβησαν από την γέννα έως την συγκομιδή. _____ *68*

Γενικό Μέρος

1. Καταγωγή και ιστορική αναδρομή του φυτού της μπανάνας

Η μπανάνα είναι ένα από τα παλαιότερα καλλιεργούμενα φυτά στον κόσμο. Η ιστορία της είναι βαθιά ριζωμένη στις αρχαίες γεωργικές και πολιτισμικές παραδόσεις των τροπικών περιοχών της Ασίας και του Ειρηνικού. Οι πρώτες άγριες μπανάνες (*Musa acuminata* και *Musa balbisiana*) εμφανίστηκαν στη Νοτιοανατολική Ασία, κυρίως στις περιοχές της σημερινής Μαλαισίας, της Ινδονησίας και της Νέας Γουινέας περίπου το 5000 π.Χ. έως το 7000 π.Χ., καθιστώντας τις ένα από τα πρώτα καλλιεργούμενα φυτά στην ανθρώπινη ιστορία. Οι καρποί είχαν μεγάλους σπόρους και περιορισμένη ποσότητα σάρκας, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούσαν κυρίως τις ρίζες και τα φύλλα τους.

Σταδιακά η καλλιέργεια εξαπλώθηκε στη Νότια Ασία (3000 π.Χ.) και πιο συγκεκριμένα στις Φιλιππίνες, την Ινδία και τη Σρι Λάνκα. Βέβαια, στην Ινδία υπάρχουν αναφορές για τον καρπό σε αρχαία ιερά κείμενα, όπως οι 'Βέδες' (1500-1000 π.Χ.) και θεωρούνται σύμβολο αφθονίας και ιερότητας. Έπειτα, μέσω των αρχαίων εμπορικών διαδρομών, πιθανώς από τη Μαδαγασκάρη και τη Νοτιοανατολική Ασία, η μπανάνα έφτασε στην Ανατολική Αφρική (2000 π.Χ.). Διάφορα αρχαιολογικά ευρήματα δείχνουν ότι οι μπανάνες καλλιεργούνταν στις περιοχές της Μεγάλης Ρηξιγενούς Κοιλάδας της Αφρικής περίπου το 1000 π.Χ. Στη συνέχεια, οι θαλασσοπόροι των Αυστρονησιακών λαών, μετέφεραν μπανάνες σε απομακρυσμένα νησιά του Ειρηνικού όπως η Πολυνησία, η Μικρονησία και η Χαβάη περίπου το 2000-1000 π.Χ., κατακτώντας βασικό στοιχείο της διατροφής αυτών των λαών (Simmonds, 1962).

Κατά τον Μεσαίωνα, η μπανάνα έγινε γνωστή και στη Μεσόγειο, κυρίως μέσω των Αράβων. Ονομάστηκε "banan" στα Αραβικά (παραλλαγή της λέξης "Finger" δηλαδή "δάχτυλο"), από όπου πήρε το όνομά της και στις ευρωπαϊκές γλώσσες. Έπειτα, την εποχή των εξερευνήσεων (Νέος Κόσμος) τον 15ο και 16ο αιώνα, οι Ισπανοί και οι Πορτογάλοι εξερευνητές έφεραν μπανάνες στην Αμερική. Η καλλιέργεια εξαπλώθηκε γρήγορα στις τροπικές περιοχές της Καραϊβικής, της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Στα τέλη του 19ου αιώνα, οι μπανάνες έγιναν βασικό εξαγώγιμο προϊόν για πολλές χώρες της Κεντρικής Αμερικής, όπως η Γουατεμάλα, η Ονδούρα και η Κόστα Ρίκα. Η βιομηχανία των μπανανών κυριαρχείται από μεγάλες εταιρείες, όπως η United Fruit Company (τώρα Chiquita), που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια εξάπλωση

και εμπορευματοποίηση του καρπού (Koeppel, 2008). Τα βελτιωμένα συστήματα μεταφοράς επέτρεψαν την ανάπτυξη μιας μεγάλης βιομηχανίας μπανάνας στην Κεντρική και Νότια Αμερική επικεντρωμένη στην εξαγωγή φρούτων στη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη από τις αρχές του 20ου αιώνα και μετά (Drenth & Kema, 2021).

Διάφορες αναφορές της μπανάνας στην αρχαιότητα, τονίζουν τη σημαντικότητα του καρπού και τη διάσωση του ανά τα έτη. Σε διάφορα Ινδικά Έπη γίνεται αναφορά για το φυτό ως "Kadali phalam". Επιπλέον, στο Κοράνι χαρακτηρίζεται ως «το δέντρο του παραδείσου» (Sau et al., 2023). Τέλος, κατά την Αλεξανδρινή περίοδο (4ος αιώνας π.Χ.), ο Μέγας Αλέξανδρος στην εκστρατεία του στην Ινδία, γνώρισε την μπανάνα και την εισήγαγε στη Δυτική Ασία και πιθανόν στη Μεσόγειο.

Ο καρπός της μπανάνας γνώρισε ιδιαίτερη πολιτισμική και θρησκευτική σημασία. Στις αρχαίες ασιατικές κοινωνίες, η μπανάνα θεωρούνταν δώρο από τους θεούς και συχνά εμφανιζόταν σε τελετές και προσφορές. Επίσης, τα φύλλα της χρησιμοποιούνταν σε θρησκευτικές τελετές, ενώ ο καρπός θεωρείτο σύμβολο γονιμότητας και ανανέωσης. Έτσι, η μπανάνα πριν από την κοινή χρονολογία ήταν ένα σημαντικό πολιτισμικό και διατροφικό στοιχείο για πολλές αρχαίες κοινωνίες, με εξάπλωση που προετοίμασε το έδαφος για την παγκόσμια καλλιέργεια που γνωρίζουμε σήμερα.

Η καλλιέργεια της μπανάνας στην Ελλάδα είναι σχετικά πρόσφατη και συνδέεται με την προσαρμογή του φυτού σε κατάλληλες κλιματικές συνθήκες. Η μπανάνα πρωτοεμφανίστηκε στην Ελλάδα κατά τον 20ο αιώνα, κυρίως μετά τη δεκαετία του 1920. Ωστόσο, η καλλιέργειά της δεν είχε ευρεία εξάπλωση, καθώς το φυτό προτιμά τροπικά και υποτροπικά κλίματα. Με την ανάπτυξη θερμοκηπιακών τεχνικών και την προσαρμογή κάποιων ποικιλιών, η καλλιέργεια έγινε πιο βιώσιμη σε συγκεκριμένες περιοχές.

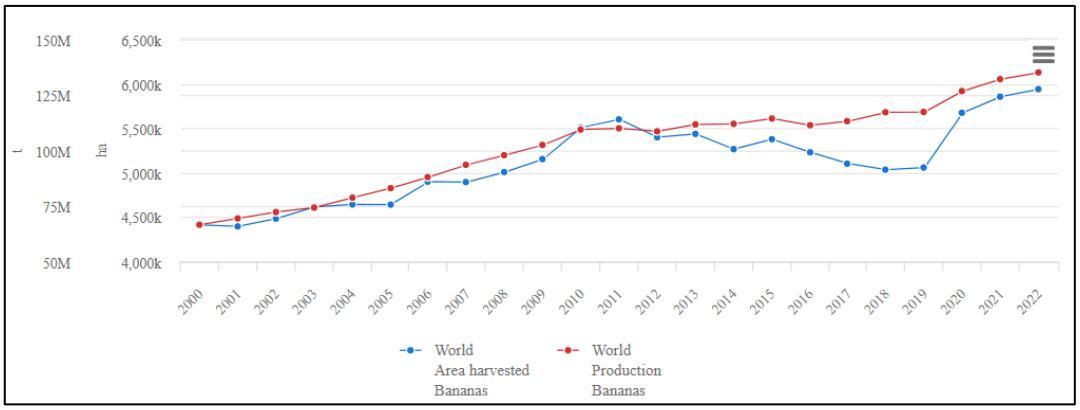
Η Κρήτη είναι η κύρια περιοχή καλλιέργειας μπανανών στην Ελλάδα. Στην περιοχή της Μεσσαράς, ιδιαίτερα στο Τυμπάκι, άρχισαν να καλλιεργούνται μπανάνες σε θερμοκήπια από τη δεκαετία του 1980. Το ζεστό κλίμα της Κρήτης και οι κατάλληλες γεωργικές τεχνικές επέτρεψαν την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Σε μικρότερη κλίμακα καλλιεργήθηκαν και σε άλλα νησιά του Αιγαίου με παρόμοιες κλιματικές συνθήκες. Σήμερα, η καλλιέργεια μπανανών στην Ελλάδα παραμένει μικρής κλίμακας, καλύπτοντας κυρίως τοπικές ανάγκες. Οι "μπανάνες Κρήτης", είναι γνωστές για την εξαιρετική τους ποιότητα και θεωρούνται προϊόν υψηλής προστιθέμενης αξίας.

Σήμερα, η καλλιέργεια έχει εξαπλωθεί σε όλο το νησί, με το Νότιο Ηράκλειο (Άρβη, Τέρτσα, Ψαρή Φοράδα, Κερατόκαμπος) να κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή (Εικόνα 4).

2. Κατανομή των καλλιεργούμενων εκτάσεων

2.1 Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής και των καλλιεργούμενων εκτάσεων

Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τη Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAOSTAT, 2023), το παγκόσμιο εμπόριο μπανάνας έχει καταγράψει υψηλά επίπεδα παραγωγής τα τελευταία χρόνια, περίπου 20 εκατομμύρια τόνους ετησίως (Εικόνα 1). Οι βασικοί στόχοι του εμπορίου περιλαμβάνουν την αύξηση της προσφοράς τόσο στις κορυφαίες όσο και στις εξελισσόμενες εξαγωγικά χώρες, καθώς και την παγκόσμια ζήτηση εισαγωγών.



Εικόνα 1: Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής μπανάνας και εξάπλωση της καλλιέργειας ανά τα έτη (FAOSTAT, 2024).

Ωστόσο, οι ολοένα και πιο ασταθείς και αντίξοες καιρικές συνθήκες, το αυξανόμενο κόστος παραγωγής, τα στενά περιθώρια κέρδους των παραγωγών και η εξάπλωση παρασίτων και ασθενειών των φυτών, προκαλούν σοβαρή ανησυχία στη βιομηχανία. Επιπλέον, οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη έχουν ως αποτέλεσμα την υψηλότερη εμφάνιση ξηρασιών, πλημμυρών, τυφώνων και άλλων φυσικών καταστροφών. Αυτές οι περιβαλλοντικές ανησυχίες καθιστούν την παραγωγή μπανάνας όλο και πιο δύσκολη, αβέβαιη και δαπανηρή, απειλώντας τον παγκόσμιο δίκτυο προώθησης του προϊόντος.

Οι βασικοί παράγοντες που επηρέασαν το εμπόριο το 2023, σύμφωνα με τη Διεθνή

Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAOSTAT), συνοψίζονται στους εξής:

• Ελλείψεις παραγωγής που προκαλούνται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες σε αρκετές εξαγωγικές χώρες.

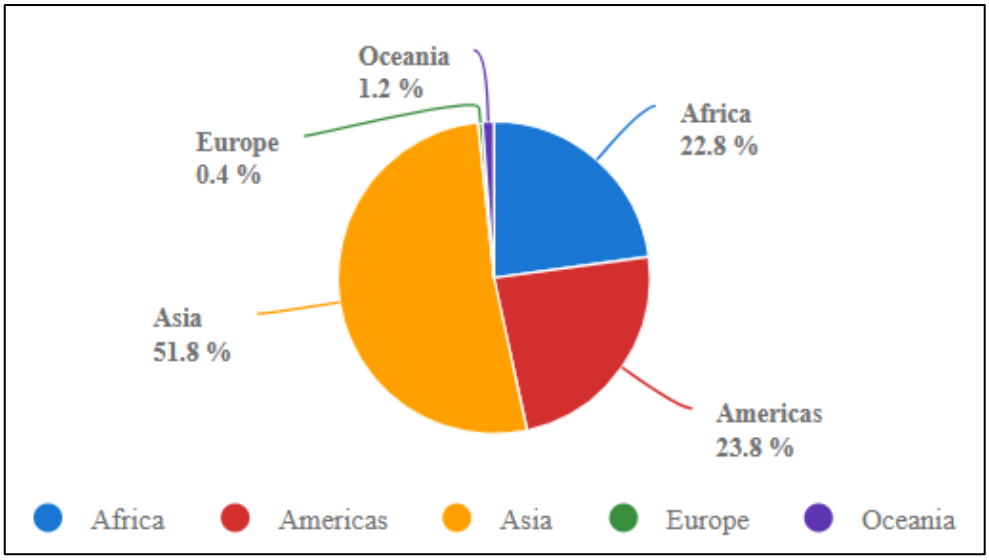
• Υψηλό κόστος για τα λιπάσματα το 2022 και στις αρχές του 2023, το οποίο παρεμπόδισε την παραγωγικότητα και την ποιότητα της καλλιέργειας μπανάνας.

• Απώλειες και πρόσθετες δαπάνες που προκύπτουν από τη διάδοση ασθενειών των φυτών.

• Η καλλιέργεια επλήγη σοβαρά από την πανδημία COVID-19 (Altendorf, 2020).

Αυτές οι δυσκολίες επηρέασαν την ικανότητα των παραγωγών και των εμπόρων να προμηθεύουν επαρκείς ποσότητες μπανάνες που να πληρούν τα ποιοτικά πρότυπα που θεσπίζουν οι εξαγωγικές αγορές σε πολλές περιοχές. Επομένως οι παραγωγοί καλούνται να ανταπεξέλθουν το οικονομικό βάρος της αύξησης των λιπασμάτων, της ενέργειας και των μεταφορών.

Παρά ταύτα, στις περισσότερες τροπικές και υποτροπικές χώρες ετησίως καταναλώνονται πάνω από 100 δισεκατομμύρια καρποί μπανάνες. Παγκοσμίως εκατομμύρια άνθρωποι εξαρτώνται από τις μπανάνες ως βασική τροφή ή ως πηγή εισοδήματος. Η πλειονότητα των μπανανών (85%) καταναλώνεται τοπικά και το υπόλοιπο 15% εξάγεται από τροπικές χώρες σε χώρες κυρίως των εύκρατων ζωνών (Drenth & Kema, 2021). Οι μπανάνες είναι το πιο εμπορεύσιμο φρούτο στον κόσμο και η πέμπτη πιο πολύτιμη καλλιέργεια τροφίμων (Aurore et al., 2009). Καλλιεργείται σε περίπου 150 χώρες σε όλο τον κόσμο (Ινδία, Κίνα, Ινδονησία, Βραζιλία, Εκουαδόρ κ.α.), σε έκταση 5.940.159 εκατομμυρίων εκταρίων, παράγοντας 135.112.326,37 εκατομμύρια τόνους καρπών μπανάνας (FAOSTAT, 2024). Η Ινδία, η Κίνα, η Βραζιλία, οι Φιλιππίνες και το Εκουαδόρ είναι οι κύριες χώρες παραγωγής μπανάνας στον κόσμο. Ο Ισημερινός είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας μπανάνας και οι ΗΠΑ είναι η μεγαλύτερη χώρα εισαγωγής μπανάνας στον κόσμο (FAOSTAT, 2024) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Παγκόσμια κατανομή της παραγωγής μπανάνας το έτος 2022 (FAOSTAT, 2024).

2.2 Κατανομή της εγχώριας παραγωγής και των καλλιεργούμενων εκτάσεων

Σχεδόν ένας αιώνας έχει περάσει από την άφιξη της μπανάνας στην Κρήτη. Η έλευση του φυτού πραγματοποιήθηκε από τον μοναχό Λουκά της Μονής Αγίου Αντωνίου στην περιοχή της Άρβης (Ν. Κρήτη, Ηράκλειο) το 1920. Αυτό το φυτό πολλαπλασιάστηκε σιγά-σιγά και διαδόθηκε σε όλο το νησί μετατρέποντας την καλλιέργεια της μπανάνας σε επαγγελματική ενασχόληση στις αρχές της δεκαετίας του 1930 και βασική πηγή εισοδήματος για πολλούς αγρότες. Οι καρποί μεταφέρονταν με τα ζώα, αρχικά από τη Βιάννο στο Ηράκλειο και στη συνέχεια με πλοίο στη βόρεια Ελλάδα (Αγαπάκη, 2017). Η θρεπτική αξία, η ξεχωριστή γεύση του καρπού και τα ιδιαίτερα αρώματα, γοήτευσαν τους περισσότερους καταναλωτές με αποτέλεσμα η ζήτηση να είναι σε υπερβολικά μεγάλες ποσότητες. Όμως, οι παραγόμενες ποσότητες είναι περιορισμένες με αποτέλεσμα να είναι αδύνατη η κάλυψη της ζήτησης στην εγχώρια αγορά και στο εξωτερικό. Το 1988-1990 η Κρητική μπανανοκαλλιέργεια υπέστη σημαντική κρίση λόγω της μαζικής εισαγωγής καρπών από το εξωτερικό στη χώρα μας. Το χαμηλό κόστος αγοράς και η έλλειψη ενημέρωσης των καταναλωτών, οδήγησαν στη μείωση της κατανάλωσης της εγχώριας μπανάνας. Όμως με την πάροδο του χρόνου, οι καταναλωτές εκτίμησαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της Κρητικής μπανάνας και στράφηκαν προς αυτή (Παπαδάκης, 2023).

Τα τελευταία χρόνια στην ευρύτερη περιοχή της Βιάννου καλλιεργούνται περίπου 380 στρέμματα (280 σε θερμοκήπια και 100 σε υπαίθρια καλλιέργεια) (Εικόνα 3). Από αυτά παράγονται περίπου 5-5,5 tn/στρ. στην θερμοκηπιακή καλλιέργεια και 1,5-2 tn/στρ. στην υπαίθρια ανά καλλιεργητική περίοδο (Παπαδάκης, 2023).

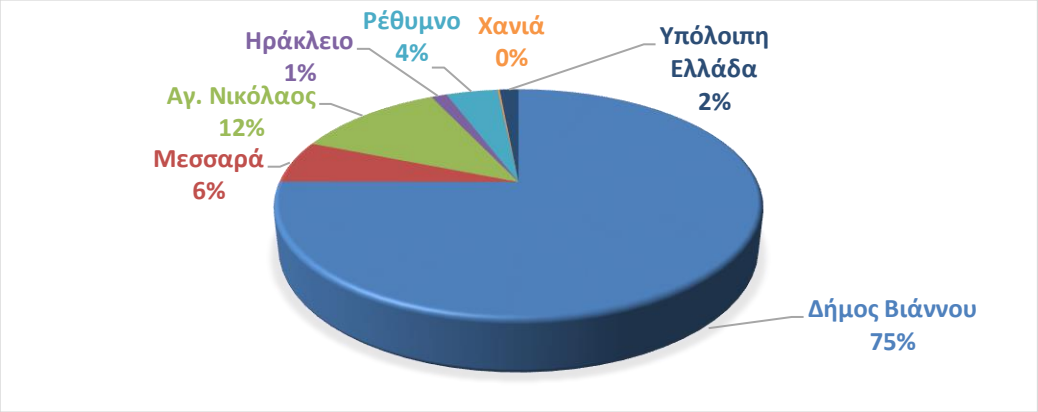


Εικόνα 3: Θερμοκηπιακές και υπαίθριες καλλιέργειες μπανάνας περιοχή Άρβης, Ν. Κρήτη.

Οι περισσότεροι παραγωγοί διανέμουν το προϊόν τους είτε στις λαϊκές αγορές (Κρήτης και Αθήνας), είτε σε τοπικά σούπερ μάρκετ. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από τη συμβατική καλλιέργεια, όμως μια σημαντική ομάδα 'ψαγμένων' παραγωγών στρέφεται σταδιακά στη βιολογική καλλιέργεια της μπανάνας με ότι αυτό συνεπάγεται (Σάρρος, 2019).

Τα τελευταία 15 χρόνια το Εργαστήριο παραγωγής Π.Υ. του Τμήματος Γεωπονίας του ΕΛΜΕΠΑ συνεργάζεται με τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Μπανανοπαραγωγών Κρήτης (φορέας χρηματοδότης & χρήστης) υλοποιώντας διαδοχικά ερευνητικά έργα, που αποσκοπούν στη δημιουργία πρωτοκόλλων παραγωγής υγιούς Π.Υ. μπανάνας αξιοποιώντας την *in vitro* τεχνολογία. Η σπουδαιότητα της ιστοκαλλιέργειας και τα οφέλη του *in vitro* αγενούς Π.Υ., έχουν πλέον εμπεδωθεί από τους μπανανοπαραγωγούς της Κρήτης, με αποτέλεσμα αρκετοί από αυτούς να χρησιμοποιούν αποκλειστικά vitro-φυτάρια (υλικό ιστοκαλλιέργειας) για την εγκατάσταση της μπανανο-φυτείας τους (Γραμματικάκη, κ.ά., 2005, Γραμματικάκη, κ.ά., 2007, Γραμματικάκη κ.ά., 2011, Γραμματικάκη κ.ά., 2012., Γραμματικάκη κ.ά., 2013, Ορφανάκη κ.ά. 2023, Χρονάκη κ.ά. 2023). Από τα στοιχεία του Εργαστηρίου μας προκύπτει ότι τα τελευταία χρόνια έχουν παραδοθεί περισσότερα από 170.000

vitro-φυτάρια σε Έλληνες μπαναπαραγωγούς. Το συγκεκριμένο Π.Υ. διοχετεύτηκε κυρίως στην περιοχή της Κρήτης, όπως: Δήμος Βιάννου (Άρβη, Τέρτσα, Ψαρή Φοράδα), καθώς και στα Μάλλια, στη Μεσσαρά, στο Ρέθυμνο, στη Σητεία, στην Ιεράπετρα. Ενδιαφέρον για τα μπανανόφυτα ιστοκαλλιέργειας έχουν δείξει και άλλες περιοχές της χώρα μας, όπως: Ηγουμενίτσα, Ασπρόπυργος, Σπάρτη, Πάρος, Νάξος, Κάλυμνος, Ρόδος (Εικόνα 3).



Εικόνα 4: Εγχώρια διάθεση vitro φυταρίων μπανάνας του Εργαστηρίου Παραγωγής Π.Υ., του Τμήματος Γεωπονίας, ΕΛΜΕΠΑ.

Η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση της εγχώριας παραγωγής μπανάνας, δεν μπορεί να καλυφθεί από τις παραγόμενες ποσότητες στο νησί, για τις οποίες καταγράφεται πτωτική τάση. Σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και στη χώρα μας, την μπανοκαλλιέργεια επηρεάζουν αρνητικά η κλιματική αλλαγή και η περιβαλλοντική κρίση, καθόσον, ενισχύουν τα παθολογικά αίτια που πλήττουν την καλλιέργεια. Η αλλαγή του κλίματος στη χώρα μας περιλαμβάνει μεγάλα διαστήματα ξηρασίας και μικρές περιόδους βροχοπτώσεων σε σχέση με παλαιότερα, γεγονός που ευνοεί την εξάπλωση των φυτοπαρασίτων και τη δημιουργία προβλημάτων στην καλλιέργεια λόγω εγκαυμάτων (Παϊσιάδης, 2020).

3. Βοτανική ταξινόμηση και μορφολογία

3.1 Ταξινόμηση και γενετική ποικιλότητα της οικογένειας *Musaceae*

Η μπανάνα ανήκει στο βασίλειο «Plantae», τη συνομοταξία των αγγειόσπερμων «Magnoliophyta», την ομοταξία των μονοκοτυλήδονων «Liliopsida», την τάξη «Zingiberales», την οικογένεια «Musaceae», το γένος «*Musa*» και το είδος

«*acuminata*». Το όνομα Musa βρίσκει την προέλευσή του στη σανσκριτική λέξη "moca", μέσω της αραβικής πηγής "mauz" (Sau et al., 2023). Η οικογένεια Musaceae περιλαμβάνει δύο γένη, το *Musa* και το *Ensete*. Το γένος *Ensete* αναγνωρίστηκε επίσημα από τον Cheesman το 1948 αποτελούμενο από 25 είδη. Ωστόσο, μόνο οκτώ από αυτά αναγνωρίζονται πλέον σε αυτό το γένος (Novak, 1992). Το *Ensete* καλλιεργείται στη Νότια Αιθιοπία ως κύρια πηγή τροφής. Μόνο δύο είδη, το *E. ventricosum* και το *E. edule*, έχουν οικονομική σημασία στη διατροφή και τις παραγόμενες φυτικές ίνες (Bezuneh & Feleke 1966). Αντίθετα το γένος *Musa* περιλαμβάνει όλες τις εδώδιμες μπανάνες και plantains με περισσότερα από 50 είδη και αποτελείται από πέντε υποδιαιρέσεις (sections), τις *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys*, *Eumusa* και *Ingentimusa* (Stover & Simmonds, 1987, Purseglove, 1972). Αυτές οι διαιρέσεις ποικίλλουν στα βασικά χρωμοσώματα, δηλαδή τα είδη *Callimusa* και *Australimusa* έχουν αριθμό χρωμοσωμάτων x = 10, ενώ τα είδη *Eumusa* και *Rhodochlamys* έχουν αριθμό χρωμοσωμάτων x = 11. Το *Ingentimusa* έχει ένα μόνο είδος, το *M. ingens* (Εικόνα 5A) με αριθμό χρωμοσωμάτων x = 14 (Wong et al., 2002).

Οι διαιρέσεις *Callimusa* και *Rhodochlamys* αποτελούνται από μη παρθενοκαρπικά είδη χωρίς θρεπτική αξία και είναι σημαντικές μόνο ως καλλωπιστικές καλλιέργειες (Εικόνα 5B, 5C). Το *Australimusa* αποτελείται από παρθενοκαρπικούς εδώδιμους τύπους, γνωστούς ως ποικιλίες Fe'i. Οι μπανάνες Fe'i έχουν όρθια τσαμπιά, με κόκκινο χυμό που τις διαφοροποιεί από άλλες καλλιεργούμενες μπανάνες. Οι μπανάνες αυτές παράγουν και φυτικές ίνες, ενώ από τα ψευδοστελέχη παράγεται μια πολύτιμη σκούρα κόκκινη βαφή που χρησιμοποιείται με ποικίλους τρόπους (Volkaert, 2018) (Εικόνα 5D).

Το *Eumusa* είναι η μεγαλύτερη και πιο διαδεδομένη διαίρεση, καθώς ανήκουν σε αυτή όλες οι βρώσιμες μπανάνες. Οι περισσότερες ποικιλίες σε αυτή τη διαίρεση προέρχονται από δύο είδη, το *Musa acuminata* (Α γονιδίωμα), όπου είναι και το πιο διαδεδομένο και το *Musa balbisiana* (Β γονιδίωμα) (Drenth & Kema, 2021) (Εικόνα 5E, 5F).



Εικόνα 5: Sections γένους Musa: A) Ingentimusa, M. ingens, B) Callimusa, C) Rhodochlamys, D) Australimusa, ποικιλία Fe'i, E) Eumusa, Musa acuminata F) Eumusa, Musa balbisiana (google.com).

Οι εδώδιμες ποικιλίες μπανάνας δεν παράγουν σπόρους, δηλαδή είναι παρθενοκαρπικές, δηλαδή παράγουν καρπούς απουσία επιτυχούς γονιμοποίησης. Ο υβριδισμός στην μπανάνα αναφέρεται στη διαδικασία διασταύρωσης μεταξύ διαφορετικών ειδών ή ποικιλιών, οδηγώντας στη δημιουργία νέων υβριδίων με συνδυασμένα χαρακτηριστικά. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στην ανάπτυξη των εδώδιμων ποικιλιών που γνωρίζουμε σήμερα. Οι περισσότερες εδώδιμες μπανάνες προέρχονται από τον υβριδισμό των άγριων ειδών *Musa acuminata* (γονιδίωμα «**A**») και *Musa balbisiana* (γονιδίωμα «**B**»). Αυτοί οι συνδυασμοί καθορίζουν τα χαρακτηριστικά των διαφόρων ποικιλιών μπανάνας. Οι ποικιλίες μπορεί να είναι διπλοειδείς (AA, BB, AB), τριπλοειδείς (AAA, AAB, ABB) ή τετραπλοειδείς (AAAA, AAAB, AABB). Η σύνθεση του γονιδιώματος επηρεάζει χαρακτηριστικά όπως η γεύση, η υφή, η ανθεκτικότητα σε ασθένειες και οι περιβαλλοντικές προσαρμογές (Menon, 2016, Pillay & Tripathi, 2007, Sau et al., 2023, Wong et al., 2002).

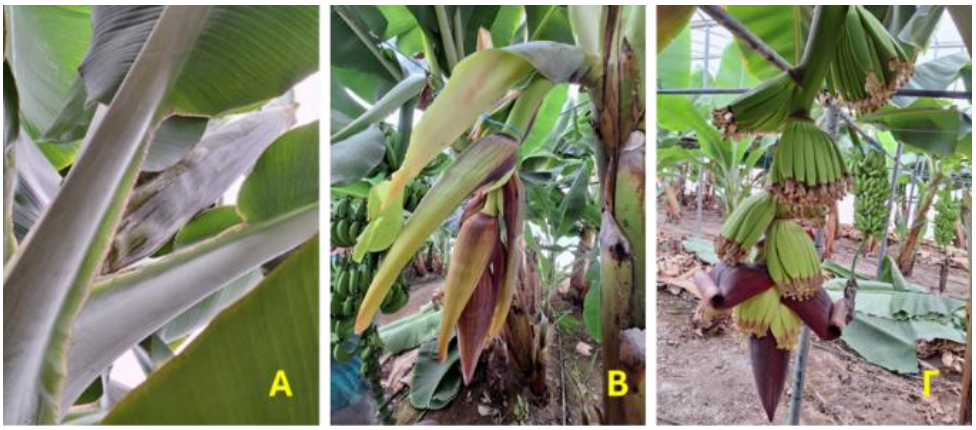
Οι διπλοειδείς μπανάνες διαθέτουν δύο σειρές χρωμοσωμάτων (2n=2x=22). Συχνά περιέχουν σπόρους, γεγονός που τις καθιστά λιγότερο ελκυστικές για κατανάλωση. Ωστόσο, ορισμένες διπλοειδείς ποικιλίες έχουν αναπτυχθεί για βελτίωση μέσω προγραμμάτων αναπαραγωγής. Οι περισσότερες εδώδιμες μπανάνες είναι τριπλοειδή (2n=3x=33) υβρίδια με χαρακτηριστικά παραδείγματα: Cavendish, Gros Michel, Grande Naine, Robusta, Red (AAA), Lady Finger, Malbhog, Pisang Raja, Plantains

(AAB), Bulggoe, Monthan, Pisang Awak (ABB) (Sau et al., 2023). Η ανάπτυξη τετραπλοειδών ποικιλιών (2n=4x=44) μέσω προγραμμάτων αναπαραγωγής στοχεύει στη βελτίωση διαφόρων χαρακτηριστικών όπως η ανθεκτικότητα σε ασθένειες, η απόδοση και η ποιότητα των καρπών, συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα και την παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Παράδειγμα τετραπλοειδούς ποικιλίας είναι η 'FHIA-01', γνωστή και ως 'Goldfinger', η οποία έχει αναπτυχθεί από το Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Αυτή η ποικιλία είναι ανθεκτική σε διάφορες ασθένειες και παρουσιάζει καλή απόδοση, καθιστώντας την ελκυστική για καλλιέργεια σε διάφορες περιοχές (Menon, 2016, Smith et al., 2020).

3.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η μπανάνα είναι μία μονοκοτυλήδονη, πολυετής πόα (λόγω απουσίας των ξυλωδών τμημάτων), χαρακτηρίζεται ως δενδρόμορφη και αποτελείται από τον ψευδοβλαστό ή ψευδοκορμό που σχηματίζεται από τους κολεούς των φύλλων. Τα φύλλα της φύονται εναλλάξ, έχουν λογχοειδές σχήμα, είναι λεία, γυαλιστερά και έχουν φωτεινό πράσινο χρώμα. Κάθε έλασμα συγκροτείται από τον ψευδοβλαστό, έχει κυλινδρικό σχήμα (μορφή πούρου) και το πλήρες ξετύλιγμα προκύπτει μετά από 6-8 ημέρες (Robinson & Saúco, 2010). Σύμφωνα με τον Purseglove (1972) ο αριθμός των λειτουργικών φύλλων παραμένει περίπου σταθερός στα 10-15, με ένα νέο φύλλο να αναδύεται κάθε 7-10 ημέρες. Η εμφάνιση των φύλλων επηρεάζεται κυρίως από την ποικιλία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Καθώς αναπτύσσονται νέα φύλλα από το μερίστωμα, τα παλαιότερα ωθούνται προς τα έξω, σταδιακά ξεραίνονται και παύουν να είναι λειτουργικά (Simmonds, 1962). Τα περισσότερα φυτά μπανάνας παράγουν από 30-40 φύλλα κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Όταν δημιουργηθεί ένας σταθερός αριθμός φύλλων, από το μερίστωμα φύεται το ανθοφόρο στέλεχος (ταξικαρπικός σωλήνας), το οποίο αρχίζει να αναπτύσσεται προς τα πάνω μέσω του ψευδοβλαστού (Karamura et al., 2011, Pillay & Tripathi, 2007) (Εικόνα 6Α). Το ανθοφόρο στέλεχος είναι μία σύνθετη ταξιανθία η οποία αποτελείται από τρεις τύπους ανθέων, θηλυκά, αρσενικά και ερμαφρόδιτα. Τα θηλυκά άνθη εμφανίζονται πρώτα, χωρισμένα σε ομάδες, με μεγάλες ωοθήκες που εξελίσσονται σε καρπούς παρθενοκαρπικά. Οι ομάδες των θηλυκών ανθέων (πόστες), περικλείονται από βράκτια φύλλα κόκκινου/μωβ χρώματος, σχηματίζοντας μία σφιχτή κωνική ταξιανθία όπου σταδιακά ξετυλίγεται (Εικόνα 6Β).

Μετά την εμφάνιση ενός αριθμού ποστών (5-18 ανάλογα με τις συνθήκες της καλλιέργειας και την ποικιλία), ξεκινάει το γέμισμα των μεμονωμένων καρπών, ενώ η αύξηση του βάρους λυγίζει τον κύριο μίσχο έτσι ώστε το τσαμπί να κρέμεται κάθετα (Εικόνα 6Γ) (Purseglove, 1972).



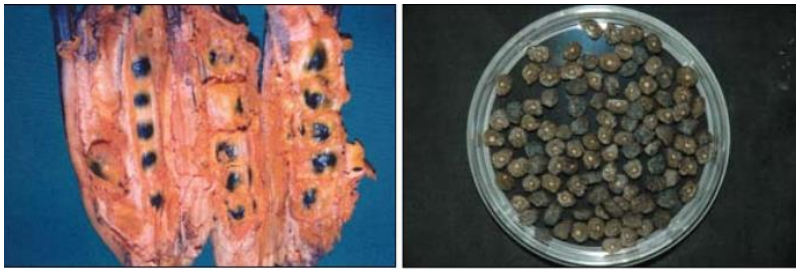
Εικόνα 6: Α) Έξοδος ταξιανθίας, Β) Ξετύλιγμα βράκτιων φύλλων, C) Εμφάνιση ποστών.

Τα θηλυκά άνθη είναι διατεταγμένα σπειροειδώς σε κομβικές συστάδες (παλάμες/χέρια/πόστες) με κάθε κόμβο να περιλαμβάνει συνήθως δύο σειρές ανθέων (Εικόνα 7Α). Καθώς εκπτύσσεται η ταξιανθία, στο τέλος αναπτύσσεται ένας αρσενικός οφθαλμός σε σχήμα βολβού (ονομαζόμενος ως κουδούνι) που περιέχει μικρά άνθη τα οποία δύναται να παράγουν γόνιμη ή μη γύρη (Εικόνα 7Β). Τα αρσενικά άνθη παραμένουν σφιχτά διατεταγμένα στο κουδούνι μαζί με τα βράκτια φύλλα τους για όλη τη διάρκεια της ζωής του τσαμπιού. Παρά ταύτα στην καλλιεργητική πρακτική το κουδούνι συνήθως κόβεται. Τέλος, ο τρίτος τύπος ανθέων ονομάζεται ερμαφρόδιτος ή ουδέτερος και βρίσκεται στον άξονα της ταξιανθίας ή ράχη μεταξύ των θηλυκών ανθέων και του αρσενικού οφθαλμού (Εικόνα 7Γ). Συνήθως τα ερμαφρόδιτα άνθη είναι στείρα και αποβάλλονται σε πρώιμο στάδιο μετά την εμφάνιση τους.



Εικόνα 7: Α) Θηλυκά άνθη, Β) Αρσενικός οφθαλμός (κουδούνι), Γ) Ερμαφρόδιτα άνθη.

Ο καρπός της μπανάνας είναι επιμήκης, κυρτός, στρογγυλός, με την τριγωνική μορφή της ωοθήκης να είναι ακόμα ορατή. Προστατεύεται από μια επιδερμίδα (φλούδα) και ένα υποκείμενο στρώμα παρεγχύματος στο οποίο βρίσκονται οι αγγειακές δέσμες. Μέσα από τη φλούδα βρίσκεται ο πολτός (σάρκα), ένας ιστός από μεγάλα κύτταρα, γεμάτος με άμυλο που μετατρέπεται εν μέρει σε σάκχαρα κατά τη διαδικασία ωρίμανσης (Brummell, 2006, Karamura et al., 2011, Li et al., 2010). Η παρθενοκαρπική ανάπτυξη του καρπού στις περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες, αποτρέπει τον σχηματισμό σπόρων, σε αντίθετη περίπτωση οι καρποί είναι ακατάλληλοι για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς είναι γεμάτοι με σπόρους, περιτυλιγμένοι σε λεπτό βλεννώδη πολτό (Robinson & Saúco, 2010, Karamura et al., 2011, Pillay & Tripathi, 2007), όμως υπάρχουν άγρια είδη που πολλαπλασιάζονται με σπόρο (Stover & Simmonds, 1987). Οι σπόροι έχουν γενικά καφέ έως μαύρο χρώμα, 2-6 cm σε διάμετρο, στρογγυλό ή τριγωνικό πεπλατυσμένο σχήμα (Singh et al., 2011) (Εικόνα 8).

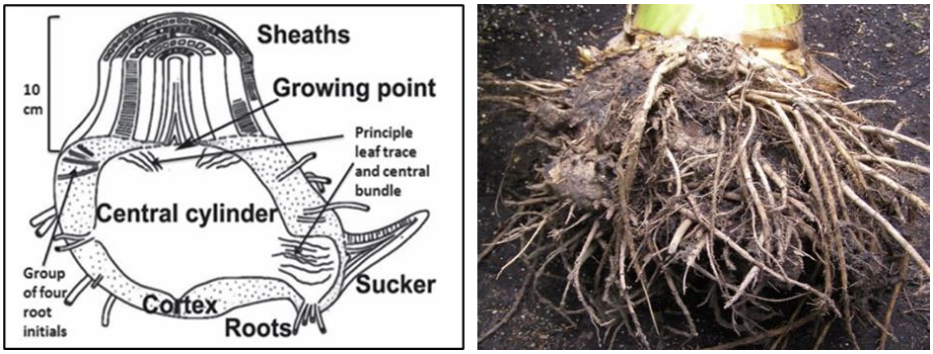


Εικόνα 8: Σπόροι μπανάνας (Singh et al., 2011).

Ο αριθμός των ποστών ανά τσαμπί και των καρπών ανά πόστα, καθορίζεται από τον αριθμό των θηλυκών ανθέων που βρίσκονται στο μετασχηματισμένο μερίστωμα. Αυτό με τη σειρά του ελέγχεται από: (α) την ομάδα γονιδιώματος, (β) τον κύκλο της καλλιέργειας, (γ) τη θερμοκρασία, (δ) τη δυναμική κάθε φυτού και (ε) το επίπεδο διαχείρισης. Το τελικό μέγεθος κάθε καρπού είναι συνάρτηση των συνθηκών που επικρατούν μετά την έναρξη της ανθοφορίας και αυτό καθορίζεται από τη θερμοκρασία, τη γονιμότητα του εδάφους, την παροχή νερού και θρεπτικών συστατικών και το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή. Επιπλέον, η ποικιλία παίζει σημαντικό ρόλο στον αριθμό ποστών, καρπών και βάρους του τσαμπιού (Espino et al., 1991, Fonsah et al., 2007, Robinson & Saúco, 2010, Zamora et al., 1989).

Το υπόγειο μέρος του φυτού είναι πολυετές κονδυλώδες ρίζωμα (tuberous rhizome) και φέρει το κορυφαίο μερίστωμα που ευθύνεται για την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος. Αποτελεί σημαντικό αποθηκευτικό όργανο για την ανάπτυξη του τσαμπιού

και των αναπτυσσόμενων παραφυάδων (Robinson & Saúco, 2010). Εσωτερικά το ρίζωμα διακρίνεται στον κεντρικό κύλινδρο που αποτελείται από ένα σαρκώδες αμυλώδες παρέγχυμα περιβαλλόμενο από φλοιό πάχους 1-3 cm (Bhende & Kurien, 2016) (Εικόνα 9Α).



Εικόνα 9: Α) Κονδυλώδες ρίζωμα (Bhende & Kurien, 2016) Β) Ριζικό σύστημα (google.com).

Το ρίζωμα αποτελείται από σαρκώδεις, χοντρές ρίζες με μικρές διακλαδώσεις λεπτών ριζιδίων με μικρά τριχίδια (Εικόνα 9Β). Η παρουσία των τριχιδίων, διευκολύνει την πρόσληψη επαρκών ποσοτήτων νερού και θρεπτικών συστατικών. Η πλευρική επιφάνεια του ριζώματος αποτελείται από δευτερεύοντες οφθαλμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους θα μετατραπούν σε δευτερογενές πολλαπλασιαστικό υλικό (παραφυάδες). Οι παραφυάδες μετά από ένα συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξής (στα 16-18 φύλλα), αποκτούν το δικό τους ριζικό σύστημα και θεωρούνται αυτοδύναμα φυτά. Η συνεχής εμφάνιση νέων παραφυάδων επιμηκύνει τη ζωή του ριζώματος, δίνοντας στη μπανάνα την πολυετή υπόστασή της (Karamura et al., 2011).

Το μητρικό μπανανόφυτο είναι μονοκαρπικό, δηλαδή ανθίζει και καρποφορεί μία φορά στη ζωή του και τη θέση του αντικαθιστά η παραφυάδα. Συνεπώς, οι παραφυάδες αποτελούν το κύριο υλικό φύτευσης για την επόμενη γενιά συνεχίζοντας έτσι τον κύκλο ανάπτυξης (αγενής τρόπος πολλαπλασιασμού). Υπάρχουν δύο τύποι παραφυάδων σύμφωνα με τα μορφολογικά και γενετικά τους χαρακτηριστικά, οι παραφυάδες ‘σπαθί’ και οι παραφυάδες ‘νερού’. Πιο συγκεκριμένα, για τις εμπορικές μπανανοφυτείες συστήνονται παραφυάδες τύπου ‘σπαθί’ (sword suckers), όπου φύονται από μασχαλιαίους οφθαλμούς στην κάτω πλευρά του μητρικού ριζώματος (Εικόνα 10Α). Διαθέτουν στενά φύλλα όρθιας ανάπτυξης και μεγάλο ρίζωμα, συνεπώς θεωρούνται καταλληλότερες για την αναπαραγωγή, καθώς εξελίσσονται σε φυτά με καλή ανάπτυξη και απόδοση στο χωράφι. Αποφεύγονται οι παραφυάδες τύπου ‘νερού’ (water suckers), διότι αναπτύσσονται συνήθως από οφθαλμούς κοντά στην επιφάνεια

του εδάφους ή ακόμα και πάνω από αυτό (Εικόνα 10Β). Διαθέτουν πλατιά φύλλα, μικρά ριζώματα, αδύναμη σύνδεση με το μητρικό φυτό και δεν εξελίσσονται σε ισχυρά φυτά στο χωράφι (Govindaraju et al., 2012, Karamura et al., 2011, Kulimbe et al., 2021, Robinson & Saúco, 2010, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018).



Εικόνα 10: Α) Παραφυάδα τύπου 'σπαθί' (sword sucker), Β) Παραφυάδα τύπου 'νερού' (water sucker).

Συνήθως παράγονται 5-20 παραφυάδες από κάθε φυτό, η δε ταχύτητα παραγωγής τους εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία και την προέλευση του πρωτογενούς μητρικού υλικού φύτευσης (Sajith et al., 2014, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018, Vuylsteke & Ortiz, 1996). Στο υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro φυτάρια) καταγράφεται μια ταχύτητα στη δημιουργία των παραφυάδων, σε σχέση με το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες), εξαιτίας του πυκνού και ισχυρού ριζικού συστήματος το οποίο παράγει αρκετές φυτοορμόνες (κυτοκινίνες), που παρεμποδίζουν την κυριαρχία της κορυφής και διευκολύνουν την έκπτυξη των παραφυάδων σε πρώιμο στάδιο (Drew & Smith, 1990, Gopu et al., 2021, Robinson et al., 1993).

4. Διατροφική αξία των καρπών και χρήσεις

Οι καρποί της μπανάνας θεωρούνται πολύτιμο διατροφικό συστατικό λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε φυτικές ίνες, βιταμίνες και μέταλλα. Η διατροφική σύνθεση της μπανάνας παρουσιάζει διακύμανση στα διάφορα στάδια ωρίμανσης, ιδιαίτερα όσον αφορά την περιεκτικότητα σε ζάχαρη και υδατάνθρακες. Στο πράσινο στάδιο, οι μπανάνες παρουσιάζουν μεγάλη συγκέντρωση αμύλου και μειωμένη περιεκτικότητα σακχάρων. Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα αυξάνεται σημαντικά ενώ παράλληλα το άμυλο μειώνεται στην πλήρη ωρίμανση (Evans et al., 2020, Li et al., 2010). Οι υδατάνθρακες παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη βασικών οργανοληπτικών

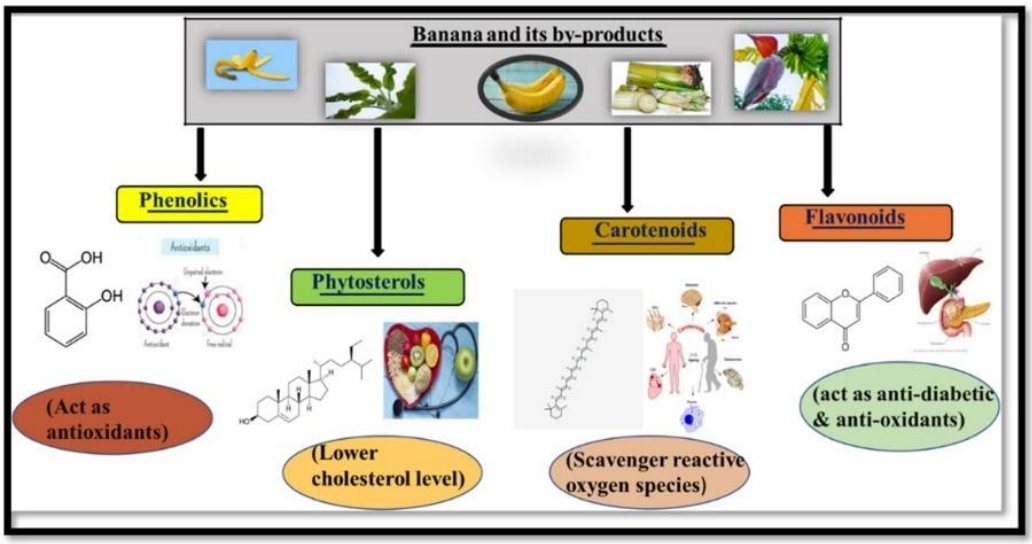
χαρακτηριστικών στις ώριμες μπανάνες, συμπεριλαμβανομένης της γλυκιάς γεύσης και της λείας επιφάνειάς τους (Evans et al., 2020). Οι αλλαγές στην υφή και το μαλάκωμα των καρπών οφείλονται στον αποπολυμερισμό και τη διαλυτοποίηση των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος (Li et al., 2010). Η αποδόμηση των πολυσακχαριτών του κυτταρικού τοιχώματος και η ενζυματική αποικοδόμηση του αμύλου είναι καθοριστικοί μηχανισμοί μαλακώματος των καρπών (Brummell, 2006).

Ο καρπός της μπανάνας αποτελεί πλούσια πηγή μετάλλων, κυρίως καλίου (K), αλλά και ασβέστιου, φώσφορου, νάτριου, μαγνήσιου, ψευδάργυρου, σίδηρου, μαγγάνιου, βόριου και χαλκού (Anyasi et al., 2018, Qamar & Shaikh, 2018). Είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι εκτός του γονοτύπου, οι αβιοτικοί παράγοντες αλλά και οι καλλιεργητικές πρακτικές λαμβάνουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της σύνθεσης των ορυκτών μετάλλων (Borges et al., 2020). Οι ώριμες μπανάνες περιέχουν σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες A (καροτενοειδή), C (ασκορβικό οξύ) και σύμπλεγμα B (νιασίνη, θειαμίνη και ριβοφλαβίνη), ενώ είναι μέτρια πλούσιες σε βιταμίνη B6, δηλαδή πυριδοξίνη (Qamar & Shaikh, 2018).

Οι φαινόλες είναι μία από τις σημαντικότερες βιοδραστικές ενώσεις στις μπανάνες που προσφέρουν αντιοξειδωτικά αποτελέσματα και οφέλη για την υγεία. Λόγω των αντιοξειδωτικών τους δράσεων, αυτές οι ενώσεις είναι ευεργετικές για την προστασία του οργανισμού από το οξειδωτικό στρες (Ranjha et al., 2022). Επιπλέον, το εκχύλισμα του καρπού της μπανάνας, εμφανίζει αντιμικροβιακή, αντιδιαβητική και αντικαρκινική δράση (Ahmad & Danish, 2018) (Εικόνα 11).

Όλα τα μέρη του φυτού έχουν διάφορες χρήσεις. Τα υποπροϊόντα μπανάνας, όπως οι πράσινες μπανάνες, οι φλούδες και τα ψευδοστελέχοι, αποτελούν πολύτιμη πρώτη ύλη και φθηνή πηγή υψηλής ποιότητας πηκτίνης, αμύλου και κυτταρίνης για τη βιομηχανία τροφίμων (Zhang et al., 2005). Επίσης, τα φύλλα και το ψευδοστέλεχος της μπανάνας αξιοποιούνται ως ζωοτροφή, ενώ τα άνθη καταναλώνονται ως λαχανικά. Από το ψευδοστέλεχος και τα φύλλα παράγεται μια υψηλής ποιότητας ίνα που χρησιμοποιείται για κατασκευή σχοινιών, χειροτεχνιών, καλαθιών, χαλιών και μπανανόχαρτου, ενώ η βιομάζα από τα σάπια φύλλα και ψευδοστελέχοι χρησιμοποιείται ως εδαφοβελτιωτικό για τη γονιμότητα του εδάφους (Pillay & Tripathi, 2007, Smith et al., 2020). Τέλος, τα διάφορα μέρη του φυτού έχουν πληθώρα φαρμακευτικών εφαρμογών, όπως για παράδειγμα τα άνθη καταπραΰνουν τη βρογχίτιδα, τη δυσεντερία και τα έλκη. Επίσης

η φλούδα, τα φύλλα και οι ρίζες λαμβάνονται σε δυσεντερία και διάρροια και χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία κακοήθων ελκών, ενώ έχουν βρεθεί αντιμυκητιακές και αντιβιοτικές ιδιότητες στη επιδερμίδα και τον πολτό των πλήρως ώριμων μπανανών (Kumar et al., 2012, Qamar & Shaikh, 2018) (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Βιοδραστικές ενώσεις της μπανάνας και οφέλη στην ανθρώπινη υγεία (Kumari et al., 2023).

5. Βασικοί εχθροί και παθογόνα σε καλλιέργειες μπανάνας

Μέχρι τα τέλη περίπου του 19ου αιώνα, οι αγρότες σε όλο τον κόσμο συνήθιζαν να επιλέγουν τα καλύτερα φυτά από το αγρόκτημά τους για να συλλέγουν σπόρους ή παραφυάδες ως υλικό φύτευσης. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στην εξάπλωση των τοπικών φυλών (γενετική ποικιλομορφία). Η παραγωγικότητα ήταν χαμηλή, όμως υπήρχε σταθερότητα στην απόδοση εξαιτίας της ανάπτυξης μεγάλου αριθμού διαφορετικών ποικιλιών καλά προσαρμοσμένων στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες (Drenth & Kema, 2021). Τον 20ο αιώνα, η συμβολή της παγκοσμιοποίησης στην δημιουργία νέων ποικιλιών και βελτιωμένων τεχνικών καλλιέργειας, αύξησε σημαντικά την παραγωγικότητα των καλλιεργειών όμως οδήγησε στον ακούσιο περιορισμό της γενετικής ποικιλότητας (Day-Rubenstein et al., 2005, Smolders, 2006). Σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (Crops, 1972), η αυξημένη γενετική ομοιομορφία οδήγησε στη λεγόμενη γενετική ευπάθεια, η οποία ορίζεται ως «ο κίνδυνος αποτυχίας των καλλιεργειών από ασθένειες ή αβιοτικούς παράγοντες». Το επίπεδο γενετικής ευπάθειας εξαρτάται από την έκταση που καταλαμβάνει μια ποικιλία

και το ρυθμό εξάπλωσης παθογόνων οργανισμών και παρασίτων. Έντονο προβληματισμό δημιουργεί το γεγονός ότι περισσότερο από το 40% της καλλιεργούμενης έκτασης με μπανάνα αποτελείται από την ποικιλία Cavendish, με αποτέλεσμα η παγκόσμια εξαγωγική βιομηχανία που βασίζεται κυρίως στην προαναφερόμενη ποικιλία, λόγω της ευπάθειας σε γνωστές ασθένειες να παρουσιάζει προβλήματα απόδοσης (Bhende & Kurien, 2016, Drenth & Kema, 2021, Kothawade, 2019).

Σχετικές μελέτες που έγιναν τη δεκαετία του 1990 έδειξαν, ότι διάφορα παθογόνα και εχθροί συναντώνται στις μπανανοκαλλιέργειας της Κρήτης και διαιωνίζονται με το μολυσμένο Π.Υ.:

Νηματώδεις

- Σε αντιπροσωπευτικές περιοχές καλλιέργειας της μπανάνας, συναντώνται οι νηματώδεις: *Meloidogyne javanica, Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden, *Pratylenchus goodeyi και Radopholus similis* (Cobb) Thorne, οι οποίοι ευθύνονται για τη δημιουργία επιφανειακών και εσωτερικών νεκρώσεων στο ρίζωμα (Grammatikaki & Tzortzakakis, 1998, Vovlas *et al*., 1993, Vovlas *et al*., 1994) (Εικόνα 12). Η χρήση υγιών μητρικών φυτών (υγιές Π.Υ.) από τους μπανανο-καλλιεργητές το οποίο προκύπτει διαμέσου της ιστοκαλλιέργειας (*in vitro* culture), περιόρισε σημαντικά τη διάδοση των νηματωδών. Ωστόσο, η εντατική καλλιέργεια της γης χωρίς αγρανάπαυση και δίχως να εφαρμόζεται αμειψισπορά, αλλά και η εγκατάσταση νέων καλλιεργειών μπανάνας σε θερμοκήπια όπου προϋπήρχαν καλλιέργειες κηπευτικών, δημιουργεί ευνοϊκό περιβάλλον για την εμφάνιση νηματωδών και τη μόλυνση οποιουδήποτε φυτικού υλικού εγκατασταθεί σε αυτό το έδαφος (Tzortzakakis, 2008).



Εικόνα 12: Προσβολή ριζικού συστήματος και ψευδοβλαστού από νηματώδεις (google.com).

Μύκητες

- Ο μύκητας *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*:

  Αποτελεί πλέον μια από τις πιο καταστροφικές ασθένειες για την καλλιέργεια της μπανάνας και θεωρείται ότι εμφανίστηκε στην Κρήτη με ριζώματα που εισήχθησαν από το Ισραήλ, την Αίγυπτο και το Μαρόκο (Vovlas *et al*., 1994). Το παθογόνο βιώνει στις ρίζες με αποτέλεσμα τα ξυλώδη αγγεία να γίνονται κόκκινο-καφέ και να φράζουν, παρεμποδίζοντας τη μεταφορά νερού και θρεπτικών συστατικών. Τα παλαιότερα φύλλα μαραίνονται και νεκρώνονται λόγω της δράσης των φυτοτοξινών που παράγονται από το παθογόνο. Τελικά, όλο και νεότερα φύλλα αναπτύσσουν συμπτώματα και το φυτό νεκρώνει (Ploetz, 2015) (Εικόνα 13). Επιπλέον σε μελέτες που εφαρμόστηκαν σε μπανανο-καλλιέργειες της Κρήτης, αρκετά ακόμα είδη μυκήτων που μεταδίδονται στο έδαφος απομονώθηκαν από νεκρωτικούς ιστούς, όπως: *Acremonium* sp., *Rhyzoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp., *Fusarium compactum* και *Cylindrocarpon* sp. (Frisullo *et al*., 1994, Vovlas *et al*., 1994).



Εικόνα 13: Προσβολή από Fusarium wilt: συμπτώματα μαρασμού στα φύλλα και μεταχρωματισμός, νέκρωση των αγγείων (Maryani et al., 2019).

Φυτικοί ιοί

- Σε περιοχές της Ν. Κρήτης όπου καλλιεργείται σε μεγάλη έκταση η ποικιλία Grande Naine συναντάται ο ιός του μωσαϊκού της αγγουριάς (cucumber mosaic virus, CMV), ο οποίος προκαλεί νανισμό και χαρακτηριστικό μωσαϊκό στα

φύλλα της μπανάνας (Avgelis, 1987, Vovlas *et al*., 1994) (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Προσβεβλημένα φυτά μπανάνας από CMV (Vovlas et al., 1994).

Βακτήρια

- Τα βακτήρια που προσβάλλουν την καλλιέργεια της μπανάνας στην Κρήτη, είναι κυρίως του γένους *Erwinia* sp. (Εικόνα 15) και *Pseudomonas* sp. (Vovlas *et al*., 1994).



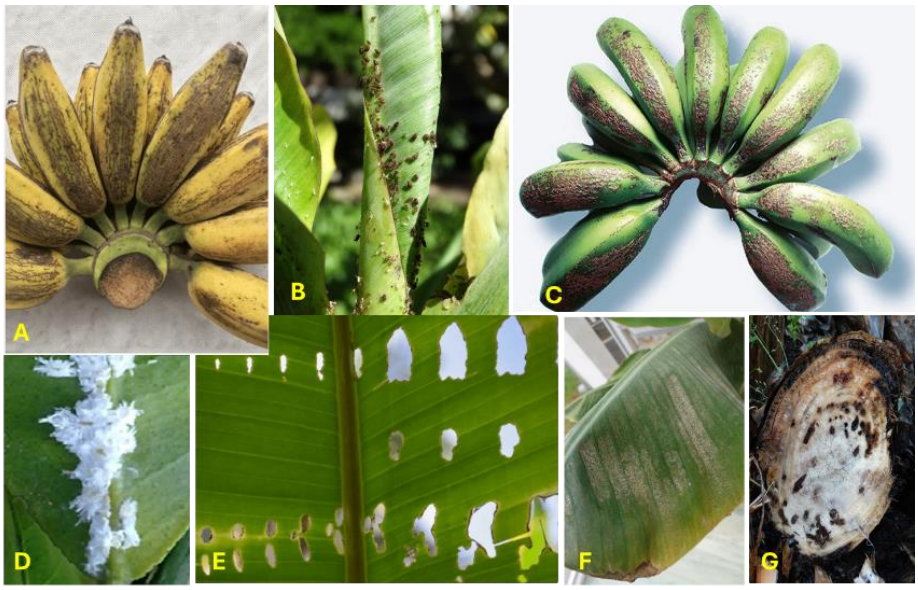
Εικόνα 15: Προσβολή φυτού μπανάνας από βακτήριο Erwinia chrysanthemi (Blomme et al., 2017).

Έντομα

- Προβλήματα στα άνθη και τους καρπούς της μπανάνας, δημιουργούν οι κόκκινοι θρίπες (*Chaetanaphothrips orchidii* και *Chaetanaphothrips sigipennis*), η ψώρα της μπανάνας (*Nacoleia octasema*), οι κάμπιες των ειδών *Antichoris, Caligo, Osiphanes* και *Sibene*, οι αφίδες διαφόρων ειδών, ο

τετράνυχος (*Tetranychus urticae*), ο αλευρώδης, ο ψευδόκοκκος κ.ά. (Jones, 2009).

- Επιπλέον, άκρως ζημιογόνο θεωρείται ένα Κολεόπτερο, το σκαθάρι *Cosmopolites sordidus,* που προσβάλει την καλλιέργεια της μπανάνας στις τροπικές περιοχές καλλιέργειας. Η μεγαλύτερη ζημιά προκαλείται από την εκτεταμένη διάνοιξη πυκνού δικτύου σηράγγων στον κορμό από τις προνύμφες του εντόμου, εμποδίζοντας τη μεταφορά του νερού και των θρεπτικών ουσιών. Έτσι το φυτό αποδυναμώνεται και μειώνεται σταδιακά η διάρκεια ζωής της φυτείας (Jacobsen *et al*., 2019) (Εικόνα 16). Προς το παρόν δεν έχει αναφερθεί στην Κρήτη.



Εικόνα 16: Προσβολή από διάφορα έντομα: Α) Θρίπες, Β) Αφίδες, C) Ψώρα (Nacoleia octasema), D) Ψευδόκοκκος, Ε) Κάμπια F) Τετράνυχος και G) Σκαθάρι (Cosmopolites sordidus) (google.com).

6. Εδαφοκλιματικές απαιτήσεις

Η καλύτερη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των εδώδιμων ποικιλιών μπανάνας είναι περίπου οι 28ºC, όμως μπορούν να καλλιεργηθούν και στους 15 έως 35ºC, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει αρκετό νερό και θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη του φυτού. Κάτω από τους 15ºC η ανάπτυξη των φυτών σταματά, ενώ κάτω από τους 12ºC υπάρχει μια φυσιολογική διαταραχή ονομαζόμενη «Chilling», η οποία θέτει σε κίνδυνο τη διαδικασία ωρίμανσης και βλάπτει τον καρπό (κυρίως τη φλούδα). Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εμφανιστεί σε υποτροπικές περιοχές όπου οι ελάχιστες νυχτερινές

θερμοκρασίες φτάνουν τους 4,5 έως 10ºC. Αντίθετα σε θερμοκρασίες άνω των 35°C, η ανάπτυξη του φυτού αναστέλλεται, κυρίως λόγω της αφυδάτωσης, ιδιαίτερα των φύλλων (Borges et al., 2007, Pillay & Tripathi, 2007, Stover & Simmonds 1987).

Η μπανάνα έχει υψηλές απαιτήσεις σε νερό λόγω της μορφολογίας της, καθώς είναι απαραίτητη η ενυδάτωση των ιστών της. Η έλλειψη νερού είναι πιο σοβαρή στις φάσεις της διαφοροποίησης των ανθέων (άνθηση) και στην έναρξη της παραγωγής καρπών (Shongwe et al., 2008). Μια σχετική υγρασία 60-100% είναι απαραίτητη για τη σωστή ανάπτυξη της μπανάνας, ανάλογα με την εξατμισοδιαπνοή. Η χαμηλή σχετική υγρασία έχει ως αποτέλεσμα αφυδάτωση των φύλλων, μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και συντόμευση της διάρκειας ζωής του φυτού (Pillay & Tripathi, 2007, Nansamba et al., 2020).

Οι μπανάνες είναι επιρρεπείς σε ζημιές από τον άνεμο, διότι οι ψευδοβλαστοί έχουν επιφανειακό ριζικό σύστημα και κινδυνεύουν από ξερίζωμα, ενώ τα φύλλα καταστρέφονται και μειώνεται η φωτοσυνθετική τους λειτουργία. Επειδή τα φυτά διαθέτουν επιφανειακό ριζικό σύστημα (στα 30 cm), συστήνεται έδαφος αφράτο (μη συμπαγές), με καλή αποστράγγιση και σχετικά όξινο pH μεταξύ 5,5-6,5. Λόγω της ταχείας ανάπτυξης των φυτών, απαιτούνται επαρκείς ποσότητες διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών στο έδαφος. Αν και μέρος των απαιτούμενων θρεπτικών ουσιών μπορεί να τροφοδοτηθεί από το ίδιο το έδαφος και από τα φυτικά υπολείμματα, είναι συνήθως απαραίτητη η εφαρμογή ασβέστη και οργανικής κοπριάς ή/και χημικών λιπασμάτων, ώστε να επιτευχθούν οικονομικά βιώσιμες αποδόσεις. Η ποσότητα των θρεπτικών συστατικών που απαιτείται, εξαρτάται από την ποικιλία, το δυναμικό απόδοσής της, την πυκνότητα φύτευσης, τη φυτοϋγειονομική κατάσταση και κυρίως την ισορροπία των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος και την πρόσληψη από τις ρίζες (Stoorvogel & Mena, 2018). Επιπλέον η διαθεσιμότητα επαρκούς οξυγόνου στο έδαφος είναι θεμελιώδους σημασίας για την καλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος. Ο κακός αερισμός μπορεί να είναι αποτέλεσμα συμπίεσης του εδάφους ή πλημμύρας (Carr, 2009, Karamura et al., 2011). Τέλος, το υψόμετρο επηρεάζει τη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις, τη σχετική υγρασία και τη φωταύγεια και αυτό με τη σειρά του επηρεάζει την ανάπτυξη και την παραγωγή.

7. Εγγενής αναπαραγωγή της μπανάνας (sexual reproduction)

Η μπανάνα είναι η τέταρτη κύρια καλλιέργεια στον κόσμο, παρέχοντας διατροφική ασφάλεια στον άνθρωπο. Η γενετική βελτίωση του γένους Musa θεωρείται επιτακτική ανάγκη και νέοι κλώνοι δημιουργούνται από προγράμματα αναπαραγωγής. Οι καλλιεργούμενες εδώδιμες μπανάνες (Musa spp.) είναι ως επί το πλείστων τριπλοειδείς με διάφορες συνθέσεις των γονιδιωμάτων A και B που προκύπτουν από υβριδισμό μεταξύ των διπλοειδών προγόνων τους M. acuminata Colla (γονιδίωμα A) και M. balbisiana Colla (γονιδίωμα B).

Η μπανάνα είναι ένα φυτό εξαιρετικά δύσκολο στην εγγενή αναπαραγωγή, δηλαδή δημιουργία νέων ποικιλιών μέσω διασταυρώσεων, επειδή δεν παράγει σπόρους (στείρες). Συγκρινόμενη με άλλες σημαντικές καλλιέργειες που παρέχουν τροφή, υπάρχει σχετική έλλειψη γνώσεων σχετικά με τη γενετική και κυτταρογενετική του γένους Musa. Επιπλέον, ο μικρός αριθμός παραγόμενων σπόρων και τα χαμηλά ποσοστά βλάστησης, επιδρούν αρνητικά στην παραγωγή υβριδικών φυτών στα περισσότερα τριπλοειδή είδη του γένους *Musa* (Crouch et al., 1998, Kumar, 2006, Pillay & Tripathi, 2007). Ακόμη, ο αργός *in vivo* ρυθμός πολλαπλασιασμού του φυτού και το μεγάλο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη μία γενιά στην άλλη (κύκλος αναπαραγωγής), δυσχεραίνουν εξαιρετικά την εξέλιξη προγραμμάτων βελτίωσης της μπανάνας (Crouch et al., 1998).

Παρά τους σημαντικούς αυτούς περιορισμούς, τα τελευταία χρόνια αρκετές νέες ποικιλίες έχουν δημιουργηθεί μέσω συμβατικών τεχνικών υβριδισμού. Η στενή συνεργασία των βελτιωτών (Musa breeders) και βιοτεχνολόγων (biotechnologists), καθώς και η κλασσική μεθοδολογία των διασταυρώσεων βοήθησε προς αυτή την κατεύθυνση. Συγκεκριμένα η εφαρμογή της τεχνικής 3x/2x (διασταύρωση συγκεκριμένων τριπλοειδών ποικιλιών, με άγρια διπλοειδή είδη) για τη δημιουργία τετραπλοειδών υβριδίων, καθώς και της τεχνικής 4x/2x, (διασταύρωση διπλοειδών με βελτιωμένα τετραπλοειδή υβρίδια), για την παραγωγή τριπλοειδών υβριδίων (Batte et. al., 2019, Sipen et al., 2011, Smith et al., 2020, Tomekpe & Escalant, 2004).

Η δημιουργία νέων ποικιλιών συμβάλλει στην ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής. Τα προγράμματα βελτίωσης της μπανάνας στοχεύουν στη δημιουργία γονοτύπων με άριστα αγρονομικά χαρακτηριστικά, όπως υψηλή απόδοση - ποιότητα καρπών και

ανθεκτικότητα σε βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις (παράσιτα και ασθένειες, προσαρμογή σε πολύ θερμά ή ψυχρά κλίματα κλπ.) (Gubbuk et al. 2004, Heslop-Harrison, 2011, Pinar et al., 2021, Rajamanickam & Rajmohan, 2020, Tumuhimbise et al., 2016, Tushemereirwe et al., 2015). Άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά είναι η πρώιμη άνθηση/ωριμότητα, το χαμηλό ύψος των φυτών, η φωτοσυνθετική αποτελεσματικότητα, το ισχυρό ριζικό σύστημα και οι καρποί ομοιόμορφου μεγέθους (Sipen et al., 2011).

8. Τεχνικές πολλαπλασιασμού της μπανάνας

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνες είναι βρώσιμες, δεν έχουν σπόρους (στείρες ποικιλίες) και πολλαπλασιάζονται αγενώς. Ο αγενής πολλαπλασιασμός της μπανάνας επιτυγχάνεται είτε με συμβατικό τρόπο (*in vivo* αγενής πολλαπλασιασμός) είτε μέσω της ιστοκαλλιέργειας (*in vitro* αγενής πολλαπλασιασμός).

8.1 Αγενής αναπαραγωγή (*in vivo* reproduction) - συμβατική μέθοδος πολλαπλασιασμού

Ο πιο συνήθης τρόπος πολλαπλασιασμού της μπανάνας είναι μέσω των παραφυάδων που φύονται από τους οφθαλμούς στο ρίζωμα του μητρικού φυτού (Εικόνα 17). Οι παραγωγοί αξιοποιούν περισσότερο αυτή τη μέθοδο πολλαπλασιασμού λόγω του χαμηλού κόστους.



Εικόνα 177: Παραφυάδες μπανάνας.

Όμως, ο συμβατικός τρόπος πολλαπλασιασμού (παραφυάδες) της μπανάνας δημιουργεί σοβαρά προβλήματα, βασικότερο όλων η μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών και παρασίτων (λόγω του υλικού φύτευσης) στις νέες φυτείες με τελικό αποτέλεσμα τον εκφυλισμό της φυτείας (Kulimbe et al., 2021, Ngomuo et al., 2014, Pillay et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018) (Εικόνα 18). Επιπλέον, η απόδοση των νέων μπανανοφυτειών με παραφυάδες είναι μικρότερη σε σχέση με εκείνες που προκύπτουν με πολλαπλασιαστικό υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια). Σημαντική διαφορά σημειώνεται και σε όλα τα στάδια του βιολογικού κύκλου. Μπανανοφυτείες με συμβατικό υλικό φύτευσης, υστερούν στην πρωιμότητα της παραγωγής σε σχέση με εκείνες όπου χρησιμοποιείται υλικό ιστοκαλλιέργειας (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Ngomuo et al., 2014, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010, Waman et al., 2014).

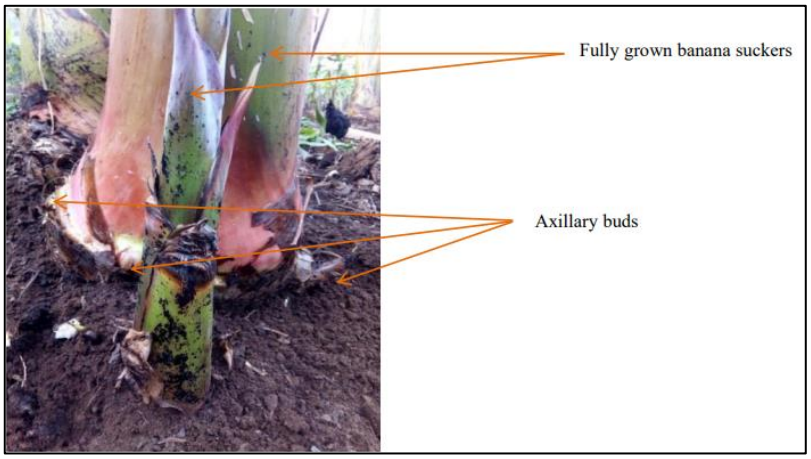


Εικόνα 18: Α) Μπανανοκαλλιέργεια με υλικό ιστοκαλλιέργειας, Β) Μπανανοκαλλιέργεια με παραφυάδες.

Τέλος, η φυσική αναγέννηση των παραφυάδων είναι σχετικά αργή λόγω της κυριαρχίας της κορυφής που ασκείται από το μητρικό φυτό. Ανάλογα με την ποικιλία, ένα φυτό δύναται να παράγει 5-20 παραφυάδες καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του (Sajith et al., 2014, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018). Προκειμένου να βελτιωθεί ο ρυθμός αναγέννησης των παραφυάδων, οι καλλιεργητές χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές σε παραφυάδες και ριζώματα:

- Αποφύλλωση μητρικού φυτού (Mother plant stripping): Αφαιρούνται τα εξωτερικά φύλλα (κολεοί) του μητρικού φυτού, ώστε να εκτεθούν οι οφθαλμοί της βάσης (axillary buds) και καλύπτονται με χώμα για να αναπτυχθούν πιο γρήγορα σε παραφυάδες (Εικόνα 19). Αυτή η μέθοδος μπορεί να διπλασιάσει τον αριθμό των παραφυάδων έως και 40 ανά φυτό σε ένα χρόνο (Baker &

Simmonds, 1952, Buah et al., 2000, Kulimbe et al., 2021, Tumuhimbise & Talengera, 2018).



Εικόνα 19: Αποφύλλωση μητρικού φυτού με εμφανείς τους πλευρικούς οφθαλμούς (Tumuhimbise & Talengera, 2018).

- Χάραξη ριζώματος (Cross cut): Σε ρίζωμα 4-6 μηνών, κόβεται το ψευδοστέλεχος και γίνονται εγκάρσιες τομές στο αναπτυσσόμενο μερίστωμα ώστε να διεγερθεί η παραγωγή πλευρικών οφθαλμών (Εικόνα 20Α και Β). Αυτή η μέθοδος έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή 9-15 ομοιόμορφων βλαστών ανά ρίζωμα σε σύντομο χρονικό διάστημα (Singh et al., 2011, Staver & Lescot, 2015) (Εικόνα 20C).



Εικόνα 20: Α) Ρίζωμα με εγκάρσιες τομές (Baiyeri & Aba, 2007), Β) Χάραξη της μεριστωματικής κορυφής (Staver & Lescot, 2015), C) Εκπτυξη βλαστών μετά από 4-5 μήνες (Staver & Lescot, 2015).

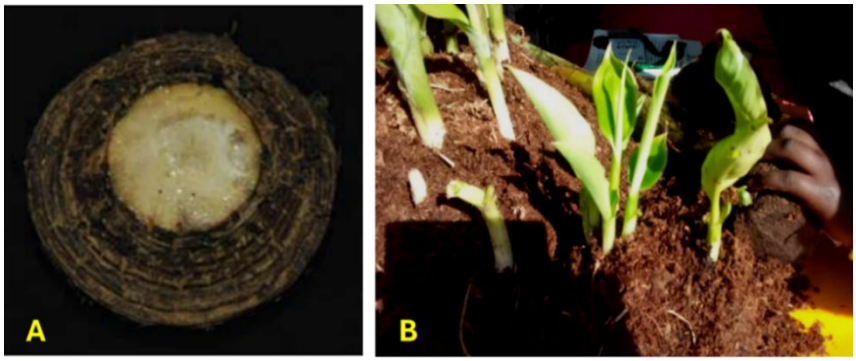
- Αποκεφαλισμός του μητρικού φυτού (Decapitation): Η ταχύτερη έκπτυξη παραφυάδων, επιτυγχάνεται εμποδίζοντας την κορυφαία κυριαρχία που ασκείται από το μητρικό φυτό. Συνεπώς, δημιουργείται ένα ‘παράθυρο’ στη βάση του ψευδοβλαστού στο σημείο που εκπτύσσεται το κορυφαίο μερίστωμα, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η ανάπτυξη του μητρικό φυτού, ενώ παράλληλα παραμένει ενεργό για να προσδώσει θρεπτικά συστατικά στις

παραφυάδες (Εικόνα 21). Με την τεχνική αυτή αυξάνεται κατακόρυφα η παραγωγή παραφυάδων (Bhende & Kurien, 2016, Kulimbe et al., 2021, Pillay et al. 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018).



Εικόνα 21: Αποκοπή του ψευδοβλαστού του μητρικού φυτού με σκοπό την καταστολή της κορυφαίας κυριαρχίας (Tumuhimbise & Talengera, 2018).

- Μακροπολλαπλασιασμός (Corm technique): Καταστρέφεται το κορυφαίο μερίστωμα ενός ριζώματος, ακολουθεί η φύτευση του ριζώματος σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας, προκειμένου οι πλευρικοί οφθαλμοί να εξελιχθούν σε βλαστούς, οι οποίοι στη συνέχεια αποκόπτονται και σκληραγωγούνται στο φυτώριο (Εικόνα 22Α και Β). Η αποκοπή αυτών των βλαστών μειώνει περαιτέρω την κυριαρχία της κορυφής και διεγείρει περισσότερο τη βλάστηση (Kulimbe et al., 2021, Manju & Pushpalatha, 2020, Pillay et al. 2011, Singh et al. 2013, Tumuhimbise & Talengera, 2018). Η τεχνική αυτή αποτελεί βέλτιστη επιλογή για την παραγωγή φυτικού υλικού χαμηλού κόστους με δυνατότητα παραγωγής 50-60 βλαστούς/ρίζωμα σε 4-5 μήνες. Ο μακροπολλαπλασιασμός επιτυγχάνεται με δύο μεθόδους, είτε στο χωράφι (in situ) είτε στο φυτώριο (ex situ) (Singh et al., 2011).



Εικόνα 22: Α) Καταστροφή του κορυφαίου μεριστώματος (Singh et al., 2011), Β) Έκπτυξη βλαστών από τους πλευρικούς οφθαλμούς του ριζώματος (Tumuhimbise & Talengera, 2018).

8.2 Ιστοκαλλιέργεια (*in vitro* micropropagation) - εναλλακτική μέθοδος πολλαπλασιασμού

Ο *in vitro* κλωνικός πολλαπλασιασμός (ιστοκαλλιέργεια) της μπανάνας αναφέρεται για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1960. Έκτοτε στη συγκεκριμένη τεχνολογία καταγράφονται σημαντικές βελτιώσεις, αποτέλεσμα η ευρεία εφαρμογή και συνεισφορά της σε πολλούς τομείς της γεωργικής εφαρμογής και έρευνας. Η ιστοκαλλιέργεια είναι η κλωνική παραγωγή φυτών με αγενή μέθοδο αναγέννησης από σωματικούς ιστούς ή όργανα, υπό ασηπτικές συνθήκες και σε θρεπτικό μέσο καλλιέργειας γνωστής σύνθεσης. Η μέθοδος βασίζεται στην 'αρχή της ολοδυναμικότητας' (totypotency) των φυτικών κυττάρων, δηλαδή τη δημιουργία μεγάλου αριθμού φυτών αξιοποιώντας μικρά κομμάτια σωματικών ιστών. Μεμονωμένα κύτταρα, φυτικά κύτταρα χωρίς κυτταρικά τοιχώματα (πρωτοπλάστες), κομμάτια φύλλων, συστάδες ή ρίζες μπορούν συχνά να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός νέου φυτού σε μέσα καλλιέργειας, δεδομένου των απαιτούμενων θρεπτικών συστατικών και φυτικών ορμονών (Κίντζιος, 2015, Kulimbe et al., 2021, Kumar, & Kumar, 2015, Ngomuo et al., 2014, Pillay et al., 2011). Η ιστοκαλλιέργεια (*in vitro* πολλαπλασιασμός), έχει καθιερωθεί εδώ και χρόνια ως μία βιομηχανική τεχνολογία διατήρησης επιθυμητών χαρακτήρων σε επιλεγμένους γονότυπους και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για πολλαπλασιασμό ορχιδέας, καλλωπιστικών φυτών, δασικών ειδών, αρωματικών φυτών κ.α. (George et al., 2008, Pierik, 1991).

Σύμφωνα με τους Bhojwani & Razdan (1996), George et al. (2008) και Sivaji et al.

(2020) η διαδικασία της ιστοκαλλιέργειας αποτελείται από 5 διαδοχικά στάδια:
Στάδιο 0: Προπαρασκευαστικό Στάδιο. Εδώ συμπεριλαμβάνονται όλα τα μέτρα που λαμβάνονται για τη βελτίωση της ποιότητας των μητρικών φυτών, είτε αφορά την φυτοϋγεία τους, είτε το περιβάλλον ανάπτυξης (θερμοκρασία, φωτισμός κλπ.). Στάδιο 1: Έναρξη καλλιεργειών. Ο στόχος αυτού του σταδίου είναι η δημιουργία ασηπτικής καλλιέργειας του φυτού που πρόκειται να μικροπολλαπλασιαστεί χρησιμοποιώντας κατάλληλα έκφυτα. Η επιτυχία σε αυτό το στάδιο εξαρτάται από την επιλογή του μοσχεύματος και τη σωστή απολύμανση. Τα μοσχεύματα που χρησιμοποιούνται στην ιστοκαλλιέργεια είναι συνήθως κορυφαίοι οφθαλμοί, μεσογονάτια διαστήματα με τουλάχιστον έναν μασχαλιαίο οφθαλμό, φύλλα, επικοτύλιο, ρίζα, κύτταρα κ.ά. Στάδιο 2: Πολλαπλασιασμός. Ο πολλαπλασιασμός των βλαστών επιτυγχάνεται μέσω: (α) αναγέννησης από κάλο, μία μέθοδος που παρότι παράγει υψηλό αριθμό φυτών, δεν προτιμάται λόγω εμφάνισης υψηλών ποσοστών παραλλακτικότητας, (β) τυχαίου σχηματισμού οφθαλμών από το έκφυτο, μία πολύ αποδοτική μέθοδος καθώς παράγονται πολλά έκφυτα ακόμα και από πολύ μικρά φυτικά τμήματα και (γ) εξαναγκασμένης μασχαλιαίας διακλάδωσης. Λόγω του φαινομένου της κυριαρχίας της κορυφής, όπου αναπτύσσεται το κορυφαίο μερίστωμα του βλαστού παρεμποδίζοντας την έκπτυξη των πλάγιων οφθαλμών, πραγματοποιείται η αφαίρεσή του ώστε να διεγερθούν όλοι μασχαλιαίοι οφθαλμοί. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται αρκετές φορές ανά 3–4 εβδομάδες, όπου η συστάδα βλαστών κόβεται σε κομμάτια, καθένα από τα οποία μεταφέρεται σε φρέσκο υπόστρωμα για άλλον έναν κύκλο πολλαπλασιασμού. Αυτή η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές μέχρι να προκύψει ο επιθυμητός αριθμός εκφύτων και χαρακτηρίζεται από γενετική ομοιομορφία των μικροπολλαπλασιασμένων φυτών, επομένως είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος in vitro κλωνικού πολλαπλασιασμού των φυτών. Στάδιο 3: Ριζοβολία εκφύτων. Οι καλά ανεπτυγμένοι βλαστοί μεταφέρονται σε κατάλληλο υπόστρωμα ριζογένεσης, εμπλουτισμένο με τις ανάλογες συγκεντρώσεις αυξίνης, όπου παραμένουν για διάστημα 20-30 ημέρες. Στάδιο 4: Εγκλιματισμός. Η απόλυτη επιτυχία του μικροπολλαπλασιασμού εξαρτάται από την εγκατάσταση των φυτών στο έδαφος ή σε μείγμα γλάστρας (τύρφη, βερμικουλίτης, περλίτης). Τα φυτά που καλλιεργούνται in vitro είναι εκτεθειμένα στο τεχνητό περιβάλλον του σωλήνα, το οποίο είναι πλούσιο σε ανόργανα και οργανικά θρεπτικά συστατικά, σακχαρόζη, ρυθμιστές ανάπτυξης, υψηλή υγρασία, χαμηλό φως και χαμηλή ανταλλαγή αερίων. Ως εκ τούτου, προβλέπεται ο σταδιακός εγκλιματισμός των vitro φυταρίων (4–6 εβδομάδες

σκληραγώγησης), ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στο φυσικό περιβάλλον δημιουργώντας ένα πλούσιο ριζικό σύστημα (Εικόνα 23).



Εικόνα 23: Α) Τεμαχισμός παραφυάδας για λήψη μικροέκφυτου, Β) Συστάδα εκφύτων, C) Διαδοχικές υποκαλλιέργειες, D) Καλλιέργεια εκφύτων σε θρεπτικό υπόστρωμα ριζοβολίας, Ε) Vitro φυτάρια πλήρως ανεπτυγμένα, F) Εγκλιματισμένα vitro φυτάρια.

Περιγραφική αναφορά στα βασικά πλεονεκτήματα του μικροπολλαπλασιασμού έναντι των συμβατικών μεθόδων αναπαραγωγής (Buah et al., 2000, Bhojwani & Dantu, 2013, Drew & Smith, 1990, Fonsah et al., 2007, George et al., 2008, Kumar & Kumar, 2015, Murugi Kahangi, 2010, Ngomuo et al., 2014, Pierik, 1991, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010, Suman, 2017, Waman et al., 2014):

- Μαζική παραγωγή μεγάλου αριθμού φυτών από ένα μητρικό φυτό σε σύντομο χρονικό διάστημα και σε περιορισμένο χώρο.
- Ο *in vitro* ρυθμός πολλαπλασιασμού είναι συντομότερος, λόγω των ρυθμιζόμενων συνθηκών ανάπτυξης (χρήση κατάλληλων θρεπτικών μέσων καλλιέργειας και συνθηκών ανάπτυξης).
- Προκύπτουν φυτά υγιή - απαλλαγμένα από εκφυλιστικά παθογόνα, που μεταφέρονται με το αγενές Π.Υ.
- Εφαρμόζεται σε φυτικά είδη, στα οποία είναι δύσκολος ο *in vivo* πολλαπλασιασμός (π.χ. ορχιδέα).
- Παρατηρείται αυξημένη ευρωστία, καλύτερη απόδοση, πρωίμιση της παραγωγής και καρποί καλύτερης ποιότητας των φυτών στο χωράφι, γεγονός

που οφείλεται στην καλύτερη ποιότητα του αξιοποιήσιμου Π.Υ.

- Επιπλέον το συγκεκριμένο Π.Υ. πλεονεκτεί στην εποχική ελαστικότητα.
- Η παραγωγή vitro φυταρίων μπορεί να προγραμματιστεί με βάση τη βέλτιστη περίοδο εγκλιματισμού των φυτών σε φυσικό περιβάλλον, αλλά και την περίοδο της μέγιστης απορρόφησης από την αγορά.
- Μέσω της ιστοκαλλιέργειας πολλά υπό εξαφάνιση φαρμακευτικά είδη (λόγω υπερεκμετάλλευσης και καταστροφής των οικοτόπων) δύναται να διασωθούν και να διατηρηθούν σε τράπεζες γενετικού υλικού.

Σύμφωνα με τους Espino et al. (1991), George et al., (2008) και Kulimbe et al., (2021), τα βασικότερα μειονεκτήματα in vitro τεχνολογίας συνοψίζονται ως εξής: (1) Απαιτείται προσωπικό εξειδικευμένο με προηγμένες δεξιότητες, (2) είναι απαραίτητο να κατασκευαστεί ειδικός ασηπτικός χώρος, με εξειδικευμένα μηχανήματα που απαιτούν πολύ υψηλό κόστος, (3) αρκετά από τα φυτικά είδη που αναπτύσσονται *in vitro,* λόγω της υψηλής σχετικής υγρασίας εντός του δοχείου ιστοκαλλιέργειας και λόγω της μη φωτοσυνθετικής αυτάρκειας, δυσκολεύονται να εγκλιματιστούν στο φυσικό περιβάλλον, (4) εμφάνιση παραλλακτικότητας (somaclonal variation): τα vitro φυτάρια εμφανίζουν κάποιες ανωμαλίες, οι οποίες σχετίζονται με την επιλογή του μοσχεύματος, τη σύνθεση του μέσου ανάπτυξης, τη συγκέντρωση των ρυθμιστών ανάπτυξης, την περίοδο έκθεσης σε αυτές τις συνθήκες καλλιέργειας και τον γονότυπο του φυτού. Σε vitro φυτάρια μπανάνας καταγράφεται 3–25 % σωμακλωνική παραλλακτικότητα-φυτά χίμαιρες (somaclonal variation), η οποία συνήθως εκδηλώνεται με το φαινότυπο του νανισμού, φυτά με χαμηλό ύψος, μικρές καρποταξίες και μικρούς καρπούς μη εμπορεύσιμους (Espino et al. 1991, Smith, 1988). Παρά ταύτα η αξιοποίηση υγιούς Π.Υ. προερχόμενο από ιστοκαλλιέργεια αποτελεί μια αξιόπιστη λύση στα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μπανανο-καλλιεργητές (Ngomas et.al., 2014).

9. Παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της ιστοκαλλιέργειας

9.1 Φυτά δότες (ηλικία και τύπος καλλιεργούμενου έκφυτου)

Τα φυτά δότες (μητρικά φυτά) αποτελούν το βασικότερο στάδιο της ιστοκαλλιέργειας, καθώς από αυτό το φυτικό υλικό παράγεται το μεταγενέστερο. Συνεπώς, οι ιδιότητες του μητρικού υλικού μεταφέρονται στα πολλαπλασιαζόμενα έκφυτα, επηρεάζοντας σημαντικά την απόκρισή τους στους διάφορους χειρισμούς. Η επιτυχία της ιστοκαλλιέργειας εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τον επιλεγμένο γονότυπο (Kintzios et al., 1996). Ορισμένα φυτικά είδη ανταποκρίνονται καλύτερα στην ιστοκαλλιέργεια παρά σε φυσικές μεθόδους πολλαπλασιασμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου φυτικού είδους αποτελεί η ορχιδέα (Zeng et al., 2016). Υπάρχουν όμως και φυτικά είδη αρκετά δύστροπα στην ανταπόκρισή τους σε συνθήκες ιστοκαλλιέργειας, όπου συνήθως δημιουργούν κάλους. Για παράδειγμα, κάποια δενδροκομικά είδη είναι αρκετά δύστροπα σε συνθήκες ιστοκαλλιέργειας, σε αντίθεση με τα εσπεριδοειδή που ανταποκρίνονται με ευκολία σε τέτοιες συνθήκες (Barlass & Skene, 1982).

Το ηλικιακό και υγειονομικό προφίλ του φυτού δότη, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την ένταξη του στην ιστοκαλλιέργεια. Φυτά μεγάλα σε ηλικία και προσβεβλημένα από παθογόνους οργανισμούς, ανταποκρίνονται με πιο αργούς ρυθμούς από ότι τα νεότερα και υγιή. Το σημείο του μητρικού φυτού από όπου θα ληφθεί η παραφυάδα, είναι ένας ακόμα καθοριστικός παράγοντας για την εξέλιξη των εκφύτων κατά την επώαση (Basto et al., 2012). Συνήθως οι επιφανειακοί οφθαλμοί του ριζώματος του μητρικού φυτού, εκπτύσσουν φυτά με ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά (Govindaraju et al., 2012). Επιπλέον, το κάθε φυτικό είδος έχει τις δικές του ανάγκες σε φωτοπερίοδο και θερμοκρασία ανάλογα και με τον βιολογικό του κύκλο. Τέλος, σημαντικό ρόλο για την ένταξη του μητρικού υλικού σε συνθήκες ιστοκαλλιέργειας, κατέχει η απολύμανση. Υπάρχουν φυτικά είδη αρκετά επιρρεπή στο μολυσματικό φορτίου του εδάφους (π.χ. κονδυλώδη φυτά), όπου απαιτείται ισχυρή απολύμανση πριν εγκατασταθούν σε συνθήκες ιστοκαλλιέργειας. Συνεπώς, όλοι αυτοί οι παράγοντες ρυθμίζονται με βάση τις ανάγκες του κάθε γονότυπου ξεχωριστά.

9.2 Ο τύπος του θρεπτικού υποστρώματος

Το θρεπτικό υπόστρωμα αποτελεί το μέσο στο οποίο πραγματοποιείται η καλλιέργεια και η διαφοροποίηση των εκφύτων. Η διατήρηση του εκάστοτε φυτικού υλικού στο θρεπτικό μέσο, επηρεάζεται από τους χημικούς παράγοντες που υπάρχουν σε αυτό, με σκοπό την επίτευξη της κυτταρικής διαφοροποίησης. Τα θρεπτικά υποστρώματα μπορεί να είναι υγρά, στερεά ή ημιστερεά και η οξύτητα τους ρυθμίζεται σε pH 5,6-5,8 (Κίντζιος, 2015).

Τα θρεπτικά συστατικά που εμπλουτίζουν το μέσο καλλιέργειας, διαφέρουν ανάλογα με τις απαιτήσεις του φυτικού είδους. Το θρεπτικό διάλυμα των Murashige και Skoog (MS) αποτελεί ένα πλούσιο μέσο καλλιέργειας ιδανικό για πολλά είδη φυτικών ιστών. Συνήθως, τα θρεπτικά διαλύματα εμπεριέχουν ανόργανα άλατα (macronutrient elements και micronutrient elements) ή ιχνοστοιχεία (trace elements), βιταμίνες, ρυθμιστές ανάπτυξης (αυξίνες, κυτοκινίνες, γιββεριλλίνες κ.α.), πηγές άνθρακα και ενέργειας (π.χ. sucrose) και νερό. Σε περιπτώσεις στερεών υποστρωμάτων, προστίθενται κάποιος στερεοποιητικός-πηκτικός παράγοντας (π.χ. agar) (Κίντζιος, 2015).

9.3 Ο ρόλος των ρυθμιστών ανάπτυξης (auxins, cytokinins)

Οι ρυθμιστές ανάπτυξης ή αύξησης (plant growth regulators) παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ιστοκαλλιέργεια, καθώς επηρεάζουν την ανάπτυξη, τη διαφοροποίηση και την οργανογένεση των καλλιεργούμενων φυτικών ιστών. Χωρίζονται σε φυτικούς ρυθμιστές αύξησης που παράγονται σε ειδικά σημεία του φυτού και σε τεχνητούς ρυθμιστές που παράγονται σε εργαστήρια. Στόχος της δράσης των ρυθμιστών ανάπτυξης, είναι η διέγερση ή η καταστολή διαφόρων φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών. Διάφορα παραδείγματα αποτελούν: η επιτάχυνση ή καθυστέρηση της βλάστησης των σπόρων, η διακοπή του λήθαργου στα ξυλώδη πολυετή φυτά, η διέγερση ή μείωση της επιμήκυνσης των βλαστών, η επαγωγή ανθοφορίας και καρποφορίας, η μείωση ή αύξηση της καρπόδεσης, η επίδραση της ποιότητας των παραγόμενων καρπών και η επιτάχυνση ή καθυστέρηση των διαδικασιών γήρανσης (συμπεριλαμβανομένης της ωρίμανσης) (Hedden & Hoad, 2021, Rademacher, 2015, Suman et al., 2017).

Οι αυξίνες χρησιμοποιούνται ευρέως για τη διέγερση της ριζοβολίας μοσχευμάτων. Η κυριαρχία της κορυφής βασίζεται στο γεγονός ότι η αυξίνη που παράγεται στον κορυφαίο οφθαλμό αναστέλλει την ανάπτυξη των πλευρικών οφθαλμών. Επίσης οι αυξίνες αποτελούν θεμελιώδη παράγοντα για τη διατήρηση της ενεργητικότητας και νεανικότητας των φυτών, λόγω της διέγερσης της δραστηριότητας του καμβίου και της αύξησης του όγκου των κυττάρων. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αυξίνες στην ιστοκαλλιέργεια είναι οι συνθετικές ινδολ-3-υλοβουτυρικό οξύ (IBA) και 1-ναφθυλοξικό οξύ (NAA) και η φυσική αυξίνη 3-ινδολοξικό οξύ (IAA).

Μεταξύ άλλων επιδράσεων, οι κυτοκινίνες διεγείρουν την κυτταρική διαίρεση στους μεριστωματικούς ιστούς και τη βλαστογένεση, εξουδετερώνουν τις αυξίνες στην κορυφαία κυριαρχία και καθυστερούν τη γήρανση των φύλλων. Επιπλέον συντελούν στην άρση του λήθαργου των οφθαλμών και στη βλάστηση των σπερμάτων, ενώ παράλληλα διευκολύνουν τη διαπνοή των φυτών μέσω της διέγερσης των στοματίων. Οι κυτοκινίνες με ευρεία εφαρμογή στην ιστοκαλλιέργεια είναι η κινετίνη (KIN), η 6-βενζυλαδενίνη (BAP/BA), η 2- ισοπεντενυλαδενίνη (2iP), η ζεατίνη (ZEA) και το thidiazuron (TDZ) (Roberts, 2012, Rademacher, 2015, Κιντζιος, 2015). Παρά ταύτα, οι ορμόνες σπάνια δρουν μόνες τους και για τις περισσότερες διεργασίες υπάρχει αλληλεπίδραση προκειμένου να παραχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα (Evans et al., 1981, Gaspar et al., 1996, Vasil & Thorpe, 2013).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η μπανάνα ανήκει στο γένος *Musa* sp., στην οικογένεια Musaceae και στην τάξη Zingiberales. Πιστεύεται ότι προέρχεται από τις ζούγκλες της Μαλαισίας, της Ινδονησίας και των Φιλιππίνων στη Νοτιανατολική Ασία, όπου και σήμερα συναντώνται πολλά άγρια είδη μπανάνας, τα οποία αποτελούν ένα σημαντικό γονιδιακό πλούτο για τη δημιουργία νέων υβριδίων και ποικιλιών. Είναι ένα εξαιρετικά δημοφιλές φρούτο, όπου καταναλώνεται ως βασική τροφή σε πολλές χώρες του κόσμου και θεωρείται ίσης καλλιεργητικής αξίας με το ρύζι, το σιτάρι και τον αραβόσιτο (Singh et al., 2011, Singh et al., 2016). Αποτελεί την πέμπτη σημαντικότερη καλλιέργεια γεωργικών τροφίμων, μετά τον καφέ, τα δημητριακά, τη ζάχαρη και το κακάο (Aurore et al., 2009). Η καλλιέργεια της μπανάνας συναντάται σε περίπου 150 χώρες, κυρίως τροπικές και υποτροπικές (Ινδία, Κίνα, Ινδονησία, Βραζιλία, Εκουαδόρ κ.α.), όπου καταλαμβάνει έκταση περίπου 5.940.159 εκατομμύρια εκτάρια, ενώ η παραγωγή προσεγγίζει τα 135.112.326,37 εκατομμύρια τόνους (FAOSTAT, 2024).

Είναι φυτό μονοκοτυλήδονο, πολυετές και καρποφορεί παρθενοκαρπικά. Αποτελείται από το ρίζωμα, το ψευδοστέλεχος, τα φύλλα και τα άνθη (αρσενικά, θηλυκά και ερμαφρόδιτα). Τα αρσενικά αναπτύσσονται σε συστάδες στο άκρο του τσαπιού και στη συνέχεια εκφυλίζονται, τα ερμαφρόδιτα αποβάλλονται, ενώ οι ωοθήκες των θηλυκών εξελίσσονται σε καρπό παρθενοκαρπικά (χωρίς γονιμοποίηση) (Drenth & Kema, 2021, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018).

Για τα περισσότερα μέρη του φυτού καταγράφονται φαρμακευτικές εφαρμογές, π.χ. τα άνθη, η επιδερμίδα, τα φύλλα και οι ρίζες καταπραΰνουν τη βρογχίτιδα, τη δυσεντερία και τα έλκη. Επιπλέον, έχουν βρεθεί αντιμυκητιακές και αντιβιοτικές ιδιότητες στην επιδερμίδα και τον πολτό των πλήρως ώριμων μπανανών (Kumar et al., 2012, Sidhu & Zafar, 2018). Τέλος, ο καρπός χρησιμοποιείται με διάφορους τρόπους και στη μαγειρική, ενώ ορισμένα είδη μπανάνας αποδίδουν ίνες που αξιοποιούνται στην κατασκευή σχοινιών (Ngomuo et al., 2014).

Ο καρπός της μπανάνας έχει υψηλή διατροφική αξία, πλούσιος σε υδατάνθρακες (121,8 g/100 g) και θεωρείται μια από τις καλύτερες πηγές καλίου (358 mg/100 g) καλύπτοντας το 8% της ημερήσιας συνιστάμενης τιμής. Οι μπανάνες είναι σχετικά πλούσιες σε θερμίδες, καθώς παρέχουν ενέργεια περίπου ίση με 116 Kcal/100 g καρπού

(Ranjha et al., 2022). Επιπλέον, διαθέτουν πολλές βιοδραστικές ενώσεις απαραίτητες για τη διατροφή, όπως φαινολικές ουσίες, καροτενοειδή, βιογενείς αμίνες και φυτοστερόλες, όπου προάγουν την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Πολλές από αυτές τις ενώσεις έχουν αντιοξειδωτική δράση και είναι αποτελεσματικές στην προστασία του οργανισμού (Pereira & Maraschin, 2015, Singh et al., 2016, Sidhu & Zafar, 2018).

Η ανάπτυξη του φυτού, αλλά και η απόδοση επηρεάζεται σημαντικά τόσο από τον γονότυπο του φυτού όσο και από εξωτερικούς παράγοντες (εδαφοκλιματολογικές συνθήκες, καλλιεργητική τεχνική, φυτοϋγεία). Άριστη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των φυτών θεωρούνται οι 28ºC, όμως αναπτύσσονται και παράγουν ικανοποιητικά έως και τους 35ºC υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει περίσσεια νερού και επαρκής ποσότητα θρεπτικών συστατικών στο έδαφος (Borges et al., 2007, Shongwe et al, 2008, Stoorvogel & Mena, 2018). Τα φυτά υποφέρουν σε χαμηλή σχετική υγρασία, που προκαλεί αφυδάτωση των φύλλων, μειώνεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα και συντομεύει τη διάρκεια ζωής του φυτού. Συνεπώς, σχετική υγρασία 60-100% είναι απαραίτητη για τη σωστή ανάπτυξη της μπανάνας, ανάλογα με την εξατμισοδιαπνοή (Pillay & Tripathi, 2007, Nansamba et al., 2020). Γενικά τα φυτά διαθέτουν επιφανειακό ριζικό σύστημα, επομένως συστήνεται έδαφος αφράτο (μη συμπαγές), με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, καλή αποστράγγιση και σχετικά όξινο pH μεταξύ 5,5-6,5 (Carr, 2009, Karamura et al., 2011).

Εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο βασίζονται στην μπανάνα ως πηγή τροφής και εισοδήματος. Ωστόσο, παρά την αυξανόμενη εξάπλωση των μπανανο-φυτειών σε όλο τον κόσμο, η παραγωγή μειώνεται σημαντικά επηρεαζόμενη από μια πλειάδα παραγόντων, όπως η παρουσία παθογόνων οργανισμών και παρασίτων, δημιουργώντας γρήγορο εκφυλισμό της μπανανο-φυτείας. Μια απώλεια της παραγωγής άνω του 50% αποδίδεται σε μολύνσεις από μύκητες (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense* και ειδικότερα η φυλή TR4 (Pegg et al., 2019, Ploetz, 2015), *Pseudocercospora fijiensis* και *Pseudocercospora musae*) (Alakonya et al., 2018), νηματώδεις (*Meloidogyne javanica, Meloidogyne incognita, Helicotylenchus multicinctus* και *Pratylenchus goodeyi*) (Grammatikaki & Tzortzakakis, 1998, Tzortzakakis, 2008, Vovlas et al.,1993, Vovlas et al.,1994), βακτήρια (*Xanthomonas campestris pv. musacearum*) (Mustafa et al., 2022) και ιούς (Banana bunchy top virus (BBTV), Banana streak viruses (BSVs), Banana bract mosaic virus (BBrMV) και Cucumber mosaic virus (CMV) (Avgelis, 1987, Kumar et al., 2015, Alakonya et al., 2018). Τα εκφυλιστικά προβλήματα των

μπανανο-φυτειών αποδίδονται και στην παρουσία εντόμων (τετράνυχος, κόκκινοι θρίπες, σκαθάρια, κάμπιες, αφίδες, αλευρώδης, ψευδόκοκκος κ.α.) (Jacobsen et al., 2019, Jones, 2009). Άλλοι παράγοντες που συμβάλουν στη πτώση της παραγωγής, είναι η μείωση της γονιμότητας του εδάφους και το αβιοτικό στρες, όπως η ξηρασία και τα ακραία καιρικά φαινόμενα που είναι απόρροια της κλιματικής αλλαγής (Kothawade, 2019, Nansamba et al., 2020).

Η πιο δημοφιλής ποικιλία μπανάνας είναι η Cavendish, ένας κλώνος που προήλθε από Βρετανούς βοτανολόγους στη νότια Κίνα το 1828. Σήμερα είναι το πιο δημοφιλές προϊόν στα ράφια των σούπερ μάρκετ ανά τον κόσμο. Ωστόσο, η καλλιέργεια της μπανάνας πάσχει από ακραία έλλειψη γενετικής ποικιλότητας. Καμία άλλη καλλιέργεια δεν διαθέτει τόση γενετική ομοιογένεια όση η μπανάνα, με αποτέλεσμα η παγκόσμια εξαγωγική αγορά να βασίζεται σε μία μόνο ποικιλία (Cavendish). Αυτή η έλλειψη ποικιλομορφίας δημιουργεί ένα υψηλό επίπεδο κινδύνου, που ονομάζεται γενετική ευπάθεια από ασθένειες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ποικιλία Gros Michel, η οποία καλλιεργείτο ως μονοκαλλιέργεια για πολλά συνεχόμενα έτη. Η εν λόγω ποικιλία, μετά από προσβολή από τον μύκητα Fusarium wilt race 1, εκφυλίζεται και αντικαθίσταται από την ποικιλία Cavendish, η οποία με τη σειρά της καταλαμβάνει τις περισσότερες καλλιεργούμενες εκτάσεις στον κόσμο, δημιουργώντας ανησυχίες για τη γενετική της σταθερότητα. Εξυπακούεται ότι στις μπανανοφυτείες θα πρέπει να ενταχθούν νέες ποικιλίες με διαφορετικό γενετικό υπόβαθρο (αντικαθιστώντας μερικώς την ποικιλία Cavendish) για να αποφευχθούν εκφυλιστικά φαινόμενα (Bhende & Kurien, 2016, Drenth & Kema, 2021, Kothawade, 2019).

Οι καλλιεργούμενες μπανάνες (βρώσιμες ποικιλίες) πολλαπλασιάζονται αγενώς λόγω της απουσίας σπόρων (στείρες ποικιλίες). Ο αγενής πολλαπλασιασμός της μπανάνας επιτυγχάνεται είτε με συμβατικό τρόπο (*in vivo* αγενής πολλαπλασιασμός) είτε μέσω της ιστοκαλλιέργειας (*in vitro* αγενής πολλαπλασιασμός). Ο συμβατικός τρόπος αγενούς πολλαπλασιασμού εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα από τους παραγωγούς και πραγματοποιείται με φύτευση παραφυάδων. Το συγκεκριμένο υλικό φύτευσης επιλέγεται ανάλογα με τα μορφολογικά και γενετικά του χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, για τις εμπορικές μπανανοφυτείες συστήνονται παραφυάδες τύπου ‘σπαθί’ (sword suckers), με στενά φύλλα όρθιας ανάπτυξης, μεγάλο ρίζωμα, όπου κρίνονται καταλληλότερες για την αναπαραγωγή και εξελίσσονται σε φυτά με καλή ανάπτυξη και απόδοση στο χωράφι. Αποφεύγονται οι παραφυάδες τύπου ‘νερού’

(water suckers), οι οποίες έχουν πλατιά φύλλα, μικρά ριζώματα, αδύναμη σύνδεση με το μητρικό φυτό και δεν εξελίσσονται σε ισχυρά φυτά στο χωράφι (Govindaraju et al., 2012, Karamura et al., 2011, Kulimbe et al., 2021, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018). Οι παραφυάδες αποκόπτονται από τον συνδετικό ιστό με το μητρικό φυτό, αφαιρούνται μαζί με τον ριζωματικό ιστό και τις ρίζες και ακολουθεί η σκληραγώγηση τους σε κατάλληλο υπόστρωμα (μείγμα περλίτη και τύρφης) πριν τη μεταφύτευση στο χωράφι.

Όμως ο προαναφερόμενος τρόπος πολλαπλασιασμού δημιουργεί σοβαρά προβλήματα, με σημαντικότερο τη μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών και παρασίτων στην νέα μπανανο-φυτεία (Hussein, 2012, Kulimbe et al., 2021, Ngomuo et al., 2014, Pillay et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018). Βέβαια δεν θα πρέπει να αγνοηθεί η μειωμένη απόδοση των μπανανόφυτων που προκύπτουν από το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες). Επιπλέον καταγράφεται διαφοροποίηση στον χρόνο που απαιτείται για την καρποφορία των παραφυάδων, με αποτέλεσμα την έλλειψη χρονικής ομοιομορφίας στην συγκομιδή (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Ngomuo et al., 2014, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010, Waman et al., 2014). Τέλος, η φυσική αναγέννηση των παραφυάδων στη μπανάνα είναι σχετικά αργή λόγω της κορυφαίας κυριαρχίας του μητρικού φυτού. Ανάλογα με την ποικιλία, ένα φυτό σε συνθήκες καλλιέργειας παράγει από 5-20 παραφυάδες καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του (Hussein, 2012, Ngomuo et al., 2014, Sajith et al., 2014, Singh et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018).

Οι παραπάνω αδυναμίες του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) περιορίζονται σημαντικά με τη χρήση υγιούς Πολλαπλασιαστικού Υλικού, προερχόμενο από ιστοκαλλιέργεια (tissue culture). Η ιστοκαλλιέργεια αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο αγενούς πολλαπλασιασμού με ευρεία εφαρμογή σε όλες τις μπανανο-παραγωγικές χώρες του κόσμου τις τελευταίες δεκαετίες. Χαρακτηρίζεται από κλωνική παραγωγή φυτών με αγενή μέθοδο αναγέννησης από σωματικούς ιστούς ή όργανα, υπό ασηπτικές συνθήκες και σε θρεπτικό μέσο καλλιέργειας κατάλληλης σύνθεσης. Η μέθοδος βασίζεται στην 'αρχή της ολοδυναμικότητας' (totipotency) των φυτικών κυττάρων, δηλαδή τη δημιουργία μεγάλου αριθμού φυτών αξιοποιώντας μικρά κομμάτια σωματικών ιστών (Κίντζιος, 2015, Kulimbe et al., 2021). Η ιστοκαλλιέργεια έχει καθιερωθεί εδώ και χρόνια ως μία βιομηχανική τεχνολογία διατήρησης επιθυμητών χαρακτήρων σε επιλεγμένους γονότυπους και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον

κόσμο για πολλαπλασιασμό ορχιδέας, καλλωπιστικών φυτών, δασικών ειδών, αρωματικών φυτών κ.α. (Pierik, 1991, George et al., 2008).

Η τεχνολογία αυτή προσδίδει ποικίλα οφέλη στα αναγεννημένα φυτά, όπως γενετική ομοιομορφία (κλωνικά φυτά), υψηλό επίπεδο φυτοϋγείας, εποχική ελαστικότητα, ταχύτητα πολλαπλασιασμού, χαμηλότερο κόστος μεταφοράς, λιγότερος χώρος για μεγάλο όγκο φυτών, αυξημένη ζωηρότητα και απόδοση των φυταρίων, πρωίμιση της παραγωγής, καρποί καλύτερης ποιότητας κ.ά. (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Fonsah et al., 2007, George et al., 2008, Kumar & Kumar, 2015, Murugi Kahangi, 2010, Ngomuo et al., 2014, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010, Suman, 2017, Waman et al., 2014). Αξίζει να σημειωθεί ότι, τα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα της εν λόγω τεχνικής δεν επισκιάζονται από κάποια μειονεκτήματα της (υψηλό κόστος εφαρμογής, σωμακλωνική παραλλακτικότητα), με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς ο αριθμός των μπανανο-παραγωγών σε όλο τον κόσμο που επιλέγουν το συγκεκριμένο Π.Υ. (vitro-φυτάρια) για να εγκαταστήσουν τη νέα τους μπανανο-καλλιέργεια (Espino et al., 1991, Kulimbe et al., 2021, Smith, 1988).

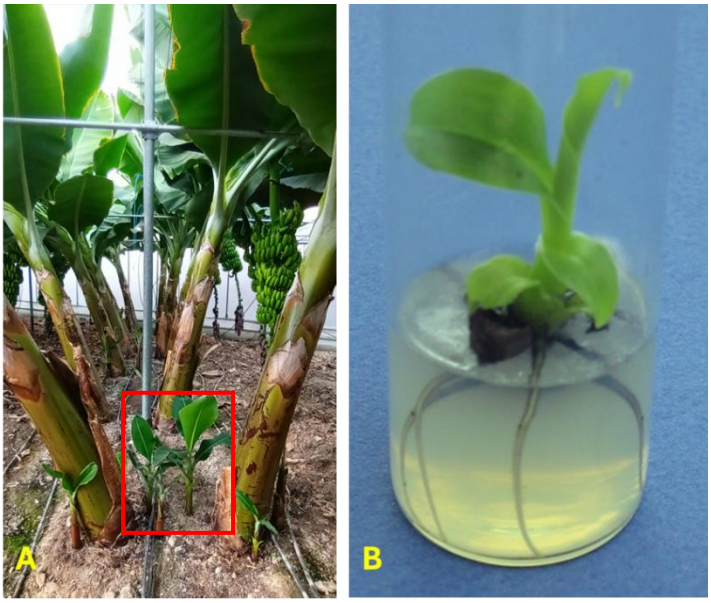
Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος είναι η σύγκριση των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) και απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού), καθώς και της πρωιμότητας (χρονική διάρκεια από τη φύτευση έως τη συγκομιδή των τσαμπιών) μεταξύ του υλικού της ιστοκαλλιέργειας (vitro φυτάρια) και του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες), προερχόμενα από τοπικό καλλιεργούμενο κλώνο της ποικιλίας Grande Naine. Για τη διεξαγωγή της μελέτης αξιοποιήθηκε τμήμα θερμοκηπίου στη Ν. Κρήτη, όπου εγκαταστάθηκαν οι παραφυάδες και τα vitro-φυτάρια προερχόμενα από την ποικιλία Grande Naine. Συγκεκριμένα αξιοποιήθηκαν δύο κατηγορίες παραφυάδων (με Μ.Ο. ύψους 32,5 cm και 52,5 cm) και δύο κατηγορίες vitro-φυταρίων (vitro-φυτάρια εγκλιματισμένα για 4 και 8 μήνες). Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας τις μέσες τιμές με τη δοκιμή Duncan ($P < 0,5$).

1. Υλικά και Μέθοδοι

1.1 Φυτικό υλικό έναρξης

Η Μπανανο-καλλιέργεια στην Κρήτη, ξεκίνησε σταδιακά από το 1920 (στην περιοχή της Άρβης) και αποτελεί μια πλεονεκτική δραστηριότητα με πολλαπλά οφέλη για την τοπική οικονομία. Όμως, εδώ και αρκετά χρόνια καταγράφονται σοβαρά εκφυλιστικά προβλήματα στις Κρητικές μπανανο-φυτείες, που σταδιακά μειώνουν τη βιοποικιλότητα του συγκεκριμένου είδους. Συγκεκριμένα, η πολύχρονη καλλιέργεια τριών τριπλοειδών ποικιλιών μπανάνας (Cavendish nana- AAA, Williams- AAA και Grande Naine- AAA) στο νησί, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα ανάπτυξης και απόδοσης του φυτού, με αποτέλεσμα οι δύο πρώτες να έχουν οδηγηθεί εκτός μαζικής καλλιέργειας. Προς το παρόν υπάρχει ενδιαφέρον μόνο για κλώνους της ποικιλίας Grande Naine, επομένως ελλοχεύει ο κίνδυνος το νησί να μείνει χωρίς αξιόλογο γενετικό υλικό μπανάνας. Για την αντιμετώπιση των υφιστάμενων προβλημάτων που αφορούν τις Κρητικές μπανανο-φυτείες, εκτελούνται στο Εργαστήριο παραγωγής Π.Υ, Τμήμα Γεωπονίας, ΕΛΜΕΠΑ ερευνητικά έργα με διαφορετικές δράσεις. Στοχεύουν στη δημιουργία τεχνογνωσίας για τη βελτίωση του ντόπιου γενετικού υλικού μπανάνας, στην εύρεση νέων πρωτοκόλλων παραγωγής υγιούς Π.Υ. μπανάνας διαμέσου της ιστοκαλλιέργειας, καθώς και στον εμπλουτισμό της υπάρχουσας γενετικής βάσης με εισαγωγή και αξιολόγηση ξενικού γενετικού υλικού (FHIA 01 & FHIA 18, τύπου Gold Finger) (Γραμματικάκη κ.ά., 2005, Γραμματικάκη κ.ά., 2007, Γραμματικάκη κ.ά., 2013, Ορφανάκη κ.ά., 2023, Τσατσαρή κ.ά., 2005, Χρονάκη κ.ά., 2023, Arvanitoyannis et al., 2008).

Στην παρούσα πειραματική εργασία, αξιοποιώντας την εμπειρία του Εργαστηρίου μας, αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί μια δράση που αφορά τη σύγκριση των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) και απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού), καθώς και την πρωϊμότητα (ημέρες που μεσολάβησαν από τη φύτευση έως τη συγκομιδή), μεταξύ δύο κατηγοριών Π.Υ.: Α) Συμβατικό Υλικό φύτευσης (παραφυάδες) και Β) Υλικό Ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια) (Εικόνα 24).



Εικόνα 24: Α) Συμβατικό Υλικό φύτευσης και Β) Υλικό Ιστοκαλλιέργειας.

1.1.1 Συμβατικό Υλικό Φύτευσης (πράσινες παραφυάδες)

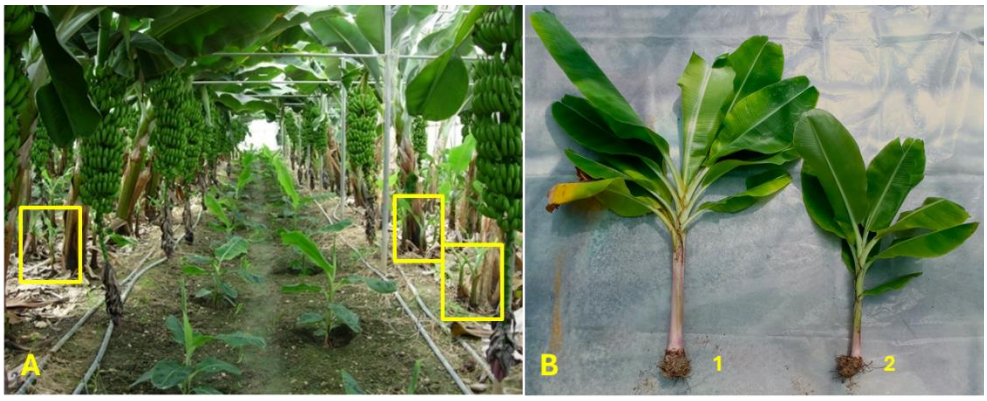
Για την υλοποίηση της προαναφερθείσας δράσης αξιοποιήθηκαν παραφυάδες τύπου ‘σπαθί’ (sword suckers) προερχόμενες από κλώνους της τριπλοειδούς ποικιλίας Grande Naine (AAA). Καλλιεργούνται σε θερμοκήπια της Ν. Κρήτης και συγκεκριμένα στην περιοχή της Άρβης, όπου το 90% περίπου της καλλιεργούμενης έκτασης με μπανανοφυτείες καταλαμβάνει η προαναφερόμενη ποικιλία (Εικόνα 25).



Εικόνα 25: Θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις στην ευρύτερη περιοχή της Άρβης, Ν. Κρήτη. Με κόκκινο βέλος σηματοδοτείται το θερμοκήπιο όπου έγινε η πειραματική μελέτη (googlemaps.com).

Επιλέχτηκαν μητρικά φυτά με άριστη κατάσταση φυτοϋγείας από τα οποία απομονώθηκαν 2 κατηγορίες (επεμβάσεις) παραφυάδων: α) παραφυάδες κυμαινόμενου

ύψους από 45-60 cm (10-13 φύλλα, ΜΟ ύψους 52,5 cm) και β) παραφυάδες κυμαινόμενου ύψους από 25-40 cm (5-8 φύλλα, ΜΟ ύψους 32,5 cm) (Εικόνα 26).



Εικόνα 26: Α) Συμβατικό υλικό φύτευσης, Β1) παραφυάδα ΜΟ ύψους 52,5cm και Β2) παραφυάδα ΜΟ ύψους 32,5 cm.

Το συμβατικό αυτό υλικό μεταφέρθηκε στο Εργαστήριο και ελέγχθηκε προσεκτικά για ενδεχόμενη παρουσία εκφυλιστικών παθογόνων (ιοί, βακτήρια, μύκητες) και εχθρών (εξω- & εσω-παρασιτικούς νηματώδεις). Στη συνέχεια μεταφέρθηκε σε θερμοκήπιο ημι-ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης, όπου αφαιρέθηκαν οι κατεστραμμένες ρίζες και τα κατώτερα γερασμένα φύλλα (βρίσκονταν εκτός φωτοσυνθετικής δραστηριότητας), διατηρώντας κυρίως τα νεαρά φύλλα της κορυφής (φωτοσυνθετικά ενεργά) και τις λειτουργικές ρίζες. Ακολούθησε η απολύμανση του ριζώματος των παραφυάδων με διασυστηματικό μυκητοκτόνο (Aliette) και η μεταφύτευση τους σε γλάστρες χωρητικότητας 5L για την 1η κατηγορία και 2L για τη 2η κατηγορία (Εικόνα 27). Το υπόστρωμα καλλιέργειας περιείχε τύρφη και περλίτη σε αναλογία 4:1. Σε τακτά χρονικά διαστήματα (συνήθως κάθε δύο ημέρες) γινόταν άρδευση, ενώ η λίπανση προγραμματίστηκε κάθε 30 ημέρες με υδατοδιαλυτό κρυσταλλικό λίπασμα (20-20-20). Το συγκεκριμένο συμβατικό υλικό φύτευσης παρέμεινε στο χώρο του θερμοκηπίου για δύο μήνες, κατά τη διάρκεια των οποίων παίρνονταν παρατηρήσεις που αφορούσαν την φαινοτυπική και γονοτυπική συμπεριφορά του (εμφάνιση μεταλλαγών- χίμαιρες).



Εικόνα 27: Μεταφύτευση σε γλάστρες χωρητικότητας 2L & 5L και εγκλιματισμός για 2 μήνες στο θερμοκήπιο.

1.1.2a Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια)

Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνας είναι τριπλοειδείς (Musa spp. AAA), στείρες και η αναπαραγωγή τους γίνεται κυρίως με συμβατικό Π.Υ. φύτευσης (πράσινες παραφυάδες). Ο φυσικός αυτός τρόπος αναγέννησης της μπανάνας χρησιμοποιείται εδώ και πολλές δεκαετίες, καθώς είναι μια μέθοδος απλή, φθηνή και δεν απαιτεί κάποια περίπλοκη δεξιότητα. Ωστόσο δημιουργεί και διαιωνίζει σημαντικά προβλήματα, τόσο στην τεχνική όσο και στη φυτοϋγεία της καλλιέργειας. Αρκετά συχνά, καταστρέφονται οι ρίζες των παραφυάδων (κατά την εκρίζωσης τους από το μητρικό φυτό) με συνέπειες στην ανάπτυξη και απόδοση των φυτών στο χωράφι (Gopu et al., 2021, Robinson & Nel, 1990). Επιπλέον, δεν παράγεται αρκετό υλικό φύτευσης (για μεσαίους και μεγάλης κλίμακας παραγωγούς). Λόγω της ορμονικής κυριαρχίας της κορυφής του μητρικού φυτού, υπολογίζεται ότι ένα φυτό παράγει περίπου 5-20 παραφυάδες κατά τη διάρκεια της ζωής (Gopu et al., 2021, Rasheed, 2002, Singh et al., 2011). Βέβαια, σοβαρότερα θεωρούνται τα προβλήματα φυτοϋγείας, εξαιτίας παθογόνων και εχθρών, που ξενίζονται και στις μπανανο-φυτείες της Κρήτης, δημιουργώντας εκφυλιστικά σύνδρομα, όπως νανισμό, αποχρωματισμούς, μαράνσεις, σήψεις και ξηράνσεις των φυτών (Grammatikaki & Tzortzakakis 1998, Frisullo et al. 1994, Vovlas et al. 1993, Vovlas et al. 1994).

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων, έχει καθιερωθεί διεθνώς η ιστοκαλλιέργεια (tissue culture), ως εναλλακτική μέθοδος πολλαπλασιασμού της μπανάνας, καθόσον προσδίδει σημαντικά αγρονομικά και οργανοληπτικά πλεονεκτήματα (Hoque et al., 2018, Kelta et al., 2018, Thriveni et al. 2021, Kulimbe et al., 2021). Αρκετοί μπανανο-παραγωγοί της Κρήτης, αντιλαμβανόμενοι τα πλεονεκτήματα των vitro-φυταρίων (υλικό ιστοκαλλιέργειας), εγκαταλείπουν σταδιακά το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες) και προμηθεύονται υλικό ιστοκαλλιέργειας, το οποίο παράγεται τα τελευταία 15 χρόνια με επιτυχία στο Εργαστήριο παραγωγής Π.Υ. του Τμήματος Γεωπονίας του ΕΛΜΕΠΑ (Γραμματικάκη, κ.ά., 2005, Γραμματικάκη, κ.ά., 2007, Γραμματικάκη κ.ά., 2011, Γραμματικάκη κ.ά., 2012., Γραμματικάκη κ.ά., 2013, Ορφανάκη κ.ά. 2023, Χρονάκη κ.ά. 2023).

1.1.2b Παραγωγή Vitro-φυταρίων μπανάνας (Υλικό ιστοκαλλιέργειας)

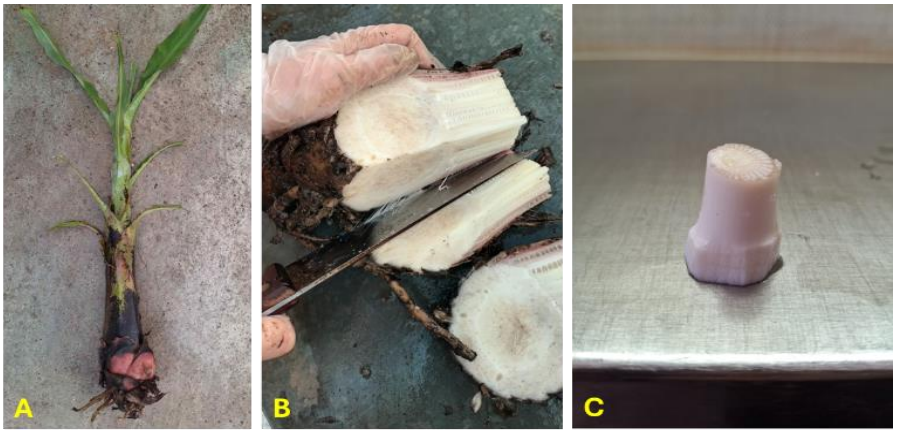
Για την παραγωγή Vitro-φυταρίων αξιοποιήθηκε η ποικιλία Grande Naine, η οποία καταλαμβάνει περίπου το 90% των μπανανοφυτειών της Ν. Κρήτης. Από πλεονεκτικά μητρικά φυτά (καλή ανάπτυξη και καλό επίπεδο φυτοϋγείας), εκριζώθηκαν πράσινες παραφυάδες (Εικόνα 28Β), οι οποίες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο ιστοκαλλιέργειας και παραγωγής Π.Υ., του Τμήματος Γεωπονίας του ΕΛΜΕΠΑ και εντάχθηκαν στη διαδικασία του μικρο-πολλαπλασιασμού.



Εικόνα 28: Α) Παραφυάδες τύπου σπαθί (κίτρινο πλαίσιο),
Β) Παραφυάδες (cv. Grande Naine) μετά την εκκρίζωση από το μητρικό φυτό.

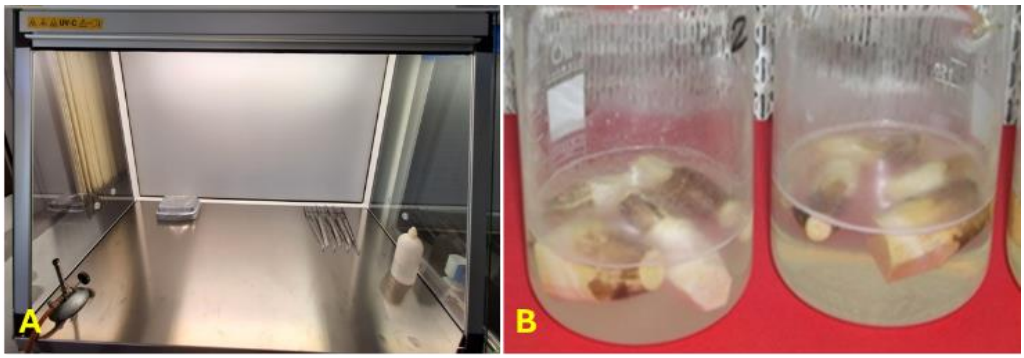
Ελέγχθηκαν μακροσκοπικά και εργαστηριακά για τη παρουσία μυκήτων, βακτηρίων, ιών και νηματωδών και ξεπλύθηκαν με νερό βρύσης, προκειμένου να απομακρυνθούν

τα υπολείμματα του εδάφους (Εικόνα 29Α). Στη συνέχεια απομακρύνθηκαν τα εξωτερικά φύλλα, το μεγαλύτερο μέρος του ριζωματικού ιστού (Εικόνα 29Β) και έγινε η λήψη των μακρο-εκφύτων που έχουν μέγεθος περίπου 3-3,5 cm. (Εικόνα 29C).



Εικόνα 29: Α) Επιλεγμένη παραφυάδα, Β) Τεμαχισμός του ριζώματος, C) Μάκρο-έκφυτο .

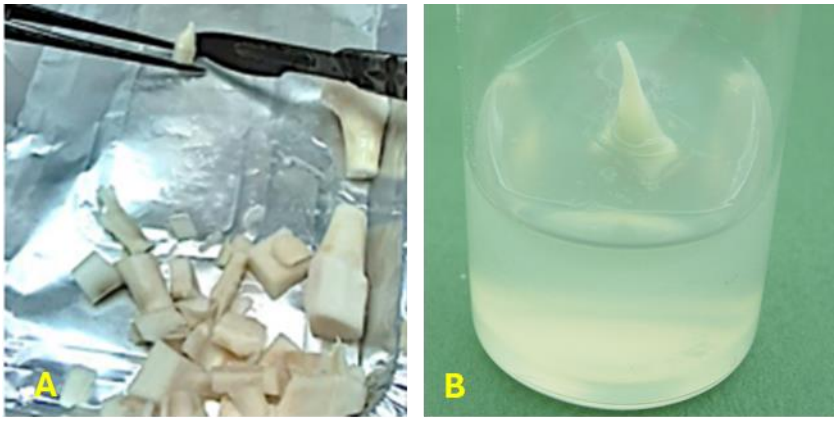
Τα μάκρο-έκφυτα μεταφέρονται σε θάλαμο οριζόντιας νηματικής ροής (Laminar air flow), ασηπτικό περιβάλλον, όπου πραγματοποιείται η απολύμανση (Εικόνα 30Α). Αρχικά, σε διάλυμα αλκοόλης - EtOH (75%) για 3΄ και στη συνέχεια σε υποχλωριώδες ασβέστιο-$CaCl_2O_2$ (10%) ενισχυμένο με 12 σταγόνες tween-20 (polyoxyethylene sorbitol) για 45-55΄ (ανάλογα το μέγεθος του μάκρο-έκφυτου) (Εικόνα 30Β). Ακολουθούν 3 διαδοχικά ξεπλύματα με αποστειρωμένο νερό για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα της απολύμανσης.



Εικόνα 30: Α) Θάλαμος οριζόντιας νηματικής ροής, Β) Απολύμανση μακρο-εκφύτων.

Ακολουθεί μια παραπέρα επεξεργασία των μάκρο-εκφύτων, προκειμένου να απομακρυνθούν ιστοί που έχουν καταστραφεί από την επίδραση των απολυμαντικών, δημιουργώντας τα μίκρο-έκφυτα μικρότερων διαστάσεων, περίπου 1-1,5 cm (Εικόνα

31Α). Από τα μίκρο-έκφυτα απομονώνονται οι βλαστικές κορυφές, οι οποίες εμφυτεύονται σε σωλήνες σακχάρεως που περιείχαν θρεπτικό υπόστρωμα των Murashige και Skoog (1962) εμπλουτισμένο με θειαμίνη HCl (2 mg/l), μυο-ινοζιτόλη (100 mg/l), 6-βενζυλ-αμινοπουρίνη (BAP) (3,5 mg/l), σακχαρόζη (30 gr/l) και άγαρ (8 gr/l), ενώ το pH ρυθμίστηκε στο 5,8 (Εικόνα 31Β).



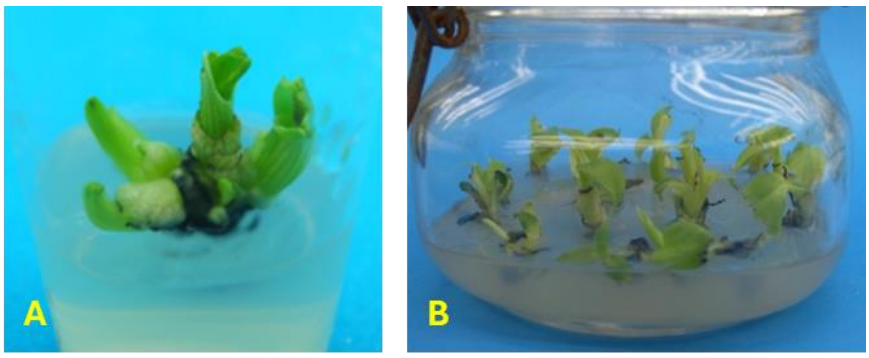
Εικόνα 31: Α) Δημιουργία μικρο-εκφύτων, Β) Καλλιέργεια βλαστικής κορυφής σε θρεπτικό υπόστρωμα.

Τα υπό καλλιέργεια έκφυτα μεταφέρθηκαν για επώαση σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης (25°C, 16 ώρες φωτοπερίοδο και ένταση φωτισμού 10000 Lux), όπου παρέμειναν για τέσσερις περίπου εβδομάδες, προκειμένου να προκληθεί η βλαστογένεση (Εικόνα 32).



Εικόνα 32: Θάλαμος ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης (25°C, 16 ώρες φωτοπερίοδο και ένταση φωτισμού 10000 Lux).

Σε κάθε μικρο-έκφυτο δημιουργείται μία συστάδα τυχαίων βλαστών, περίπου 2-6 ανά έκφυτο (Εικόνα 33Α). Οι τυχαίοι βλαστοί που προκύπτουν από τα καλλιεργούμενα μικρο-έκφυτα διαιρούνται σε μικρότερα τεμάχια και ακολουθούν διαδοχικές υποκαλλιέργειες σε φρέσκο θρεπτικό υπόστρωμα (ίδιο με το παραπάνω), προκειμένου να παραχθεί η μέγιστη δυνατή βλαστογένεση (Εικόνα 33Β).



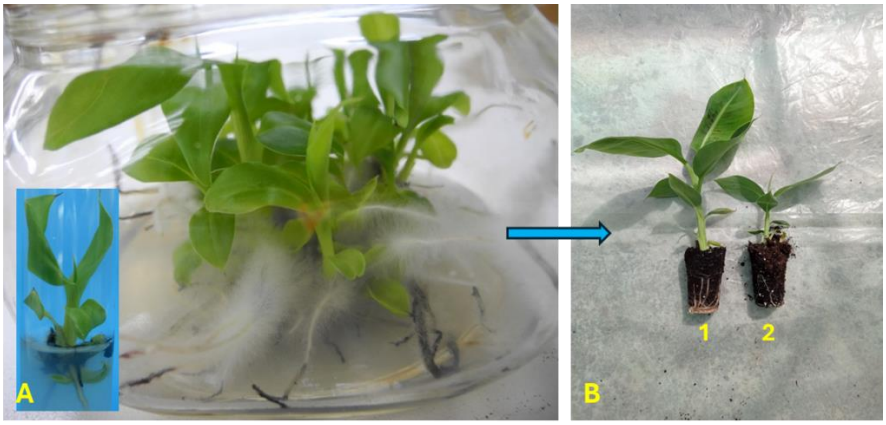
Εικόνα 33: Α) Συστάδα τυχαίων βλαστών, Β) Υποκαλλιέργεια των νεαρών βλαστών.

Στη συνέχεια, οι βλαστοί οι οποίοι προέκυψαν από τη διαδικασία της βλαστογένεσης (με τη χρήση κυτοκινίνης), καλλιεργήθηκαν σε κατάλληλο θρεπτικό υπόστρωμα, (ενισχυμένο με μια αυξίνη), προκειμένου να αναπτύξουν ριζικό σύστημα και να εξελιχθούν σε πλήρη φυτάρια. Χρησιμοποιήθηκε τροποποιημένο θρεπτικό υπόστρωμα των Murashige και Skoog (1962) εμπλουτισμένο με θειαμίνη HCl (2 mg/l), μυο-ινοζιτόλη (100 mg/l), ινδολ-3-βουτανικό οξύ (IBA) (2 mg/l), σακχαρόζη (30g/l) και άγαρ (8 g/l), ενώ το pH ρυθμίστηκε στο 5,8. Όταν τα vitro φυτάρια ανέπτυξαν ένα ικανοποιητικό ριζικό σύστημα, μετά από περίπου τέσσερις-πέντε εβδομάδες επώασης στον θάλαμο ανάπτυξης (Εικόνα 34Α, 34Β), μεταφέρθηκαν στο θερμοκήπιο. Οι συστάδες των vitro-φυταρίων απομακρύνονται από τα δοχεία πολλαπλασιασμού, πλένονται με τρεχούμενο νερό βρύσης, προκειμένου να απομακρυνθούν τα υπολείμματα του θρεπτικού υποστρώματος (Εικόνα 34C) και φυτεύονται σε γλαστράκια των 250 ml, που περιέχουν τύρφη και περλίτη (4:1). Καλύπτονται με διαφανές πλαστικό κάλυμμα για 7-10 ημέρες, για να διατηρηθεί η υγρασία στα επίπεδα της ιστοκαλλιέργειας (Εικόνα 34D).



Εικόνα 34: Α, Β) Ριζοβολημένα vitro φυτάρια, C) Ξέπλυμα του ριζικού συστήματος, D) Εγκλιματισμός σε θερμοκήπιο.

Με βάση τη διάρκεια εγκλιματισμού (χρόνος παραμονής των vitro-φυταρίων στο θερμοκήπιο) δημιουργείται Υλικό ιστοκαλλιέργειας δύο κατηγοριών: Α) vitro-φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού οκτώ μηνών (Εικόνα 35Β1) και Β) vitro φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού τεσσάρων μηνών (Εικόνα 35Β2). Το συγκεκριμένο Υλικό ιστοκαλλιέργειας σε συνδυασμό με το Συμβατικό Υλικό Φύτευσης (πράσινες παραφυάδες), αξιοποιήθηκε για την εγκατάσταση του πειράματος.



Εικόνα 35: Α) In vitro ριζοβολημένα φυτάρια, Β1) Vitro φυτάριο διάρκειας εγκλιματισμού 8 μηνών και Β2) Vitro φυτάριο διάρκειας εγκλιματισμού 4 μηνών.

1.2 Εγκατάσταση του πειράματος

Το Συμβατικό Υλικό Φύτευσης (πράσινες παραφυάδες) και το Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια), εγκαταστάθηκε σε πλαστικό θερμοκήπιο 2,4 στρεμμάτων (ευγενώς μας παραχωρήθηκε από τον μπανανοπαραγωγό κ. Ζαχαράκη Ιωάννη με τον οποίο υπάρχει στενή συνεργασία και σε άλλες ερευνητικές δράσεις του Εργαστηρίου μας) στην περιοχή Άρβης, Ηράκλειο Κρήτης. Στο συγκεκριμένο θερμοκήπιο σε διαφορετικές επιλεγμένες θέσεις δημιουργήθηκαν τέσσερα πειραματικά τεμάχια με έκταση 45 m^2 έκαστος (Εικόνα 36).



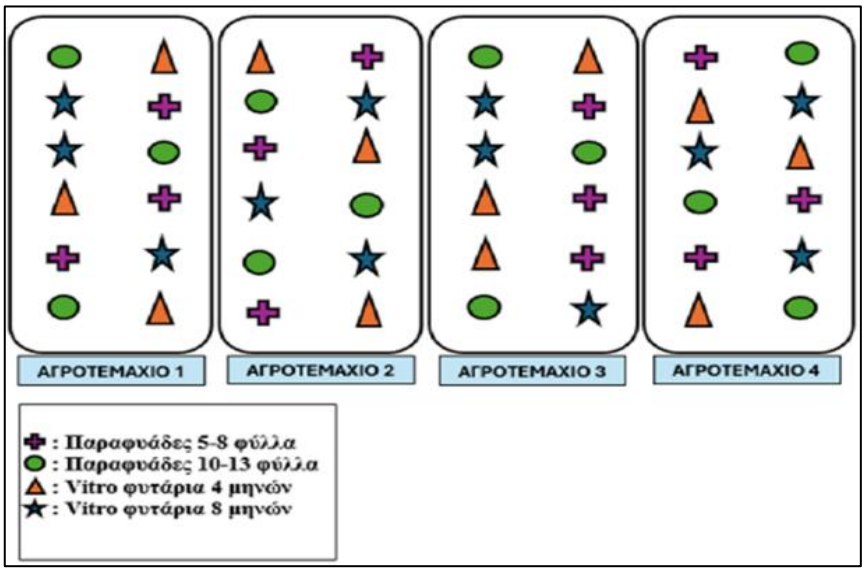
Εικόνα 36: Α) Θερμοκήπιο στην περιοχή της Άρβης, Ν. Κρήτη. Β) Κάτοψη θερμοκηπίου με τα 4 πειραματικά τεμάχια.

Σε κάθε πειραματικό τεμάχιο, εγκαταστάθηκαν οι τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες (επεμβάσεις) Π.Υ. μπανάνας cv. Grande Naine: α) παραφυάδες κυμαινόμενου ύψους από 25-40 cm (5-8 φύλλα, ΜΟ ύψους 32,5 cm), β) παραφυάδες κυμαινόμενου ύψους από 45-60 cm (10-13 φύλλα, ΜΟ ύψους 52,5 cm), γ) vitro-φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού τεσσάρων μηνών και δ) vitro-φυτάρια διάρκειας εγκλιματισμού οκτώ μηνών. Η φύτευση έγινε σε συνθήκες καλλιέργειας του παραγωγού, ακολουθώντας διπλή σειρά φύτευσης με αποστάσεις μεταξύ των σειρών 0,6 μέτρα και μεταξύ των φυτών 1,5 μέτρο (Εικόνα 37).



Εικόνα 37: Τμήμα από το 3ο πειραματικό τεμάχιο, με κάποιες από τις 4 κατηγορίες Π.Υ.

Εφαρμόστηκε τυχαιοποιημένο σύστημα φύτευσης σε κάθε πειραματικό τεμάχιο. Συνεπώς σε κάθε πειραματικό τεμάχιο εγκαταστάθηκαν 12 φυτά μπανάνας, 3 από την κάθε κατηγορία-επέμβαση (4 επεμβάσεις * 3 επαναλήψεις = 12 φυτά/τεμάχιο). Κάθε επέμβαση είχε τέσσερις επαναλήψεις με τρία φυτά η επανάληψη, ήτοι συνολικά 48 μπανανόφυτα (4 x 4 x 3) (Εικόνα 38). Από αυτά αξιολογήθηκαν τα 32 φυτά (2 από κάθε κατηγορία/πειραματικό τεμάχιο).



Εικόνα 38: Τυχαιοποιημένη φύτευση με 4 κατηγορίες φυτικού υλικού σε 4 πειραματικά τεμάχια.

Καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος, πραγματοποιήθηκαν τακτικές μετρήσεις. Κατά τη βλαστική φάση αξιολογήθηκαν τα χαρακτηριστικά: αριθμός των φύλλων, ύψος και διάμετρος του κορμού (χαρακτηριστικά ανάπτυξης), ενώ κατά την αναπαραγωγική τα

χαρακτηριστικά: μήκος του τσαμπιού, αριθμός των ποστών/τσαμπί, αριθμός των καρπών/πόστα και βάρος τσαμπιού (χαρακτηριστικά απόδοσης). Επιπλέον καταγράφηκαν οι ημερομηνίες εξόδου και συγκομιδής του κάθε τσαμπιού. Πραγματοποιήθηκαν 5 μετρήσεις για τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών, στις 31/1/2022 (πριν τη μεταφορά των φυτών στο θερμοκήπιο της Άρβης για την εγκατάσταση που έγινε στις 2/4/22), στις 28/5/2022, στις 23/7/2022, στις 24/8/2022 και στις 22/9/2022. Στη συνέχεια ακολούθησαν 4 μετρήσεις (ημ/νίες συγκομιδής) για τα χαρακτηριστικά απόδοσης, στις 16/2/2023, 23/2/2023, 14/3/2023 και 26/4/2023, ενώ παράλληλα καταγράφονταν καθημερινά όλες οι έξοδοι των ταξιανθιών (γεννήσεις).

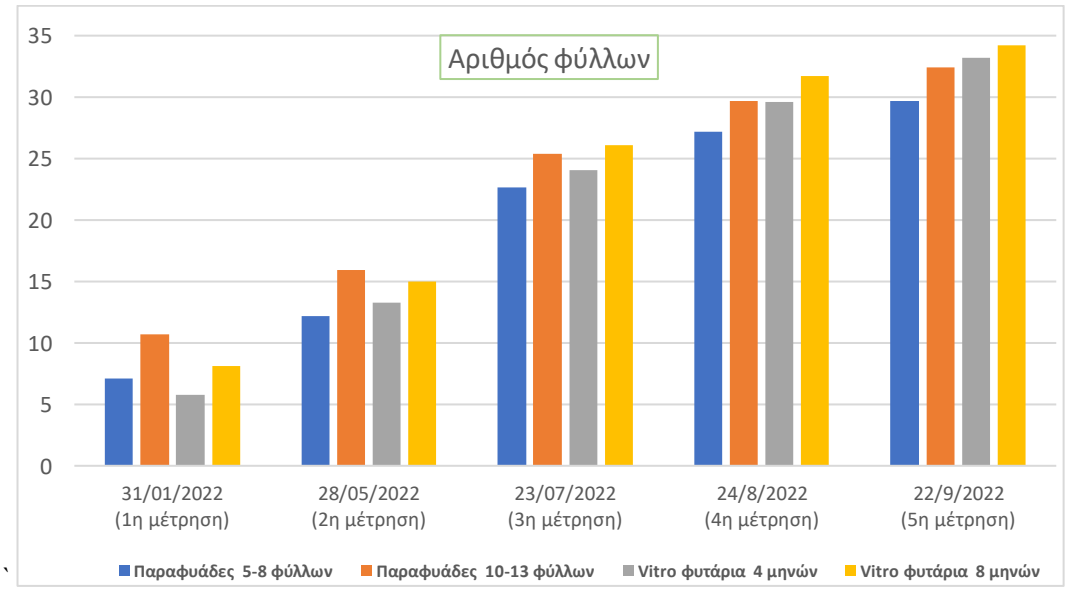
2. Αποτελέσματα

Μετά την εγκατάσταση στο θερμοκήπιο του: Α) Συμβατικού Υλικού Φύτευσης (πράσινες παραφυάδες) και Β) Υλικού ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια), ακολουθεί η σταδιακή αξιολόγηση του, η οποία διαρκεί περίπου ένα έτος. Η μεγάλη αυτή διάρκεια αξιολόγησης κρίθηκε αναγκαία, επειδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη φύτευση ενός φυτού έως τη συγκομιδή του τσαμπιού μπανάνας κυμαίνεται από 9 έως 13 μήνες, ανάλογα με την ποικιλία και τις συνθήκες ανάπτυξης (Aurore et al., 2009, Qamar & Shaikh, 2018). Για την μπανάνα η περίοδος αυτή καλύπτεται από τρία διαφορετικά στάδια: βλαστική ανάπτυξη (6 μήνες), άνθηση (3 μήνες) και στάδιο καρπού (4 μήνες) (Gonçalves & Kernaghan, 2014). Η πραγματοποίηση της συγκεκριμένης πειραματικής εργασίας άρχισε με την εγκατάσταση των παραφυάδων σε θερμοκήπιο ημι-ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης στις 31/01/2022. Παρέμειναν στο χώρο του θερμοκηπίου για δύο περίπου μήνες (31/1/22 – 1/4/22), προκειμένου να αναπτύξουν ένα ικανοποιητικό ριζικό σύστημα και ακολουθεί η μεταφύτευση τους σε συνθήκες παραγωγού σε πλαστικό θερμοκήπιο στην περιοχή της Άρβης (Ν. Κρήτη) στις 2/4/2022. Κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στις συνθήκες παραγωγού, περίπου 13 μήνες (2/4/22 – 26/4/23), έγινε αξιολόγηση των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) και απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού), καθώς και της πρωϊμότητας (ημέρες που μεσολάβησαν από τη φύτευση έως τη συγκομιδή), στις δύο κατηγορίες Π.Υ.: Α) Συμβατικό Υλικό φύτευσης και Β) Υλικό Ιστοκαλλιέργειας (Vitro-φυτάρια). Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν συγκρίνοντας τις μέσες τιμές με τη δοκιμή Duncan ($P < 0,5$).

2.1 Αξιολόγηση των παραμέτρων ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας

2.1.1 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **αριθμός φύλλων** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (πράσινες παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

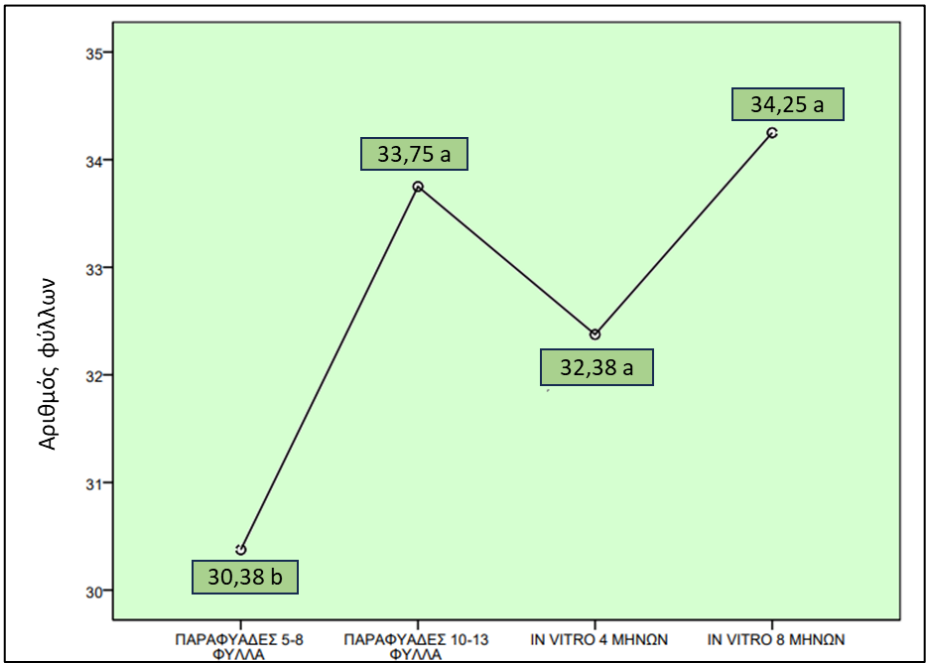
Η 1η μέτρηση (31/1/22) αφορά το δίμηνο όπου οι παραφυάδες παρέμειναν στο θερμοκήπιο ημι-ελεγχόμενων συνθηκών ανάπτυξης (αγρόκτημα ΕΛΜΕΠΑ). Ακολουθεί η μεταφύτευση τους σε συνθήκες παραγωγού σε πλαστικό θερμοκήπιο στις 2/4/2022 και μετά το πέρας δύο μηνών πραγματοποιήθηκε η 2η μέτρηση (28/5/22). Ακολούθησε η 3η μέτρηση δύο μήνες μετά (23/7/22) και μετά το πέρας ενός ακόμα μήνα, πραγματοποιήθηκε η 4η μέτρηση (24/8/22). Η τελική μέτρηση (5η) έγινε στις 22/9/22 (Γράφημα 1, 3, 5).



Γράφημα 1: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: αριθμός φύλλων.

Στην 1η και 2η μέτρηση, όπως αναμενόταν καταγράφεται ένας μικρότερος αριθμός φύλλων στα vitro φυτάρια σε σχέση με τις παραφυάδες. Όμως, στις επόμενες διαδοχικές μετρήσεις (3η, 4η, και 5η), στα vitro-φυτάρια (ιδιαίτερα κατά την 5η μέτρηση) καταμετρώνται περισσότερα φύλλα σε σχέση με τις δύο κατηγορίες των

παραφυάδων (Γράφημα 1). Ενδεχόμενα αυτό το χαρακτηριστικό να επηρέασε και την πρωίμιση των vitro φυταρίων, δηλαδή χρειάστηκαν λιγότερες ημέρες για να φτάσουν στην οικονομική ωρίμανση του καρπού (Γράφημα 17).



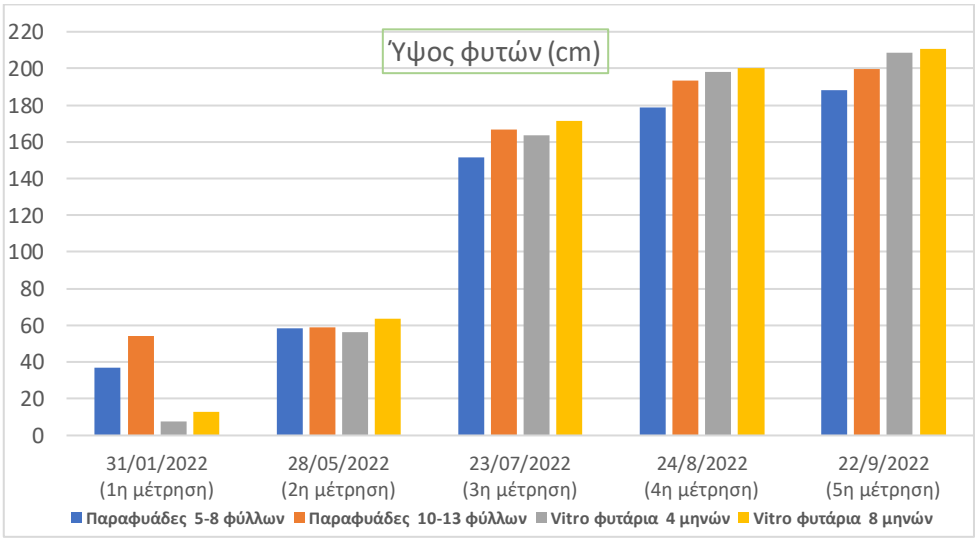
Γράφημα 2: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων.

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, προκύπτει ότι το χαρακτηριστικό αριθμός των φύλλων αποκτά την υψηλότερη τιμή (34,25) στην κατηγορία των vitro-φυταρίων με διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες. Ωστόσο δεν σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα vitro-φυτάρια (των δύο κατηγοριών) και στις παραφυάδες με τα περισσότερα φύλλα (10-13). Αντίθετα, οι παραφυάδες με τα λιγότερα φύλλα (5-8) υστέρησαν στατιστικά παράγοντας 30,38 φύλλα κατά μέσο όρο (Γράφημα 2, Πίνακας 1).

2.1.2 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **ύψος φυτών** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

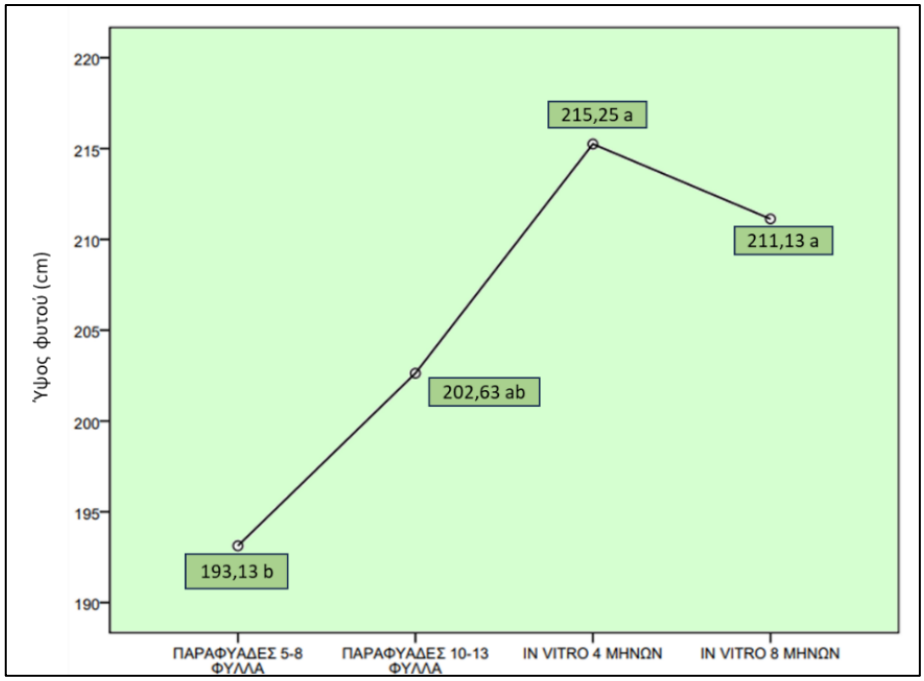
Όσον αφορά το χαρακτηριστικό ύψος των φυτών, στην 1η μέτρηση παρατηρείται εμφανής υπεροχή των παραφυάδων έναντι των vitro φυταρίων, αναμενόμενο αφού

πρόκειται για διαφορετικά υλικά φύτευσης (συμβατικό και υλικό ιστοκαλλιέργειας). Όμως από τη 2η μέτρηση (4 μήνες αργότερα) το υλικό ιστοκαλλιέργειας όχι μόνο προσεγγίζει το ύψος των παραφυάδων, αλλά και το προσπερνά. Στις τελευταίες μετρήσεις (4η και 5η) τα vitro-φυτάρια και των 2 κατηγοριών εξελίσσονται σε υψηλότερα και περισσότερο εύρωστα μπανανόφυτα (Γράφημα 3).



Γράφημα 3: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: ύψος φυτών.

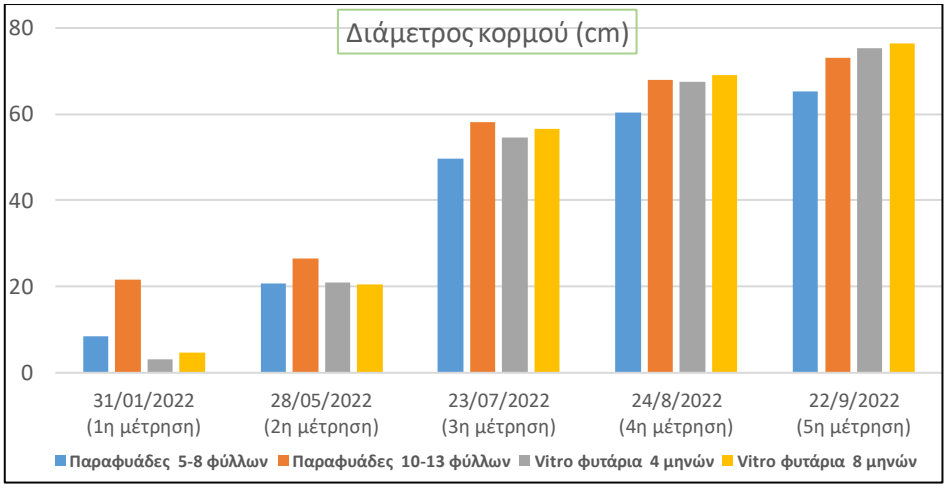
Τα προαναφερθέντα, επιβεβαιώνονται και από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπου πράγματι παρατηρείται μια υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας έναντι των παραφυάδων. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ευνοήθηκε σημαντικά στην κατηγορία των vitro φυταρίων με διάρκεια εγκλιματισμού 4 μηνών (215,25 cm) και 8 μηνών (211,13 cm). Αντίθετα το συμβατικό υλικό φύτευσης, παραφυάδες με περισσότερα (10-13) και λιγότερα (5-8) φύλλα, έδωσαν φυτά με μικρότερο κατά Μ.Ο. ύψος 202,63 cm και 193,13 cm, αντίστοιχα (Γράφημα 4, Πίνακας 1).



Γράφημα 4: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό ύψος φυτού.

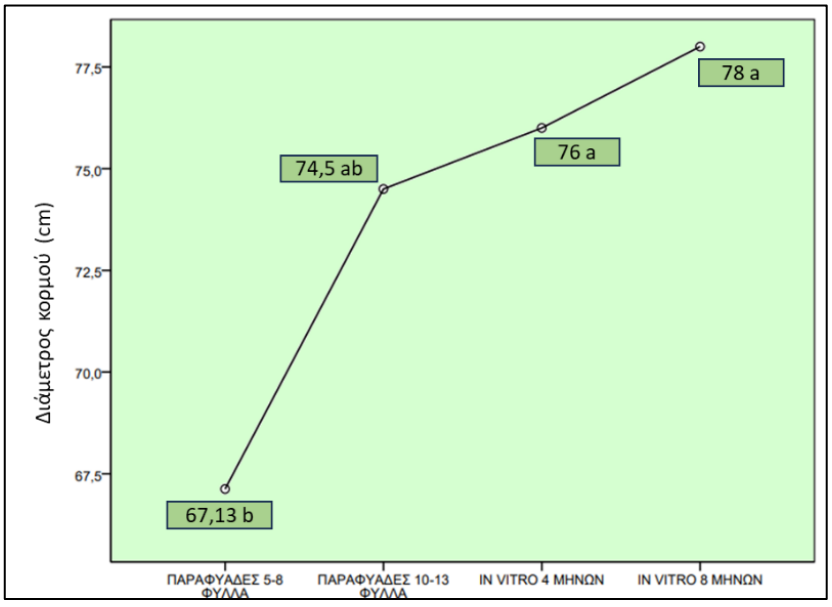
2.1.3 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **διάμετρος κορμού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

Όσον αφορά το χαρακτηριστικό διάμετρος του κορμού, στην 1η μέτρηση οι παραφυάδες και των 2 κατηγοριών υπερτερούν έναντι του υλικού ιστοκαλλιέργειας. Όμως, στις επόμενες μετρήσεις, ιδιαίτερα στην 4η και 5η καταγράφεται μια αξιόλογη υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας. Συγκεκριμένα στην 5η μέτρηση, το υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro φυτάρια) δίδει φυτά με ισχυρότερο και με μεγαλύτερη διάμετρο ψευδοστέλεχος (Γράφημα 5). Το γεγονός αυτό πολύ πιθανόν να οφείλεται στο μεγαλύτερο αριθμό φύλλων, τα οποία όπως είναι σφικτά περιτυλιγμένα επικαλύπτοντας το ένα το άλλο συγκροτούν ένα ισχυρότερο και με μεγαλύτερη διάμετρο ψευδοβλαστό (Γράφημα 1).



Γράφημα 5: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: διάμετρος κορμού.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, που αφορά το χαρακτηριστικό διάμετρο του κορμού, καταγράφει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) και του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες). Συγκεκριμένα, τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 8 και 4 μήνες δίδουν μπανανόφυτα με μεγαλύτερη διάμετρο κορμού, 78 και 76 cm, αντίστοιχα. Αντίθετα, οι παραφυάδες με τα λιγότερα φύλλα (5-8) υστερούν σημαντικά έναντι όλων των άλλων κατηγοριών Π.Υ. δίδοντας μπανανόφυτα με τη μικρότερη διάμετρο κορμού (Γράφημα 6, Πίνακας 1).



Γράφημα 6: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό διάμετρος του κορμού.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στα χαρακτηριστικά: αριθμός φύλλων, ύψος φυτού και διάμετρος κορμού. Αξιολογώντας το βαθμό επίδρασης στα τρία υπό μελέτη χαρακτηριστικά ανάμεσα στο συμβατικό υλικό φύτευσης και στο υλικό ιστοκαλλιέργειας, προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Συγκεκριμένα, η αξιοποίηση Π.Υ. προερχόμενο από ιστοκαλλιέργεια μετά την εγκατάσταση του στο χωράφι δίδει μπανανόφυτα με περισσότερα φύλλα (ευνοείται η φωτοσύνθεση), μεγαλύτερο ύψος, το οποίο ισχυροποιείται από ένα χονδρότερο ψευδοβλαστό. Αντίθετα, το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες), σε συνθήκες παραγωγού ευνοεί μόνο το χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων.

Πίνακας 1: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στα χαρακτηριστικά: αριθμός φύλλων, ύψος φυτού και διάμετρος κορμού.

Κατηγορίες Π.Υ.		**Νο φύλλων**	**Ύψος φυτού (cm)**	**Διάμετρος κορμού (cm)**
Συμβατικό Υλικό φύτευσης (πράσινες παραφυάδες)	5-8 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 32,5 cm)	30,38 b	193,13 b	67,13 b
	10-13 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 52,5 cm)	**33,75 a**	202,63 ab	74,50 ab
Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro φυτάρια)	Διάρκεια εγκλιματισμού 4 μήνες	**32,38 a**	**215,25 a**	**76,00 a**
	Διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες	**34,25 a**	**211,13 a**	**78,00 a**

Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά κατά την δοκιμή Duncan (P<0,5).

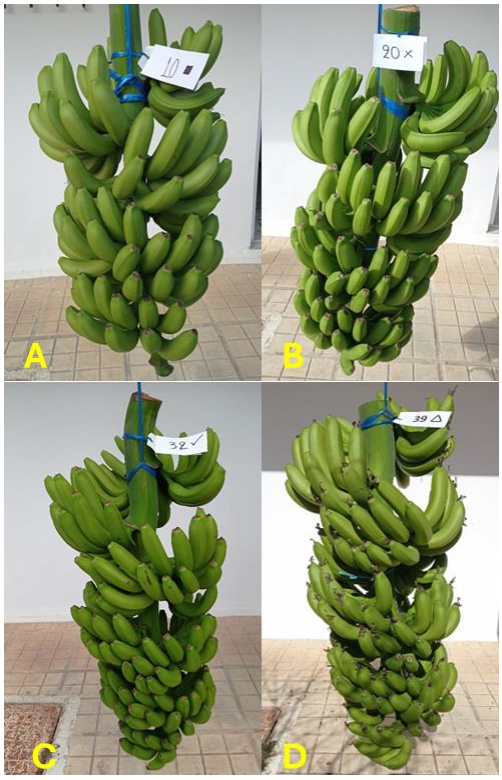
2.2 Αξιολόγηση των παραμέτρων απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού) μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας.

2.2.1 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **μήκος τσαμπιού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

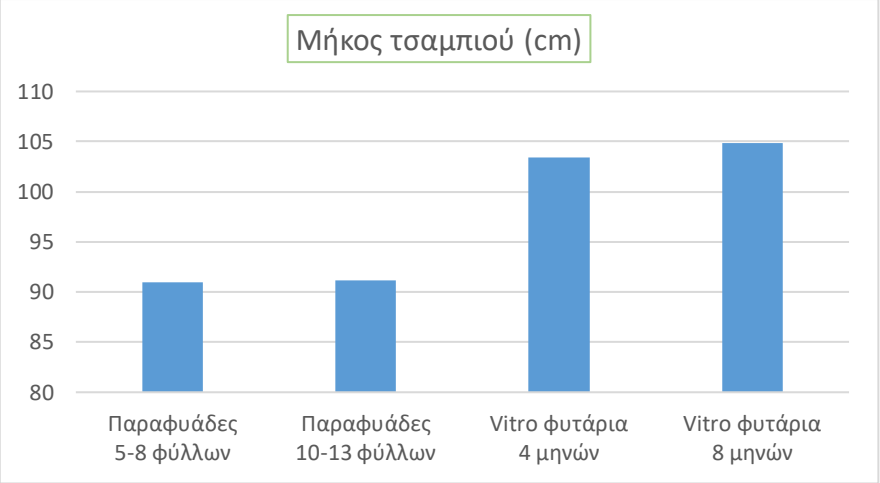
Η απόδοση μιας μπανανοκαλλιέργειας εξαρτάται όχι μόνο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την καλλιεργητική τεχνική, αλλά και από το γενετικό υπόβαθρο του Π.Υ. Βασικά χαρακτηριστικά όπως: το μήκος του τσαμπιού, πόστες/τσαμπί καρποί/πόστα, αλλά και το βάρος των καρπών καταγράφονται ως παράμετροι απόδοσης.

Συγκεκριμένα, σε τμήμα της ράχης (τσαμπί) οργανώνονται οι πόστες με τα θηλυκά άνθη (female flowers), τα οποία θα εξελιχθούν παρθενοκαρπικά σε καρπούς επηρεάζοντας την απόδοση.

Οι 4 κατηγορίες Π.Υ. που αξιοποιήθηκαν στη μελέτη διαφοροποιούνται στο χωράφι, δίδοντας τσαμπιά με μήκος, το οποίο κυμάνθηκε από 91-105 cm περίπου. Γενικά το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες) μετά την εγκατάσταση τους στο χωράφι εξελίσσεται σε μπανανόφυτα, τα οποία δίδουν τσαμπιά με το μικρότερο μήκος (91 cm) σε σχέση με το υλικό ιστοκαλλιέργειας όπου τα τσαμπιά υπερτερούν σε μήκος (103 cm) (Εικόνα 39, Γράφημα 7).

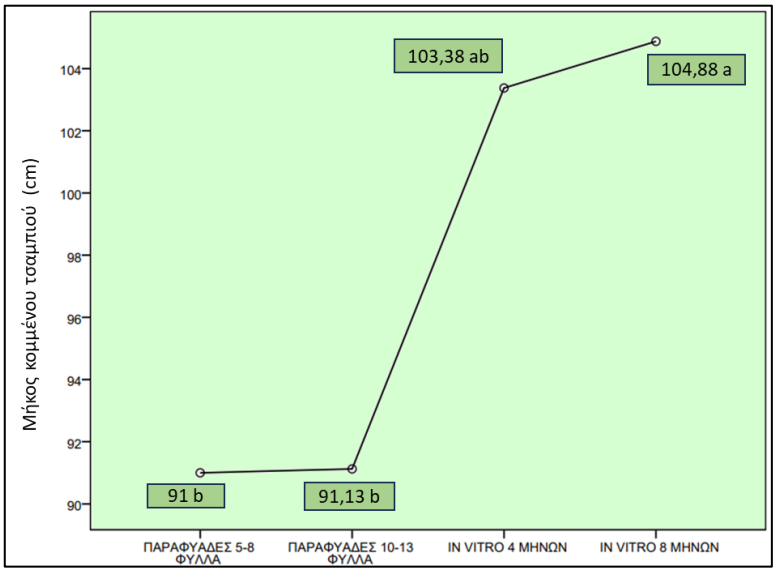


Εικόνα 39: Μήκος τσαμπιού: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων, Β) Παραφυάδας 10-13 φύλλων, C) Vitro φυταρίου 4 μηνών και D) Vitro φυταρίου 8 μηνών.



Γράφημα 7: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: μήκος τσαμπιού.

Η παραπάνω διαπίστωση, επιβεβαιώνεται και από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπου πράγματι το υλικό ιστοκαλλιέργειας έδωσε μπανανόφυτα, τα οποία παρήγαγαν τσαμπιά με μεγαλύτερο μήκος, ιδιαίτερα τα vitro-φυτάρια με μεγαλύτερη διάρκεια εγκλιματισμού (8 μήνες) εμφανίζουν μια υπεροχή (Γράφημα 8).

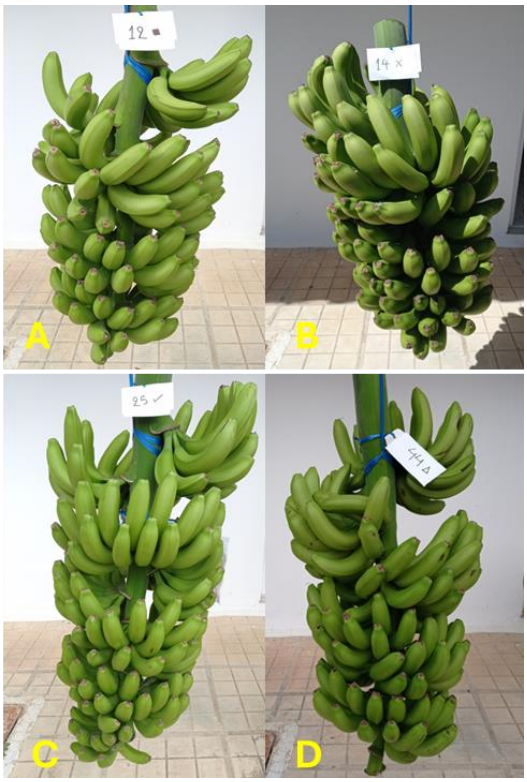


Γράφημα 8: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό μήκος τσαμπιού.

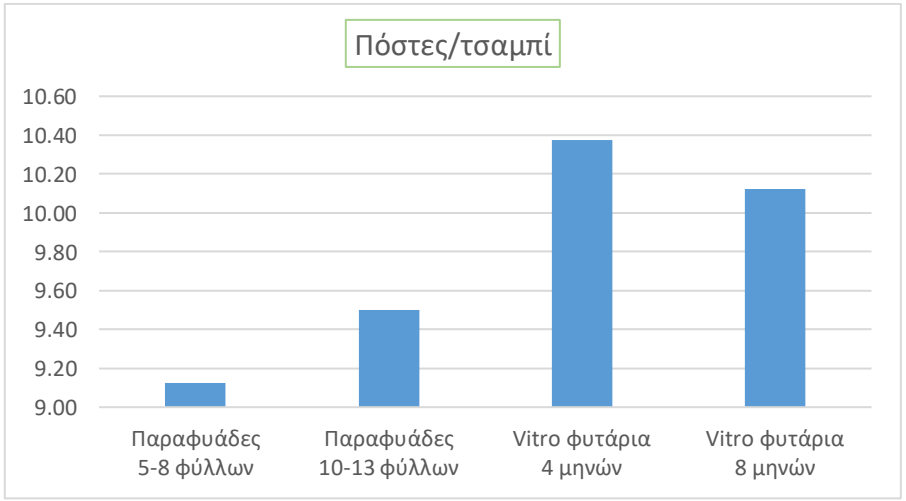
2.2.2 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **Νο πόστες/τσαμπί** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

Η προαναφερόμενη συμπεριφορά καταγράφεται και στο χαρακτηριστικό πόστες/τσαμπί, δηλαδή και στην περίπτωση αυτή το υλικό ιστοκαλλιέργειας στο

χωράφι εξελίσσεται σε μπανανόφυτα που παράγουν περισσότερες πόστες/τσαμπί. Συγκεκριμένα, τις περισσότερες πόστες ανά τσαμπί έδωσαν τα vitro φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 4 μηνών (Εικόνα 40C, Γράφημα 9). Παρότι, τα vitro-φυτάρια και των δύο κατηγοριών παράγουν τσαμπιά με περίπου ίδιο μήκος, οι παραγόμενες πόστες στα vitro-φυτάρια με 8 μήνες εγκλιματισμό ήταν λιγότερες με αραιότερη οργάνωση πάνω στο τσαμπί (Εικόνα 40D).

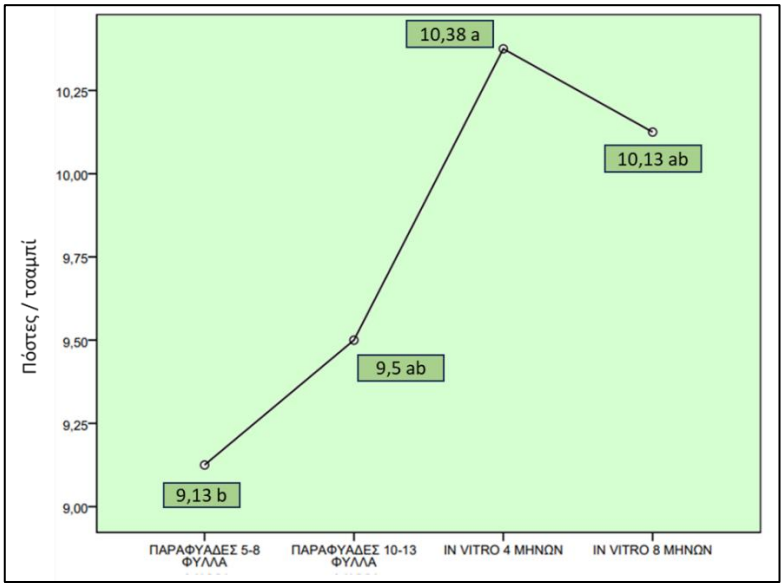


Εικόνα 40: Αριθμός πόστα/τσαμπί: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων, Β) Παραφυάδας 10-13 φύλλων, C) Vitro φυταρίου 4 μηνών και D) Vitro φυταρίου 8 μηνών.



Γράφημα 9: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: Νο ποστών/τσαμπί.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, που αφορά το χαρακτηριστικό αριθμός πόστες/τσαμπί επιβεβαιώνει τα όσα ελέγχθηκαν προηγουμένως. Είναι εμφανής η υπεροχή των vitro-φυταρίων με μικρότερο χρόνο εγκλιματισμού (4 μήνες), τα οποία δίδουν κατά Μ.Ο. 10,38 πόστες/τσαμπί. Τις λιγότερες πόστες/τσαμπί δίδει το συμβατικό υλικό φύτευσης, ιδιαίτερα οι παραφυάδες με 5-8 φύλλα, στο τσαμπί των οποίων αναπτύσσονται κατά Μ.Ο. 9,13 πόστες (Γράφημα 10).



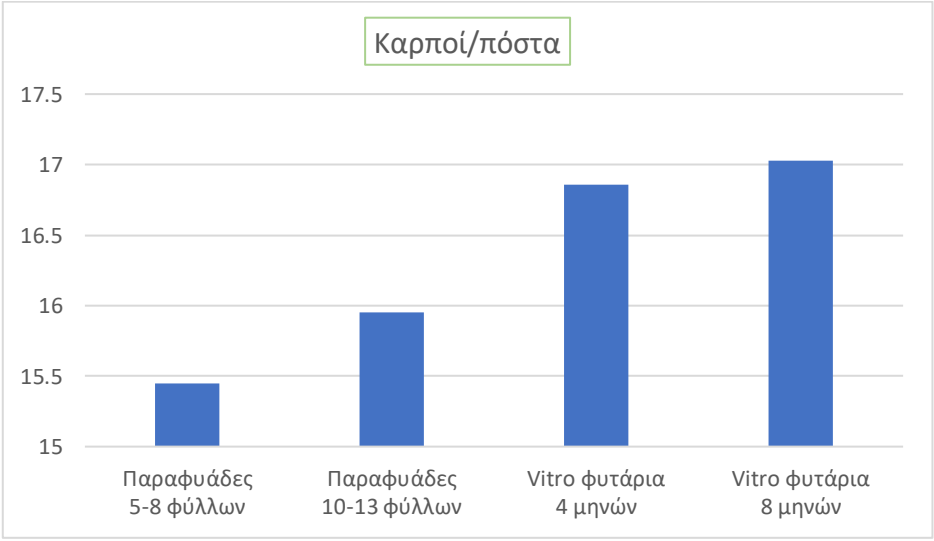
Γράφημα 10: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός ποστών/τσαμπί.

2.2.3 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **Νο καρπών/πόστα** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

Συγκρίνοντας την επίδραση των παραφυάδων και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στο χαρακτηριστικό αριθμός καρπών/πόστα, προκύπτει σαφής υπεροχή του Π.Υ. ιστοκαλλιέργειας. Πράγματι το υλικό ιστοκαλλιέργειας, ιδιαίτερα τα μεγαλύτερα σε ηλικία vitro-φυτάρια (εγκλιματισμένα για 8 μήνες) έδωσαν περισσότερους καρπούς/πόστα (Εικόνα 41Β, Γράφημα 11). Όσον αφορά το συμβατικό υλικό φύτευσης, ιδιαίτερα οι παραφυάδες των 5-8 φύλλων παρήγαγαν τους λιγότερους καρπούς/πόστα (αραιόραγες) (Εικόνα 41Α, Γράφημα 11).

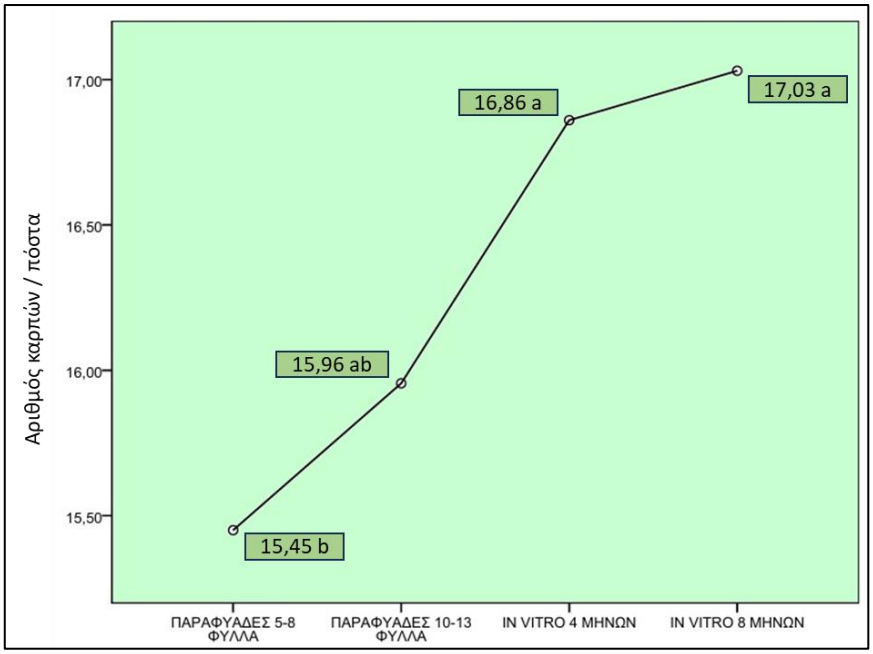


Εικόνα 41: Αριθμός καρπών/πόστα: Α) Παραφυάδας 5-8 φύλλων και Β) Vitro φυταρίου 8 μηνών.



Γράφημα 11: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: Νο καρπών/πόστα.

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων σχετικά με το χαρακτηριστικό αριθμός καρπών ανά πόστα, προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο υλικό ιστοκαλλιέργειας και τις παραφυάδες. Τα vitro φυτάρια ηλικίας 8 και 4 μηνών υπερέχουν σημαντικά με Μ.Ο. καρπών/πόστα 17,03 και 16,86 αντίστοιχα. Αντίθετα οι παραφυάδες υπολείπονται των vitro-φυταρίων, ιδιαίτερα εκείνες των 5-8 φύλλων, οι οποίες απέδωσαν κατά Μ.Ο. 15,45 καρπούς/πόστα (Γράφημα 12).

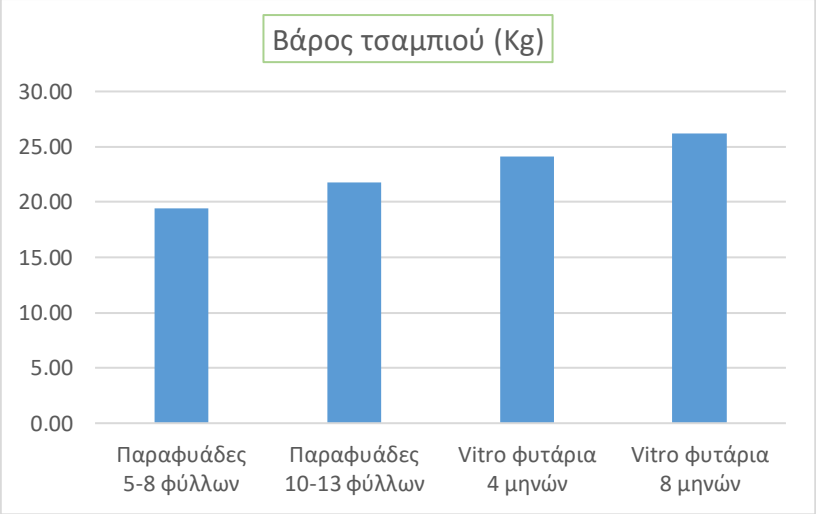


Γράφημα 12: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό αριθμός καρπών/πόστα.

2.2.4 Σύγκριση του χαρακτηριστικού: **βάρος τσαμπιού** μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) και του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια).

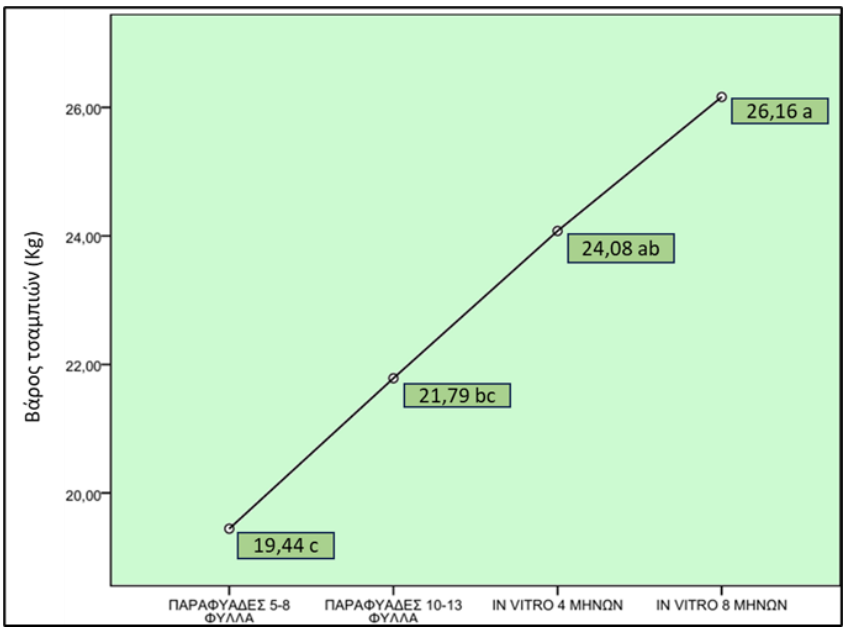
Σίμερα

Γενικά, το συνολικό βάρος κάθε τσαμπιού επηρεάζεται από μια πλειάδα χαρακτηριστικών, όπως το μήκος και η διάμετρος του τμήματος της ράχης που το συγκροτεί, ο αριθμός ποστών/τσαμπί, ο αριθμός καρπών/πόστα, καθώς επίσης και το βάρος των καρπών. Ανάμεσα στις δύο κατηγορίες Π.Υ. της παρούσας μελέτης, το υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια 8 και 4 μηνών) έδωσε τσαμπιά με μεγαλύτερο Μ.Ο. βάρους. Αντίθετα η απόκλιση του συνολικού βάρους των τσαμπιών στις παραφυάδες είναι εμφανής (Γράφημα 13).



Γράφημα 13: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στο χαρακτηριστικό: βάρος τσαμπιού.

Πράγματι, από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων για το εν λόγω χαρακτηριστικό, προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Το μεγαλύτερο βάρος τσαμπιών καταγράφεται στο υλικό της ιστοκαλλιέργειας. Συγκεκριμένα τα vitro-φυτάρια έδωσαν τις υψηλότερες αποδόσεις, 26,16 για τα vitro-φυτάρια 8 μηνών και 24,08 kg για τα 4 μηνών αντίστοιχα. Αντίθετα το συμβατικό υλικό φύτευσης, ιδιαίτερα οι παραφυάδες με τα λιγότερα φύλλα (5-8) έδωσαν τσαμπιά με το μικρότερο βάρος, μόλις 19,44 kg (Γράφημα 14).



Γράφημα 14: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στο χαρακτηριστικό βάρος τσαμπιών.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση της επίδρασης των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του συμβατικού υλικού και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στα χαρακτηριστικά: μήκος τσαμπιού, αριθμός πόστων/τσαμπί, αριθμός καρπών/πόστα και βάρος τσαμπιού. Η στατιστική δοκιμασία έγινε συγκρίνοντας τις μέσες τιμές με τη δοκιμή Duncan. Αξιολογώντας το βαθμό επίδρασης στα τέσσερα υπό μελέτη χαρακτηριστικά ανάμεσα στο συμβατικό υλικό φύτευσης και στο υλικό ιστοκαλλιέργειας, προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Για όλα τα χαρακτηριστικά καταγράφεται υπεροχή στο υλικό της ιστοκαλλιέργειας. Συγκεκριμένα τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες, δίδουν τσαμπιά με μεγαλύτερο μήκος, περισσότερους καρπούς/πόστα και μεγαλύτερο συνολικό βάρος τσαμπιού, ενώ τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 4 μήνες δίδουν περισσότερες πόστες/τσαμπί. Το συμβατικό υλικό φύτευσης υστέρησε σημαντικά σε όλα τα αξιολογημένα χαρακτηριστικά έναντι του υλικού ιστοκαλλιέργειας.

Πίνακας 2: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στα χαρακτηριστικά: μήκος τσαμπιού, αριθμός ποστών/τσαμπί, αριθμός καρπών/πόστα και βάρος τσαμπιού.

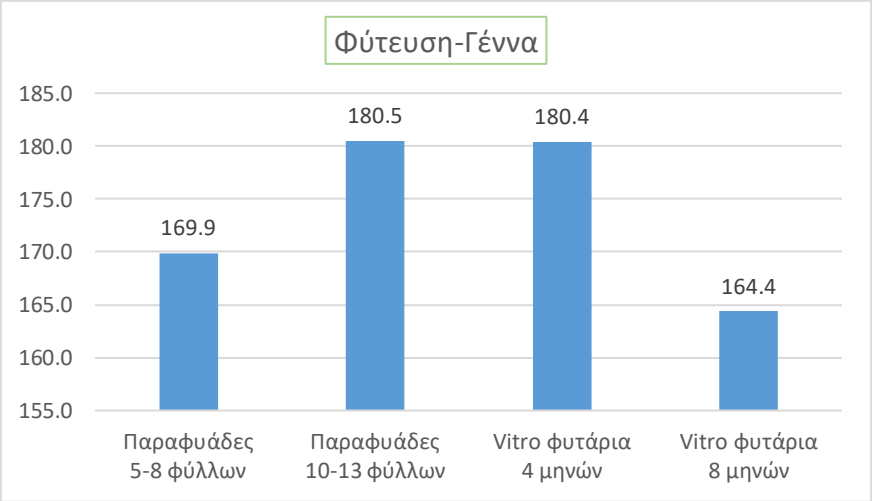
Κατηγορίες Π.Υ.	**Κατηγορία πολ/κού υλικού**	**Μήκος τσαμπιού (cm)**	**Νο πόστας/ τσαμπί**	**Μ.Ο. καρπών/ πόστα**	**Βάρος τσαμπιού (Kg)**
Συμβατικό Υλικό φύτευσης (πράσινες παραφυάδες)	5-8 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 32,5 cm)	91,00 b	9,13 b	15,45 b	19,44 c
	10-13 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 52,5 cm)	91,13 b	9,50 ab	15,96 ab	21,79 bc
Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro φυτάρια)	Διάρκεια εγκλιματισμού 4 μήνες	103,38 ab	**10,38 a**	**16,86 a**	24,08 ab
	Διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες	**104,88 a**	10,13 ab	**17,03 a**	**26,16 a**

Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά κατά την δοκιμή Duncan ($P<0,5$).

2.3 Αξιολόγηση της πρωιμότητας μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας.

2.3.1 Καταγραφή της πρωϊμότητας (**από την ημέρα φύτευσης έως τη γέννα**) σε παραφυάδες (συμβατικό υλικό φύτευσης) και υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια)

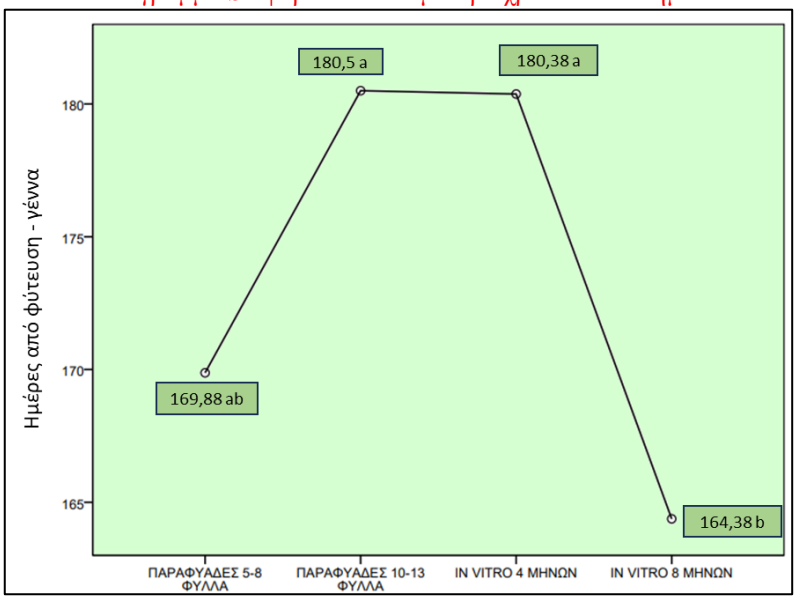
Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την ημέρα φύτευσης του Π.Υ. στο χωράφι έως τη 'γέννα' περιλαμβάνει δύο βασικά στάδια του βιολογικού κύκλου (βλαστικό στάδιο και άνθηση) του φυτού. Πιο σύντομα έφτασαν και ολοκλήρωσαν το συγκεκριμένο στάδιο του βιολογικού τους κύκλου τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες, όπου η γέννα των τσαμπιών ολοκληρώθηκε περίπου στους 5,5 μήνες από την ημέρα φύτευσης, παρόμοια συμπεριφορά καταγράφεται και για τις παραφυάδες με 5-8 φύλλα. Οι άλλες δύο κατηγορίες Π.Υ. χρειάστηκαν περίπου 6 μήνες έως ότου ολοκληρωθεί το προαναφερθέν στάδιο ανάπτυξης (Γράφημα 15).



Γράφημα 15: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στις ημέρες που μεσολάβησαν από την φύτευση έως τη γέννα.

Το προαναφερθέν επιβεβαιώνεται από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, δηλαδή καταγράφεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας. Συγκεκριμένα τα vitro φυταρία με διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες, χρειάστηκαν 164,38 ημέρες από τη φύτευση έως τη γέννηση των τσαμπιών, δηλαδή 16 ημέρες λιγότερες σε σχέση με τις παραφυάδες 10-13 φύλλων (180,5 days) (Γράφημα 16).

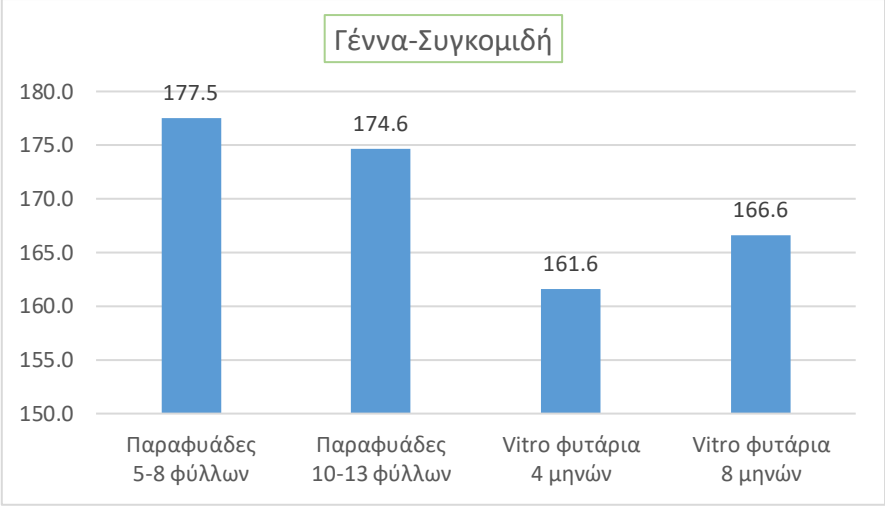
*το γράμμα **b** αφορά το συντομότερο χρονικό διάστημα.



Γράφημα 16: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στις ημέρες που μεσολάβησαν από την φύτευση έως τη γέννα.

2.3.2 Καταγραφή της πρωϊμότητας (**από τη γέννα έως την συγκομιδή**) σε παραφυάδες (συμβατικό υλικό φύτευσης) και υλικό ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια)

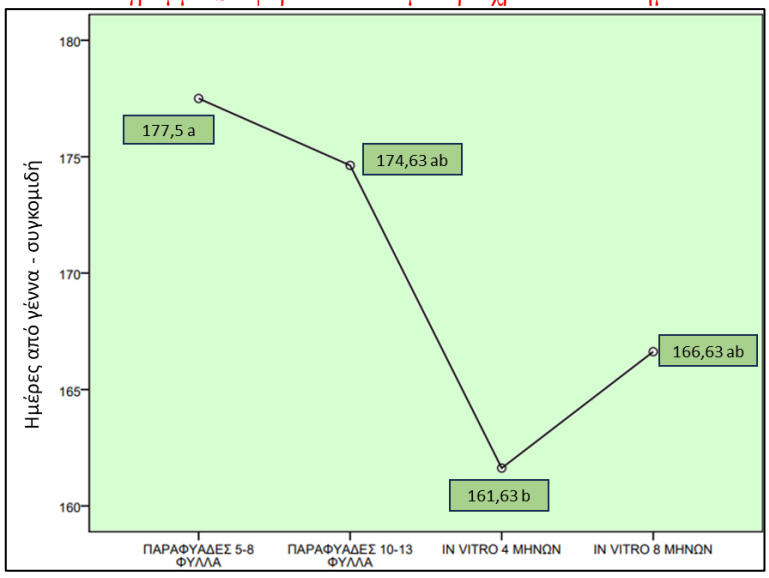
Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη γέννα των τσαμπιών έως και τη συγκομιδή τους, αφορά τις μέρες που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί το στάδιο ωρίμανσης του καρπού. Λιγότερο χρόνο (5,4 μήνες) χρειάστηκαν τα vitro φυτάρια 4 μηνών και ακολουθούν τα vitro φυτάρια 8 μηνών (5,5 μήνες). Περισσότερο χρόνο χρειάστηκαν οι παραφυάδες με 5-8 φύλλα (5,9 μήνες) και οι παραφυάδες με 10-13 φύλλα (5,8 μήνες) (Γράφημα 17).



Γράφημα 17: Επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας, στις ημέρες που μεσολάβησαν από τη γέννα έως την συγκομιδή.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, αναδεικνύει την υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας, έναντι του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες). Πράγματι, τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 4 μήνες υπερέχουν σημαντικά έναντι των υπόλοιπων κατηγοριών, δηλαδή χρειάστηκαν 16 ημέρες λιγότερες για να διανύσουν την περίοδο από γέννα έως το στάδιο της συγκομιδής (Γράφημα 18).

*το γράμμα **b** αφορά το συντομότερο χρονικό διάστημα.



Γράφημα 18: Συμπεριφορά των τεσσάρων κατηγοριών Π.Υ. στις ημέρες που μεσολάβησαν από την γέννα έως την συγκομιδή.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση της επίδρασης του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στο χαρακτηριστικό πρωιμότητα,

δηλαδή ο απαιτούμενος χρόνος από την φύτευση έως τη συγκομιδή των τσαμπιών. Η στατιστική δοκιμασία έγινε συγκρίνοντας τις μέσες τιμές με τη δοκιμή Duncan. Στον Πίνακα αυτό φαίνεται η υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας έναντι του συμβατικού υλικού φύτευσης και στις δύο περιόδους ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη περίοδο ανάπτυξης που αφορά το διάστημα από τη φύτευση-γέννα, το υλικό ιστοκαλλιέργειας υπερέχει, ιδιαίτερα τα vitro-φυτάρια με μεγαλύτερη διάρκεια εγκλιματισμού (8 μήνες) χρειάστηκαν λιγότερες για να ολοκληρώσουν τη συγκεκριμένη περίοδο. Όμως και στη δεύτερη περίοδο ανάπτυξης, δηλαδή από τη γέννα έως τη συγκομιδή, το υλικό ιστοκαλλιέργειας εξακολουθεί να δείχνει υπεροχή. Στην περίπτωση αυτή τα vitro-φυτάρια με 4 μήνες εγκλιματισμού, χρειάστηκαν λιγότερες ημέρες έως ότου φτάσουν στο στάδιο της συγκομιδής.

*Πίνακας 3: Επίδραση των τεσσάρων κατηγοριών-επεμβάσεων του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στο χαρακτηριστικό πρωιμότητα της καλλιέργειας. *το γράμμα **b** αφορά το συντομότερο χρονικό διάστημα.*

Κατηγορίες Π.Υ.	**Κατηγορία πολ/κού υλικού**	**Φύτευση-Γέννα (days)**	**Γέννα-Συγκομιδή (days)**
Συμβατικό Υλικό φύτευσης (πράσινες παραφυάδες)	5-8 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 32,5 cm)	169,88 ab	177,50 a
	10-13 φύλλα (Μ.Ο. ύψους 52,5 cm)	180,50 a	174,63 ab
Υλικό ιστοκαλλιέργειας (Vitro φυτάρια)	Διάρκεια εγκλιματισμού 4 μήνες	180,38 a	**161,63 b**
	Διάρκεια εγκλιματισμού 8 μήνες	**164,38 b**	166,63 ab

Οι μέσες τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικά κατά την δοκιμή Duncan (P<0,5).

3. Συζήτηση

Η μπανάνα (Musa spp. AAA) είναι βασική τροφή και αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως εξαγόμενα φρούτα στον κόσμο. Η ζήτηση του υλικού φύτευσης της μπανάνας είναι εξαιρετικά υψηλή σε όλες τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Παρά την υψηλή αυτή ζήτηση, η διαθεσιμότητα ασφαλούς και αξιόπιστου υλικού φύτευσης αποτελεί πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι αγρότες μικρής και μεγάλης κλίμακας. Ο συμβατικός τρόπος πολλαπλασιασμού (παραφυάδες και ριζώματα) δημιουργεί μια πλειάδα σοβαρών προβλημάτων, που αφορούν τόσο το επίπεδο φυτοϋγείας, όσο και την ίδια την τεχνική πολλαπλασιασμού (Grammatikaki & Tzortzakakis 1998, Hussein, 2012, Kulimbe et al., 2021, Ngomuo et al., 2014, Pillay et al., 2011, Tumuhimbise & Talengera, 2018). Η τεχνική της ιστοκαλλιέργειας (tissue culture), δίδει λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν από το συμβατικό τρόπο πολλαπλασιασμού, δικαίως λοιπόν έχει καθιερωθεί παγκοσμίως ως μία εναλλακτική τεχνική για τη δημιουργία υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού (Arvanitoyannis et al., 2008, Fonsah et al., 2007, George et al., 2008, Kumar & Kumar, 2015, Murugi Kahangi, 2010, Pierik, 1991, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010, Suman, 2017).

Από μελέτες των Cano et al. (1997), Roy et al. (2010), Yousaf et al. (2006) και Waman et al. (2014), προκύπτει ότι μπανανόφυτα προερχόμενα από ιστοκαλλιέργεια υπερέχουν σε επίπεδο φυτοϋγείας και ποιότητας του παραγομένου προϊόντος, δίδοντας τη δυνατότητα στους μπανανοπαραγωγούς να λάβουν υψηλότερες αποδόσεις και καρπούς ανώτερης ποιότητας. Επιπλέον, τα vitro φυτάρια μετά την εγκατάσταση τους στο χωράφι, διακρίνονται θετικά στις περισσότερες **παραμέτρους ανάπτυξης** (ταχύτερη ανάπτυξη, μεγαλύτερο ύψος, περισσότερα φύλλα και ένα χονδρότερο σε διάμετρο ψευδοβλαστό (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Espino et al., 1991, Fonsah et al., 2007, Nandi et al., 1998).

Άλλες μελέτες αναδεικνύουν τη σημαντική διαφορά μεταξύ του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού ιστοκαλλιέργειας στις **παραμέτρους απόδοσης**. Δηλαδή το υλικό ιστοκαλλιέργειας στο χωράφι παράγει μεγαλύτερα τσαμπιά, αποτελούμενα από περισσότερες πόστες και καρπούς, επηρεάζοντας θετικά και το βάρος-απόδοση (Buah et al., 2000, Bhanusree et al., 2015, Drew & Smith, 1990, Espino et al., 1991, Liu et al., 1989, Nandi et al., 1998, Nayak et al., 2019, Robinson et al., 1993, Roy et al., 2010).

Η υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας, αποδίδεται στο καλά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα των vitro φυταρίων κατά την εγκατάσταση τους στο χωράφι, σε αντίθεση με τις παραφυάδες, οι οποίες κατά την εκρίζωση τους από το μητρικό φυτό υφίστανται σοβαρό τραυματισμό των ριζών (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Gopu et al., 2021, Mensah et al., 2012, Roy et al., 2010, Waman et al., 2014). Το προαναφερθέν πλεονέκτημα (ισχυρό ριζικό σύστημα) ευνοεί το γρήγορο εγκλιματισμό των vitro φυταρίων στο χωράφι σε αντίθεση με τις παραφυάδες, οι οποίες θα πρέπει να αναπτύξουν ένα νέο ριζικό σύστημα και φύλλωμα για να ξεκινήσει η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, η οποία επέρχεται 4-6 εβδομάδες μετά τη φύτευση (Buah et al., 2000, Robinson et al., 1993, Waman et al., 2014). Δεν θα πρέπει να αγνοηθεί η επίδραση των ρυθμιστών αύξησης (κυτοκινίνες), οι οποίες αποτελούν βασικό στοιχείο στη σύνθεση των θρεπτικών υποστρωμάτων ιστοκαλλιέργειας και σύμφωνα με μελέτες μεταφέρονται στα επόμενα στάδια ανάπτυξης των φυτών επηρεάζοντας θετικά τόσο τις παραμέτρους ανάπτυξης, όσο και τις παραμέτρους απόδοσης (Drew & Smith, 1990, Mensah et al., 2012, Robinson et al., 1993, Zamora et al., 1989, Vuylsteke & Ortiz, 1996, Waman et al., 2014).

Καθοριστικής σημασίας σε μια μπανανοφυτεία θεωρείται ο **παράγοντας πρωϊμότητα** της παραγωγής και στην περίπτωση αυτή προκύπτει ότι τα vitro φυτάρια, χρειάζονται μικρότερους κύκλους έως ότου ολοκληρωθεί η ωρίμανση των τσαμπιών τους (Buah et al., 2000, Drew & Smith, 1990, Nandi et al., 1998, Robinson et al. 1993, Roy et al. 2010, Vuylsteke & Ortiz, 1996, Waman et al., 2014). Επιπλέον, στα μπανανόφυτα προερχόμενα από vitro φυτάρια παρατηρείται χρονική ομοιομορφία στις εξόδους των τσαμπιών σε αντίθεση με το συμβατικό υλικό φύτευσης (παραφυάδες), όπου καταγράφεται χρονική απόσταση μεταξύ των γεννήσεων των τσαμπιών (Roy et al., 2010, Vuylsteke & Ortiz, 1996, Waman et al., 2014). Η χρονική ομοιομορφία στις εξόδους των τσαμπιών, αποδίδεται στο γεγονός ότι τα vitro φυτάρια έχουν μικρότερη περίοδο νεανικότητας, δηλαδή μπαίνουν γρηγορότερα στην αναπαραγωγική φάση, αποτέλεσμα την πρωιμότητα τους (Nandi et al., 1998). Η κλιμακούμενη παραγωγή καρπών του συμβατικού υλικού φύτευσης αποτελεί μειονέκτημα για τους παραγωγούς, καθώς δεν μπορούν να προγραμματίσουν τη συγκομιδή των καρπών και την ακριβή περίοδο προώθησής τους στην αγορά. Αντίθετα στην περίπτωση του υλικού ιστοκαλλιέργειας, η μαζική και ομοιόμορφη κατανομή της παραγωγής διευκολύνει τη διάθεση-εμπορεία των καρπών.

4. Συμπεράσματα

Από την εκπόνηση της παρούσης πειραματικής μελέτης προκύπτουν αξιόλογα συμπεράσματα, που αφορούν την επίδραση του υλικού ιστοκαλλιέργειας (vitro-φυτάρια) και του συμβατικού υλικού φύτευσης (παραφυάδες) στις παραμέτρους ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού) και απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού), καθώς και της πρωιμότητας (χρονική διάρκεια από τη φύτευση έως τη συγκομιδή των τσαμπιών). Το γενετικό υλικό (vitro-φυτάρια και παραφυάδες) που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, προήλθε από τοπικό κλώνο της ποικιλίας Grande Naine, που καλλιεργείται σε θερμοκήπια της Ν. Κρήτης και μετά την αξιολόγησή του προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

α) Επίδραση του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στις παραμέτρους ανάπτυξης (αριθμός φύλλων, ύψος φυτών, διάμετρος κορμού)

Είναι εμφανής η υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας, έναντι των παραφυάδων σε όλες τις παραμέτρους ανάπτυξης. Συγκεκριμένα, τα vitro φυτάρια και των δύο κατηγοριών (με διάρκεια εγκλιματισμού 4 και 8 μήνες), μετά την εγκατάσταση τους στο χωράφι σε συνθήκες παραγωγού, εξελίχθηκαν σε μπανανόφυτα με περισσότερα φύλλα, μεγαλύτερο ύψος και χονδρότερο ψευδοβλαστό, χαρακτηριστικά που ευνοούν όλα τα βιολογικά στάδια ανάπτυξης των φυτών. Όσον αφορά την επίδραση του συμβατικού υλικού φύτευσης στα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά καταγράφεται σημαντική υστέρηση. Συγκεκριμένα οι παραφυάδες με τα λιγότερα φύλλα (5-8 φύλλα) μετά την εγκατάσταση τους στο χωράφι, δεν ευνόησαν κανένα από τα χαρακτηριστικά που συγκροτούν τις παραμέτρους ανάπτυξης. Αντίθετα οι παραφυάδες με τα περισσότερα φύλλα (10-13 φύλλα) ευνοούν μόνο το χαρακτηριστικό αριθμός φύλλων.

Ανάλογα αποτελέσματα αναφέρονται από τους Nandi et al. (1998) και Buah et al. (2000) όπου, το υλικό ιστοκαλλιέργειας στο χωράφι δίδει φυτά με περισσότερα φύλλα, μεγαλύτερο ύψος και διάμετρο ψευδοβλαστού. Μια σχετικά καλή υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας έναντι του συμβατικού υλικού φύτευσης στα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, αναφέρεται και στις έρευνες των Hwang et al. (1984), Robinson et al. (1993), Roy et al. (2010) και Vuylsteke & Ortiz (1996).

β) Επίδραση του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στις παραμέτρους απόδοσης (μήκος τσαμπιού, πόστες/τσαμπί, καρποί/πόστα, βάρος τσαμπιού)

Από την αξιολόγηση της επίδρασης του υλικού ιστοκαλλιέργειας έναντι των παραφυάδων (μετά την εγκατάσταση τους στο χωράφι) στις παραμέτρους απόδοσης, προκύπτει σημαντική υπεροχή του πρώτου. Δηλαδή, το υλικό ιστοκαλλιέργειας και των δύο κατηγοριών (με 4 και 8 μήνες διάρκεια εγκλιματισμού), εξελίσσεται στο χωράφι σε μπανανόφυτα που δίδουν τσαμπιά με μεγαλύτερο μήκος, περισσότερες πόστες/τσαμπί, μεγαλύτερο Μ.Ο. καρπών/πόστα και μεγαλύτερο βάρος καρπού. Ανάμεσα στις δύο κατηγορίες του υλικού ιστοκαλλιέργειας (με 4 και 8 μήνες διάρκεια εγκλιματισμού) μια υπεροχή καταγράφεται στο υλικό με μεγαλύτερη διάρκεια εγκλιματισμού (8 μήνες). Όσον αφορά, το συμβατικό υλικό φύτευσης μετά την εγκατάσταση του στο χωράφι εξελίσσεται σε μπανανόφυτα, τα οποία υστέρησαν σημαντικά σε όλες τις παραμέτρους απόδοσης.

Παρόμοια αποτελέσματα με αυτά της παρούσης μελέτης αναφέρονται στους Buah et al., (2000), Drew & Smith, (1990), Espino et al., (1991), Liu et al., (1989) και Roy et al., (2010), όπου το υλικό ιστοκαλλιέργειας έδωσε υψηλότερες αποδόσεις (τσαμπιά μεγαλύτερου βάρους, περισσότεροι καρποί/πόστα και πόστες/τσαμπί), συγκριτικά με το συμβατικό υλικό φύτευσης.

Σύμφωνα με τους Vulysteke & Ortiz (1996), Fonsah et al. (2007) και Hwang et al. (1984),τα vitro φυτάρια στο χωράφι εξελίχθηκαν σε υγιή και δυναμικά μπανανόφυτα, όμως η απόδοση τους δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά σε σχέση με τα συμβατικά πολλαπλασιαζόμενα φυτά. Σύμφωνα με τους Waman et al. (2014), παρά το γεγονός ότι, το συμβατικό υλικό φύτευσης έδωσε περισσότερους καρπούς/πόστα και περισσότερες πόστες/τσαμπί, το υλικό ιστοκαλλιέργειας υπερείχε δίδοντας τσαμπιά με μεγαλύτερο βάρος, άρα υψηλότερη παραγωγή.

γ) Επίδραση του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στην πρωιμότητα (χρονική διάρκεια από τη φύτευση έως τη συγκομιδή των τσαμπιών) της μπανανοκαλλιέργειας.

Η επιτάχυνση της ανάπτυξης και συγκομιδής των καρπών σε μια μπανανοκαλλιέργεια επηρεάζεται όχι μόνο από εξωγενείς παράγοντες (καλλιεργητική τεχνική, φυτοϋγεία του υλικού), αλλά και από ενδογενείς (προέλευση του γενετικού υλικού φύτευσης). Από την αξιολόγηση της επίδρασης του συμβατικού υλικού φύτευσης και του υλικού της ιστοκαλλιέργειας στην πρωϊμότητα μιας μπανανοκαλλιέργειας προκύπτει υπεροχή στο υλικό ιστοκαλλιέργειας, το οποίο επιπλέον δείχνει αξιόλογη ομοιομορφία στη

γέννηση των τσαμπιών, σε αντίθεση με τις παραφυάδες, στις οποίες παρατηρείται μεγάλη χρονική απόσταση, πιθανώς οφειλόμενη στη διαφορετική προέλευση του μητρικού υλικού έναρξης. Παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν και από μελέτες των Espino et al. (1991), Roy et al. (2010), Vuylsteke & Ortiz (1996) και Waman et al. (2014). Στην παρούσα πειραματική μελέτη η αξιολόγηση της επίδρασης του υλικού ιστοκαλλιέργειας και του συμβατικού υλικού φύτευσης στην πρωιμότητα διεξήχθη σε δύο περιόδους ανάπτυξης (φύτευση-γέννα & γέννα-συγκομιδή) της μπανανο-φυτείας. Αξιολογώντας την πρώτη περίοδο ανάπτυξης **(φύτευση-γέννα)** το υλικό ιστοκαλλιέργειας χρειάστηκε 164 και 180 ημέρες, αντίστοιχα για τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 8 και 4 μήνες. Όσον αφορά τις παραφυάδες, η ίδια περίοδος διήρκεσε 180 και 170 ημέρες, αντίστοιχα για τις παραφυάδες με τα περισσότερα (10-13) και τα λιγότερα (5-8) φύλλα. Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι, για την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου σταδίου ανάπτυξης χρειάστηκαν 172 ημέρες για το υλικό ιστοκαλλιέργειας και 175 για το συμβατικό υλικό φύτευσης. Συνολικά η χρονική διάρκεια του διαστήματος φύτευση-γέννα διήρκεσε περίπου 6 μήνες, σε αντίθεση με άλλες ερευνητικές μελέτες όπου η περίοδος αυτή είναι πολύ μεγαλύτερη (Buah et al., 2000, Nandi et al., 1998).

Σχετικά με την περίοδο ανάπτυξης, που αφορά το διάστημα που μεσολαβεί από τη **γέννα-συγκομιδή**, το υλικό ιστοκαλλιέργειας χρειάστηκε 167 και 162 ημέρες, αντίστοιχα για τα vitro-φυτάρια με διάρκεια εγκλιματισμού 8 και 4 μήνες. Όσον αφορά τις παραφυάδες, η περίοδος αυτή διήρκεσε 175 και 178 ημέρες, αντίστοιχα για τις παραφυάδες με τα περισσότερα (10-13) και τα λιγότερα (5-8) φύλλα. Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι, για την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου σταδίου ανάπτυξης χρειάστηκαν 164 ημέρες για το υλικό ιστοκαλλιέργειας και 176 για το συμβατικό υλικό φύτευσης. Δηλαδή η συνολική διάρκεια του χρονικού διαστήματος γέννα-συγκομιδή ολοκληρώθηκε σε 5,5 μήνες για το υλικό ιστοκαλλιέργειας και σε 6 μήνες για το συμβατικό υλικό φύτευσης. Σύμφωνα με τους Buah et al. (2000) και Vuylsteke & Ortiz (1996), η ωρίμανση των τσαμπιών για το υλικό ιστοκαλλιέργειας χρειάστηκε 70-87 ημέρες και 80-90 το συμβατικό υλικό φύτευσης.

Όσον αφορά τη συνολική διάρκεια του βιολογικού κύκλου (**φύτευση στο χωράφι έως τη συγκομιδή των καρπών)** της μπανανοφυτείας στην παρούσα μελέτη, διήρκησε περίπου 12 μήνες για το συμβατικό υλικό φύτευσης και 11 μήνες για το υλικό ιστοκαλλιέργειας. Δηλαδή η συγκομιδή στο υλικό ιστοκαλλιέργειας έγινε κατά ένα (1)

μήνα νωρίτερα σε σχέση με το συμβατικό υλικό φύτευσης. Ανάλογα αποτελέσματα προκύπτουν και από μελέτες των Robinson et al. (1993) και Roy et al. (2010). Βέβαια η υπεροχή του υλικού ιστοκαλλιέργειας στην πρωιμότητα σε σχέση με τις παραφυάδες, μνημονεύεται σε πολλές άλλες μελέτες και διαφοροποιείται από λίγες μέρες (Drew & Smith, 1990, Mensah et al., 2012), έως 1,5-3,5 μήνες (Buah et al., 2000, Vuylsteke & Ortiz, 1996, Waman et al., 2014), ακόμη και 4,5 μήνες (Nandi et al., 1998).

5. Βιβλιογραφία

Αγαπάκη, Μ., 2017. Ο Βιαννίτης καλόγερος που έφερε “κρυφά” τις πρώτες μπανάνες. Εφημερίδα Νέα Κρήτη. Update [online]. Available at: https://www.neakriti.gr/article/kriti/irakleio/1384429/o-biannitis-kalogeros-poy-efere-kryfa-tis-prwtes-mpananes/

Γραμματικάκη Γ., Α. Αυγελής και Μ. Δοξαστάκη (2005). Μαζική παραγωγή μπανανόφυτων της ποικιλίας Grande Naine (Musa spp) διαμέσου της καλλιέργειας in vitro. Πρακτικά 22ου Επιστημονικού Συνεδρίου, Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-21 Οκτωβρίου Πάτρα 12:417-420.

Γραμματικάκη Γ., Χατζηδάκη Ε., Δοξαστάκη Μ. και Μ. Παπαδημητρίου (2007). Αξιολόγηση αμύλων χαμηλού κόστους στην in vitro παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας (Musa acuminata cv. Grande Naine). 23ο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 23-26 Οκτωβρίου, Χανιά. 13:231-234.

Γραμματικάκη Γ. Δοξαστάκη Μ., Χατζηδάκη Ε. και Α. Αυγελής (2011). Αξιολόγηση εναλλακτικών ζαχάρων χαμηλού κόστους στην in vitro παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας (Musa acminata cv. Grande Naiane). 24ο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 20-23 Οκτωβρίου, Βέροια. 14:185-189.

Γραμματικάκη Γ., Χατζηδάκη Ε., Δοξαστάκη Μ. και Α Αυγελής (2012). Αξιολόγηση του Thidiazuron στην in vitro παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας (Musa spp.) της ποικιλίας Grande Naiane (AAA) και του υβριδίου FHIA-01 (AAAB). 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής Βελτίωσης των Φυτών. 13-15 Οκτωβρίου 2010, Καλαμάτα Μεσηνίας, Ηλεκρονική μορφή, σελ. 67-71.

Γραμματικάκη Γ., Σ. Τυμπακιανάκης και Ε. Χατζηδάκη (2013). Επίδραση επιβραδυντών αύξησης (ancymidol και paclobutrazol) στην in vitro παραγωγή πολλαπλασιαστικού Υλικού μπανάνας (Musa spp. cv Grande Naine). Πρακτικά 14ο Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρείας Γενετικής Βελτίωσης των Φυτών, 10-12 Οκτωβρίου 2012, Θεσσαλονίκη, Ηλεκρονική μορφή, σελ. 400-404.

Κίντζιος Σ., 2015. Εισαγωγή στον μικροπολλαπλασιασμό των φυτών. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Αθήνα, σελ. 111.

Ορφανάκη Ε., Α. Χρονάκη, Γ. Γραμματικάκη (2023). Ανάπτυξη βιώσιμου πρωτοκόλλου παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας αξιοποιώντας συστήματα υγρής καλλιέργειας. 31ο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνικής

Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 29 Οκτώβρη-2 Νοέμβρη 2023, Ηράκλειο, σελ. 183.

Παϊσιάδης, Σ., 2020. Μεγάλη η εγχώρια ζήτηση για κρητικές μπανάνες, πρόβλημα η ξηρασία. Αγρότυπος. Update [online]. Available at: https://www.agrotypos.gr/kalliergeies/alles-kalliergeies/megali-i-egchoria-zitisi-gia-kritikes-mpananes-provlima-i-xirasia

Παπαδάκης, Χ., 2023. Κρήτη: Η ξηρασία «χτύπησε» και τις καλλιέργειες μπανάνας - Μειωμένη φέτος η παραγωγή λόγω του καιρού. Εφημερίδα Νέα Κρήτη. Update [online]. Available at: https://www.neakriti.gr/kriti/1712687_kriti-i-xirasia-htypise-kai-tiskalliergeies-mpananas-meiomeni-fetos-i-paragogi-logo

Σάρρος, Γ., 2019. Μπανάνα Κρήτης: Μεγάλη η ζήτηση, μικρή η παραγωγή. Ypaithros.gr. Update [online]. Available at: https://www.ypaithros.gr/mpana-kritis-megali-zitisi-mikri-paragwgh/

Τσατσαρή Σ., Μαυρομάτης Α., Αρβανιτογιάννης Ι., Γραμματικάκη Γ., και Χ. Γούλας (2005). Γενετική ταυτοποίηση και ανάλυση φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών σε τέσσερις ποικιλίες μπανάνας (Musa spp). 22ο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 19-21 Οκτωβρίου, Πάτρα, 12:355-358.

Χρονάκη Α., Σ.Ο. Γιατζάκη, Ι.Α. Ερτζιάσογλου, Γ. Γραμματικάκη (2023). Σύγκριση παραμέτρων ανάπτυξης και απόδοσης μεταξύ vitro-φυταρίων μπανάνας (cv. Grande Naine) και συμβατικού υλικού φύτευσης. 31ο Επιστημονικό Συνέδριο, Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών, 29 Οκτώβρη-2 Νοέμβρη 2023, Ηράκλειο, σελ. 180.

Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. Journal of environmental management, 206, 330-348.

Alakonya, A. E., Kimunye, J., Mahuku, G., Amah, D., Uwimana, B., Brown, A., & Swennen, R. (2018). Progress in understanding Pseudocercospora banana pathogens and the development of resistant Musa germplasm. *Plant Pathology*, *67*(4), 759-770.

Altendorf, S. (2020). Preliminary assessment of the impacts of the COVID-19 pandemic on trade in bananas and tropical fruits. **FAO.** Online data. Διαθέσιμο στο: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a2e114c4-536b-4ae8-83fe-5441a33d8c10/content

Anyasi, T. A., Jideani, A. I., & Mchau, G. R. (2018). Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. *Food Research International*, *104*, 100-109.

Arvanitoyannis, I. S., Mavromatis, A. G., Grammatikaki-Avgeli, G., & Sakellariou, M. (2008). Banana: cultivars, biotechnological approaches and genetic

transformation. International journal of food science & technology, 43(10), 1871-1879.

Aurore, G., Parfait, B., & Fahrasmane, L. (2009). Bananas, raw materials for making processed food products. *Trends in food science & technology*, *20*(2), 78-91.

Avgelis, A. (1987). Cucumber Mosaic Virus on Banana in Crete. *Journal of Phytopathology*, *120*(1).

Baiyeri, K. P., & Aba, S. C. (2007). A review of protocols for macropropagation in Musa species. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, *1*(2), 110-115.

Baker, R. E. D., & Simmonds, N. W. (1952). Bananas in East Africa. Pt. II. Annotated list of varieties.

Barlass, M., & Skene, K. G. M. (1982). In vitro plantlet formation from Citrus species and hybrids. Scientia Horticulturae, 17(4), 333-341.

Basto, S., Serrano, C., & Hodson de Jaramillo, E., 2012. Effects of donor plant age and explants on in vitro culture of Cedrela Montana Moritz ex Turcz. Universitas Scientiarum, 17(3) pp.263-271.

Batte, M., Swennen, R., Uwimana, B., Akech, V., Brown, A., Tumuhimbise, R., Hovmalm, H.P., Geleta, M., Ortiz, R., 2019. Crossbreeding East African highland bananas: lessons learnt relevant to the botany of the crop after 21 years of genetic enhancement. Frontiers in plant science, 10:81.

Bezuneh, T., & Feleke, A. (1966). The production and utilization of the genus Ensete in Ethiopia. *Economic Botany*, 65-70.

Bhanusree, M. R., Kumar, K. R., Suresh, C. P., Shukla, G., & Chakravarty, S. (2015). Comparative studies on tissue culture plantlet versus conventional sucker var. Grand Naine banana.

Bhende, S. S., & Kurien, S. (2016). Sucker production in banana. Journal of Tropical Agriculture, 53(2), 97-106.

Bhojwani S.S., & Razdan M.K. (1996). Plant Tissue Culture: Theory and Practice. Elsevier, Amsterdam, 502.

Bhojwani, S. S., & Dantu, P. K. (2013). *Plant tissue culture: an introductory text* (Vol. 318). India: Springer.

Blomme, G., Dita, M., Jacobsen, K. S., Pérez Vicente, L., Molina, A., Ocimati, W., ... & Prior, P. (2017). Bacterial diseases of bananas and enset: current state of knowledge and integrated approaches toward sustainable management. *Frontiers in plant science*, *8*, 1290.

Borges, A. L., Souza, L. D. S., & Oliveira, A. M. G. (2007). Banana.

Borges, C. V., Maraschin, M., Coelho, D. S., Leonel, M., Gomez, H. A. G., Belin, M. A. F., ... & Lima, G. P. P. (2020). Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International*, *132*, 109061.

Brummell, D. S. (2006). Primary cell wall metabolism during fruit ripening. *New Zealand Journal of Forestry Science*, *36*(1), 99.

Buah, J. N., Kawamitsu, Y., Yonemori, S., & Murayama, S. (2000). Field performance of in vitro-propagated and sucker-derived plants of banana (Musa spp.). *Plant production science*, *3*(2), 124-128.

Cano M.P., Ancos B.D., Matallana M.C., Camara M., Reglero G., Tabera J. (1997). Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: Morphological, chemical and sensory characteristics. Food Chemistry 59, 411-419.

Carr, M. K. V. (2009). The water relations and irrigation requirements of banana (Musa spp.). Experimental Agriculture, 45(3), 333-371.

Cheesman, E.E. (1948). Classification of the bananas. II: the genus Musa L. Kew Bull 2:106–117.

Crops, M. (1972). Genetic vulnerability of major crops. National versity, and CAB International, Wallingford, UK.

Crouch, J. H., Vuylsteke, D., & Ortiz, R. (1998). Perspectives on the application of biotechnology to assist the genetic enhancement of plantain and banana (Musa spp.). *Electronic Journal of Biotechnology*, *1*(1), nd-nd.

Day-Rubenstein, K. A., Heisey, P. W., Shoemaker, R. A., Sullivan, J., & Frisvold, G. B. (2005). Crop genetic resources: an economic appraisal.

Drenth, A., & Kema, G. (2021). The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats. Phytopathology®, 111(12), 2146-2161.

Drew, R. A., & Smith, M. K. (1990). Field evaluation of tissue-cultured bananas in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *30*(4), 569-574.

Espino, R. R. C., Pascua, O. C., Magnaye, L. V., & Loguias, L. (1991). Performance of tissue culture-and sucker-derived planting materials of banana cv.'Cardaba' 'Latundan' and 'Lakatan'. Frontier in Tropical Fruit Research 321, 226-248.

Evans, E. A., Ballen, F. H., & Siddiq, M. (2020). Banana production, global trade, consumption trends, postharvest handling, and processing. *Handbook of banana production, postharvest science, processing technology, and nutrition*, 1-18.

Evans, D. A., Sharp, W. R., & Flick, C. E. (1981). Growth and behavior of cell cultures: embryogenesis and organogenesis. Plant tissue culture: methods and applications in agriculture, 45-113.

Fonsah, E. G., Adamu, C. A., Okole, B. N., & Mullinix, B. G. (2007). Field evaluation of Cavendish banana cultivars propagated either by suckers or by tissue culture, over six crop cycles in the tropics. *Fruits*, *62*(4), 205-212.

Food and Agriculture Organization (**FAOSTAT**) of the United Nations (2024). Online data. Διαθέσιμο στο: http://www.fao.org/faostat/ (Last Update December 23, 2023).

Food and Agriculture Organization (**FAOSTAT**) of the United Nations (2023). Online data. Διαθέσιμο στο: https://www.fao.org/world-banana-forum/resources/en/

Frisullo S., A. Logrieco, A. Moretti, G. Grammatikaki and A. Bottalico (1994). Banana corm and root rot by Fusarium compactum in Crete. Phytopathogia mediterranea, 33: 78-82.

Gaspar, T., Kevers, C., Penel, C., Greppin, H., Reid, D. M., & Thorpe, T. A. (1996). Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 32*, 272-289.

George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). Plant propagation by tissue culture 3rd Edition. The Netherland, The Background Springer, 65-175.

Gonçalves, A. L., & Kernaghan, J. R. (2014). Banana production methods. A comparative study. Centro Ecológico.

Gopu B., Preethi P., Monika G., Rageshwari S., and Deepika V., (2021). Banana (Musa sp.) https://www.researchgate.net/publication/351482808

Govindaraju, S., Saravanan, J., Jayanthi, B., Nancy, D., & Arulselvi, P. I. (2012). In vitro propagation of banana (Musa sp-Rasthali variety) from sword suckers for its commercial production. Hussein, N. (2012) Effects of Nutrient Media Constituents on Growth and Development of Banana (Musa spp.) Shoot Tips Cultured in Vitro. African Journal of Biotechnology, 11, 9001-9006.

Grammatikaki G. and E.A. Tzortzakakis, (1998). Reproduction of populations Meloidogyne species on in vitro produced banana plantlets Nematologia mediterranea. 26: 161-163.

Gubbuk, H., Pekmezci, M., Onus, A. N., & Erkan, M. (2004). Identification and selection of superior banana phenotypes in the cultivar Dwarf Cavendish using agronomic characteristics and RAPD markers. Pakistan Journal of Botany, 36(2), 331-342.

Hedden, P., & Hoad, G. V. (2021). Growth regulators and crop productivity. In *Mechanisms of Plant Growth and Improved Productivity Modern Approaches* (pp. 173-198). CRC Press.

Heslop-Harrison, J. S. (2011). Genomics, banana breeding and superdomestication. In *V International Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Global Perspectives on Asian Challenges 897* (pp. 55-62).

Hoque, F., Robbani, M., Hasan, M. F., & Parvin, J. (2018). Standardization of protocol for in vitro propagation of banana (Musa sapientum). Journal of the Bangladesh Agricultural University, 16(1), 27-30.

Hussein, N. (2012). Effects of nutrient media constituents on growth and development of banana (Musa spp.) shoot tips cultured in vitro. *African Journal of Biotechnology*, *11*(37), 9001-9006.

Hwang, S. C., Chen, C. L., Lin, J. C., & Lin, H. L. (1984). Cultivation of banana using plantlets from meristem culture.

Jacobsen, K., Omondi, B. A., Almekinders, C., Alvarez, E., Blomme, G., Dita, M., ... & Staver, C. (2019). Seed degeneration of banana planting materials: strategies for improved farmer access to healthy seed. *Plant pathology*, *68*(2), 207-228.

Jones, D. R. (2009). Disease and pest constraints to banana production. In III International Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Recent Advances in Banana Crop Protection for Sustainable 828 (pp. 21-36).

Karamura, D., Karamura, E., & Blomme, G. (2011). General plant morphology of Musa. Banana breeding: progress and challenges. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kelta, A., Hajare, S. T., & Banjaw, A. (2018). Studies on in vitro Micropropagation in Banana. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci, 7, 3366-3375.Hwan, S.C., Chen, C.L., Lin, J.C. and Lin, H.L. (1976). Cultivation of Banana Using Plantlets from Meristem Culture. HortScience, 19, 231-232.

Kintzios, S. E., Triantafyllou, M., & Drossopoulos, J. (1996). Effect of genotype and different growth regulator treatments on callus induction, proliferation and plant regeneration from mature wheat embryos. *Cereal Research Communications*, 147-153.

Koeppel, D., 2008. Banana: The fate of the fruit that changed the world. Penguin.

Kothawade, C. V. (2019). Medicinal and nutritional importance of Banana. Acta Scientific Agriculture, 3(5), 29-33.

Kulimbe, I., Ariina, M. S., Lohe, V., Pertin, M., & Anna, Y. (2021). Advances In Propagation Techniques of Banana. Vol.2 Issue-2.

Kumar, N. (2006). Problems and prospects of banana breeding in India. *Journal of Horticultural Sciences*, *1*(2), 77-94.

Kumar, K. S., Bhowmik, D., Duraivel, S., & Umadevi, M. (2012). Traditional and medicinal uses of banana. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *1*(3), 51-63.

Kumar, D. R., & Kumar, S. A. (2015). Plant biotechnology: importance of plant tissue culture, applications and advantages. Eur. Academic Res, 3(6), 6134.

Kumar, P. L., Selvarajan, R., Iskra-Caruana, M. L., Chabannes, M., & Hanna, R. (2015). Biology, etiology, and control of virus diseases of banana and plantain. Advances in virus research, 91, 229-269.

Kumari, P., Gaur, S. S., & Tiwari, R. K. (2023). Banana and its by-products: A comprehensive review on its nutritional composition and pharmacological benefits. *eFood*, *4*(5), e110.

Li, K., Fu, S., Zhan, H., Zhan, Y., & Lucia, L. A. (2010). Analysis of the chemical composition and morphological structure of banana pseudo-stem. *BioResources*.

Liu, L. J., Rosa, E., Lizardi, E., Arocho, A., Diaz, N., & Rodriquez, J. A. (1989). In vitro Propagation of Plantain (Musa acuminata x M. balbisiana AAB) and banana

(M. acuminata AAA) in Puerto Rico. The Journal of agriculture of the University of Puerto Rico, 73, 51-58.

Manju, P. R., & Pushpalatha, P. B. (2020). Macropropagated plantlets in banana: Performance evaluation with suckers and tissue culture plants in Grand Naine and Nendran. *Journal of Tropical Agriculture*, *58*(2).

Maryani, N., Lombard, L., Poerba, Y. S., Subandiyah, S., Crous, P. W., & Kema, G. H. J. (2019). Phylogeny and genetic diversity of the banana Fusarium wilt pathogen Fusarium oxysporum f. sp. cubense in the Indonesian centre of origin. Studies in mycology, 92(1), 155-194.

Mensah, D. B., Dorcas, Q. M., Kwame, B. R., & Kodjo, D. S. (2012). Comparative study on the field performance of FHIA-01 (hybrid dessert banana) propagated from tissue culture and conventional sucker in Ghana. *Journal of Plant Development*, *19*.

Menon, R. (2016). Banana breeding. *Banana: genomics and transgenic approaches for genetic improvement*, 13-34.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15:473497.

Murugi Kahangi, E. (2010). The potential of tissue culture banana (Musa spp.) technology in Africa and the anticipated limitations and constraints. In IV International Symposium on Banana: International Conference on Banana and Plantain in Africa: Harnessing International 879 (pp. 281-288).

Mustafa, A. S., Tugume, B., Ssenku, J. E., Ssemanda, P., Athman, S. Y., Oryem-Origa, H., ... & Tugume, A. K. (2022). Xanthomonas campestris pv. musacearum bacterial infection induces organ-specific callose and hydrogen peroxide production in banana. PhytoFrontiers™, 2(3),202-217.

Nandi, M., Joshi, V. J., & Chaudhari, A. N. (1998). Field evaluation for growth and yield parameters of banana (Musa species) derived from tissue culture and conventional planting material. The Indian Journal of Agricultural Sciences, 68(10).

Nansamba, M., Sibiya, J., Tumuhimbise, R., Karamura, D., Kubiriba, J., & Karamura, E. (2020). Breeding banana (Musa spp.) for drought tolerance: A review. *Plant Breeding*, *139*(4), 685-696.

Nayak, P. K., Patel, M. K., Panda, C. M., & Swain, S. (2019). Yield performance of commercial banana cultivars propagated through different methods. J Pharm Innov, 8(10), 61-63.

Ngomuo, M., Mneney, E., & Ndakidemi, P. A. (2014). The in vitro propagation techniques for producing banana using shoot tip cultures. *American Journal of Plant Sciences*, *2014*.

Novak, F.J. (1992). Musa (Bananas and Plantains). In: Hammerschlag FA, Litz R (eds) Biotechnology of Perennial Fruit Crops. CABI Publ, Wallingford, UK, 449–488.

Pegg, K. G., Coates, L. M., O'Neill, W. T., & Turner, D. W. (2019). The epidemiology of Fusarium wilt of banana. Frontiers in plant science, 10, 469624.

Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (Musa spp) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of ethnopharmacology*, *160*, 149-163.

Pierik, R. L. M. (1991). Micropropagation of ornamental plants. In *International Symposium on Plant Biotechnology and its Contribution to Plant Development, Multiplication and Improvement 289* (pp. 45-54).

Pillay, M., Cullis, C. A., Talengera, D., & Tripathi, L. (2011). 15 Propagation Methods in Musa. Banana Breeding: Progress and Challenges, 285.

Pillay, M., & Tripathi, L. (2007). Banana breeding. *Breeding major food staples*, 393-428.

Pinar, H., Bircan, M., Unlu, M., Turkay, C., Uzun, A., Ercisli, S., & Hanci, F. (2021). Selection and identification of superior banana phenotypes from Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution, 68, 667-677.

Ploetz, R. C. (2015). Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. Crop Protection, 73, 7-15.

Purseglove, J. W. (1972). Tropical crops. Monocotyledons. 1 & 2.

Qamar, S., & Shaikh, A. (2018). Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana-A review. *Trends in Food Science & Technology*, *79*, 1-9.

Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators, backgrounds and uses in plant production. Journal of plant growth regulation, 34, 845-872.

Rajamanickam, C., & Rajmohan, K. (2020). Genetic variability and correlation studies of triploid ecotypes of banana (Musa spp.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(2), 2425-2430.

Ranjha, M. M. A. N., Irfan, S., Nadeem, M., & Mahmood, S. (2022). A comprehensive review on nutritional value, medicinal uses, and processing of banana. Food Reviews International, 38(2), 199-225.

Rasheed, A. (2002). Plantain production as a business. HORT-Magazine, 1 (1): 11-12.

Roberts, J. A. (2012). Plant growth regulators. Springer Science & Business Media.

Robinson, J.C. and Nel, D. J. (1990). Competitive inhibitors of yield potential in William banana plantain due to excessive sucker growth, Sci. Hort, 43: 225-236.

Robinson, J. C., & Saúco, V. G. (2010). Bananas and plantains (Vol. 19). Cabi.

Robinson, J. C., Fraser, C., & Eckstein, K. (1993). A field comparison of conventional suckers with tissue culture banana planting material over three crop cycles. *Journal of Horticultural Science*, *68*(6), 831-836.

Roy, O. S., Bantawa, P., Ghosh, S. K., da Silva, J. T., Ghosh, P. D., & Mondal, T. K. (2010). Micropropagation and field performance of 'Malbhog' (Musa paradisiaca, AAB group): a popular banana cultivar with high keeping quality of NorthEast India. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, *4*(1), 52-58.

Sajith, K. P., Uma, S., Saraswathi, M. S., Backiyarani, S., & Durai, P. (2014). Macropropagation of banana-Effect of bio-fertilizers and plant hormones. Indian journal of horticulture, 71(03), 299-305.

Sau, S., Bhattacharjee, P., Kundu, P., & Mandal, D. (2023). Banana. In Tropical and Subtropical Fruit Crops (pp. 1-62). Apple Academic Press.

Shongwe, V. D., Tumber, R., Masarirambi, M. T., & Mutukumira, A. N. (2008). Soil water requirements of tissue-cultured Dwarf Cavendish banana (Musa spp. L). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 33(8-13), 768-774.

Sidhu, J. S., & Zafar, T. A. (2018). Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits. Food quality and safety, 2(4), 183-188.

Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2016). Bioactive compounds in banana and their associated health benefits–A review. Food chemistry, 206, 1-11.

Singh, H.P., Uma, S., Selvarajan. R. and Karihaloo, J.L. (2011). Micropropagation for Production of Quality Banana Planting Material in Asia-Pacific. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB), New Delhi, India. pp. 92.

Singh, T. D., Singh, C. H., Nongalleima, K., Moirangthem, S., & Devi, H. S. (2013). Analysis of growth, yield potential and horticultural performance of conventional vs. micropropagated plants of Curcuma longa var. Lakadong. *African Journal of Biotechnology*, *12*(14).

Simmonds, N. W. (1962). The Evolution of Bananas. Tropical Agriculture Series. Longman, London, UK.

Sipen, P., Chubo, J. K., King, P. J., Huat, O. K., & Davey, M. R. (2011). Genetic improvement of banana using conventional and in vitro technologies. *Journal of Crop Improvement*, *25*(6), 697-727.

Sivaji, M., Pandiyan, M., Yuvaraj, M., Thilagavathi, T., Sasmitha, R., & Suganyadevi, M. (2020). Micropropagation–tissue culture banana. *Vigyan Varta*, *48*(51), 28.

Smith, M. K. (1988). A review of factors influencing the genetic stability of micropropagated bananas. Fruits, 43(4), 219-223.

Smith, M., Pillay, M., Ahmad, F., Bourke, P. M., Schouten, H., Volkaert, H. A., ... & Eyland, D. (2020). *Achieving sustainable cultivation of bananas Volume 2: Germplasm and genetic improvement* (Vol. 86). Burleigh Dodds Science Publishing.

Smolders, H. (2006). Enhancing farmers' role in crop development: framework information for participatory plant breeding in farmer field schools. CGN.

Staver, C., & Lescot, T. (2015). Propagating quality planting material to improve plant health and crop performance. Key practices for dessert banana, plantain and cooking banana: Illustrated guide.

Stoorvogel, J., & Mena, R. S. (2018). Nutrition and soil management in banana cultivation. In *Achieving sustainable cultivation of bananas: Cultivation techniques*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited.

Stover, R. H., & Simmonds, N. W. (1987). Bananas. Tropical Agricultural Series, Harlow, UK.

Suman, S. (2017). Plant tissue culture: A promising tool of quality material production with special reference to micropropagation of banana. Biochemical & Cellular Archives, 17(1).

Suman, M., Sangma, P. D., Meghawal, D. R., & Sahu, O. P. (2017). Effect of plant growth regulators on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *6*(2), 331-337.

Thriveni V., Viswanath M. and Roy A. (2021). Micro propagation in Banana: A review, The Pharma Innovation Journal 2021; 10(8): 966-974.

Tomekpe, K., Jenny, C., & Escalant, J. V. (2004). A review of conventional improvement strategies for Musa.

Tripathi, S., Patil, B. L., & Verma, R. (2016). Viral diseases of banana and their management. Plant viruses: Evolution and management, 289-308.

Tumuhimbise, R., & Talengera, D. (2018). Improved propagation techniques to enhance the productivity of banana (Musa spp.). Open Agriculture, 3(1), 138-145.

Tumuhimbise, R., Buregyeya, H., Barekye, A., Ssali, R. T., Talengera, D., Kubiriba, J., ... & Karamura, E. B. (2016). Selection of cooking banana genotypes for yield and black Sigatoka resistance in different locations in Uganda. Journal of Plant Breeding and Crop Science.

Tushemereirwe W, Batte M, Nyine M, Tumuhimbise R, Barekye A, Tendo S, Talengera D, Kubiriba J, Lorenzen J, Swennen R, Uwimana B (2015). Performance of NARITA banana hybrids in the preliminary yield trial for three cycles in Uganda. Banana Technical Report, pp. 35.

Tzortzakakis, E. A. (2008). Plant parasitic nematodes associated with banana crop in Crete, Greece. *Acta agriculturae Slovenica*, *91*(1), 97-101.

Yousaf M.S., Yousaf S., Manap M.Y.B.A., Abd-Aziz S. (2006). Physico-chemical, biochemical and sensory characteristics of Berangan and Mas banana (Musa sapientum) cultivars and their suitability for value added processing. Journal of Food Technology 4, 229-234.

Vasil, I. K., & Thorpe, T. A. (Eds.). (2013). Plant cell and tissue culture. Springer Science & Business Media.

Volkaert, H. (2018). The origin, domestication and dispersal of bananas (pp. 3-20). Burleigh Dodds Science Publishing.

Vovlas N., M. Di Vito and G. Grammatikaki (1993). Growth response of in vitro produced banana plantlets to Meloidogine javanica in pots. Nematropica, 23: 203-208.

Vovlas, N., Avgelis, A., Goumas, D., & Frisullo, S. (1994). A survey of banana diseases in sucker propagated plantations in Grete. Nematologia mediterranea, 101-107.

Vuylsteke, D. R., & Ortiz, R. (1996). Field performance of conventional vs. in vitro propagules of plantain (Musa spp., AAB group).

Vuylsteke, D. R., Crouch, J. H., Pellegrineschi, A., & Thottappilly, G. (1997, September). The biotechnology case history for Musa. In *International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species Part 2 461* (pp. 75-86).

Waman, A. A., Bohra, P., Sathyanarayana, B. N., Gourish, R. K., & Ashok, T. H. (2014). Micro propagules can profitably save the choicest Silk Banana from extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *84*, 847-854.

Wong, C., Kiew, R., Argent, G., Set, O. H. N., Lee, S. K., & Gan, Y. Y. (2002). Assessment of the validity of the sections in Musa (Musaceae) using AFLP. *Annals of botany*, *90*(2), 231-238.

Zamora A.B., Damasco O.P., Estano E.S., Burba R.C., Patena LF. (1989). Growth and yield of in vitro and sucker derived banana plants cvs. Lakatan, Bungulan and Saba. Philipp Agric 72: 458–465.

Zhang, C., Bi, S., Zhao, M., Chang, S., Li, Y., Pei, P., ... & Li, S. (2016). Biogas production performance of different components from banana stems. Energy & Fuels, 30(8), 6425-6429.

Zeng, S., Huang, W., Wu, K., Zhang, J., Teixeira da Silva, J. A., & Duan, J. (2016). In vitro propagation of Paphiopedilum orchids. *Critical reviews in biotechnology*, *36*(3), 521-534.

Παράρτημα 1

Αξιολόγηση των παραμέτρων ανάπτυξης μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας

Αξιολόγηση βλαστικής φάσης – παράμετροι ανάπτυξης																	
Κατηγορίες φυτών	Κωδ. φυταρίου	31/01/2022 (1η μέτρηση)			02/4/22	28/05/2022 (2η μέτρηση)			23/07/2022 (3η μέτρηση)			24/8/2022 (4η μέτρηση)			22/9/2022 (5η μέτρηση)		
		Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού (cm)	Ημ/νία φύτευσης	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού (cm)	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού (cm)	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού (cm)	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού (cm)
Παραφυάδες μπανάνας με 5 έως 8 φύλλα και ύψος 25 έως 40 εκ.	1 ■	6	39	7,9	"	12	63	23	24	170	56	29	190	68	30	200	75
	2 ■	6	39	8	"	14	72	27	26	170	66	31	185	71	33	210	77
	3 ■	5	27	7,6	"	7	29	21	16	110	35	20	140	45	22	142	49
	4 ■	7	36	8,2	"	10	60	22	20	160	54	25	190	65	29	195	66
	5 ■	8	36	8,6	"	15	83	29	25	160	54	28	175	66	30	190	68
	6 ■	6	31	8,1	"	13	62	22	24	170	55	29	200	70	30	204	72
	7 ■	8	43	8,8	"	10	47	18	21	140	45	26	170	57	30	180	63
	8 ■	8	34	8,5	"	16	35	12	26	140	40	29	165	50	33	180	60
	9 ■	7	40	8	"	10	63	11	21	121	40	25	165	52	29	180	60
	10 ■	8	33	8,8	"	13	63	19	22	160	51	27	179	58	28	181	65
	11 ■	8	43	9	"	13	62	23	23	156	51	28	195	64	31	198	66
	12 ■	8	42	8,9	"	13	61	22	24	162	50	29	190	58	31	195	62
Παραφυάδες μπανάνας με 10 έως 13 φύλλα και ύψος 45 έως 60 εκ.	13 ✕	12	47	23,9	"	14	45	18	25	160	54	30	185	65	34	190	74
	14 ✕	11	60	23,6	"	17	1,1	38	29	190	75	31	197	80	34	220	83
	15 ✕	13	60	24,2	"	18	1,2	39	29	205	76	32	220	85	34	222	86
	16 ✕	10	48	20,2	"	18	87	28	28	142	50	32	170	58	34	173	60
	17 ✕	10	55	20,8	"	18	41	24	29	165	56	35	215	72	39	220	80
	18 ✕	10	46	20	"	17	60	25	27	143	45	30	150	48	33	157	50
	19 ✕	10	48	20,5	"	16	89	18	28	192	68	31	200	72	33	203	76
	20 ✕	11	60	21,3	"	14	67	29	25	160	56	30	210	72	33	213	80
	21 ✕	10	58	21	"	16	75	10	11	117	33	16	150	48	20	170	60
	22 ✕	10	59	20,6	"	15	83	29	24	174	64	30	210	70	31	212	75
	23 ✕	10	48	20,5	"	16	95	34	27	185	69	30	204	80	32	206	83
	24 ✕	11	60	22,8	"	12	61	25	23	169	51	29	210	65	32	212	70

Κατηγορίες φυτών	Κωδ. φυταρίου	31/01/2022 (1η μέτρηση)			02/4/22	28/05/2022 (2η μέτρηση)			23/07/2022 (3η μέτρηση)			24/8/2022 (4η μέτρηση)			22/9/2022 (5η μέτρηση)		
		Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού	Ημ/νία φύτευσης	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού	Νο φύλλων	Ύψος φυτού (cm)	Διάμετρος κορμού
Vitro φυτάρια μπανάνας 4 μηνών (τέλος Νοεμβρίου)	25 ✓	5	7,5	3,3	'	14	60	22	24	160	62	30	205	77	33	230	90
	26 ✓	6	7	3,5	"	13	58	18	23	172	66	29	220	70	33	223	85
	27 ✓	6	7	3,2	"	14	7	21	25	170	60	30	200	70	34	220	75
	28 ✓	6	8	3	"	12	62	19	22	163	57	28	191	74	31	199	81
	29 ✓	6	8	3	"	14	60	19	25	167	39	30	190	65	32	191	70
	30 ✓	6	7,5	3,1	"	14	47	17	25	158	50	31	190	64	35	200	73
	31 ✓	6	7,5	3,2	"	19	60	35	30	150	47	35	186	64	40	200	70
	32 ✓	6	7,5	3,1	"	13	60	21	24	180	58	29	215	71	32	220	75
	33 ✓	6	7	3,3	"	12	56	19	23	163	54	28	210	65	32	230	70
	34 ✓	5	7,5	3	"	10	70	21	22	152	56	28	158	61	31	160	67
	35 ✓	5	7	3	"	12	60	18	23	158	52	28	195	64	32	210	75
	36 ✓	6	7,5	3,4	"	12	76	22	23	173	55	29	220	66	33	222	72
Vitro φυτάρια μπανάνας 8 μηνών (αρχές Αυγούστου)	37 △	7	12	4,2	"	13	66	21	25	174	60	32	210	75	35	223	80
	38 △	8	12,5	4,7	"	14	61	21	26	165	57	32	190	70	35	198	76
	39 △	8	13	4,5	"	16	73	25	27	178	67	32	205	78	34	230	86
	40 △	8	12,5	4,3	"	16	63	19	28	170	55	33	194	65	35	195	70
	41 △	8	12	4,5	"	12	46	20	22	180	57	28	200	80	29	206	87
	42 △	8	12,5	4,4	"	14	75	16	23	163	43	29	200	59	32	220	70
	43 △	8	14	4,6	"	15	62	21	26	174	58	31	207	69	33	212	73
	44 △	9	13	5	"	16	67	22	27	173	58	32	205	68	34	220	78
	45 △	8	11,5	4,8	"	16	55	19	27	172	53	33	210	63	36	215	77
	46 △	8	14	4,6	"	16	68	21	27	177	57	33	210	72	36	215	80
	47 △	9	13	4,9	"	16	75	23	28	167	55	34	183	65	37	186	70
	48 △	8	12	4,6	"	16	51	17	27	166	59	32	190	65	35	210	70

Αξιολόγηση των παραμέτρων απόδοσης μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας

Αξιολόγηση αναπαραγωγικής φάσης - Παράμετροι απόδοσης						
Κωδ. φυταρίου	**Έξοδος σταφυλιού**	**Μήκος κομμένου σταφυλιού (cm)**	**Νο πόστας/ σταφύλι**	**Μ.Ο. καρπών/ πόστα**	**Βάρος σταφυλιού (Kg)**	**Ημ/νία συγκομιδής**
1 ■	6/9/2022	105	9	17	21,92	23/2/2023
2 ■	31/8/2022	99	10	15,8	23,74	23/2/2023
4 ■	19/9/2022	93	10	16,5	19,42	14/3/2023
6 ■	26/8/2022	98	9	17,67	23,7	16/2/2023
8 ■	10/10/2022	90	9	12,33	17,05	26/4/2023
9 ■	14/10/2022	75	8	14,75	17,92	26/4/2023
10 ■	18/9/2022	78	8	15,75	16,42	23/2/2023
12 ■	21/9/2022	90	10	13,8	15,38	14/3/2023
Μέσος όρος		**91**	**9,13**	**15,45**	**19,44**	
13 ✕	20/10/2022	75	10	15,8	23,2	26/4/2023
14 ✕	12/10/2022	85	9	16,1	22,28	26/4/2023
17 ✕	28/9/2022	102	10	18,1	23,28	23/2/2023
18 ✕	28/9/2022	55	6	12,33	7,42	14/3/2023
19 ✕	20/8/2022	95	10	16,6	27,82	16/2/2023
20 ✕	28/9/2022	107	10	17,3	28,36	14/3/2023
23 ✕	15/10/2022	110	11	15,91	20,52	26/4/2023
24 ✕	18/9/2022	100	10	15,5	21,4	23/2/2023
Μέσος όρος		**91,13**	**9,50**	**15,96**	**21,79**	
25 ✓	28/9/2022	110	11	16,36	25,38	14/3/2023
27 ✓	20/9/2022	105	10	17,3	23,44	23/2/2023
28 ✓	3/10/2022	110	12	16,42	24,32	14/3/2023
29 ✓	19/9/2022	98	9	16,8	22,52	16/2/2023
32 ✓	20/9/2022	104	11	17,1	25,02	23/2/2023
33 ✓	5/10/2022	105	10	16,7	24,8	23/2/2023
35 ✓	12/10/2022	90	10	16,9	23	26/4/2023
36 ✓	30/9/2022	105	10	17,3	24,14	14/3/2023
Μέσος όρος		**103,38**	**10,38**	**16,86**	**24,08**	
38 △	11/9/2022	103	10	17,5	26,3	14/3/2023
39 △	8/9/2022	110	11	17,2	30	16/2/2023
40 △	9/9/2022	100	10	16,5	27,8	16/2/2023
41 △	15/9/2022	116	11	17	27,82	23/2/2023
44 △	8/9/2022	105	9	17,44	25,2	23/2/2023
45 △	8/9/2022	110	10	17,3	26,22	23/2/2023
46 △	20/9/2022	100	11	16,9	22,46	14/3/2023
48 △	20/9/2022	95	9	16,4	23,5	23/2/2023
Μέσος όρος		**104,88**	**10,13**	**17,03**	**26,16**	

Αξιολόγηση της πρωιμότητας μεταξύ συμβατικού υλικού φύτευσης & υλικού ιστοκαλλιέργειας

Κωδ. φυταρίου	Ημέρες που μεσολάβησαν από φύτευση-γέννα	Ημέρες που μεσολάβησαν από γέννα-συγκομιδή
1 ■	158	170
2 ■	152	176
4 ■	171	176
6 ■	147	174
8 ■	192	198
9 ■	196	194
10 ■	170	158
12 ■	173	174
Μ.Ο.	169,88	177,5
13 ✕	202	188
14 ✕	194	196
17 ✕	180	148
18 ✕	180	167
19 ✕	141	180
20 ✕	180	167
23 ✕	197	193
24 ✕	170	158
Μ.Ο.	180,5	174,63
25 ✓	180	167
27 ✓	172	156
28 ✓	185	162
29 ✓	171	150
32 ✓	172	156
33 ✓	187	141
35 ✓	194	196
36 ✓	182	165
Μ.Ο.	180,38	161,63
38 △	163	184
39 △	160	161
40 △	161	160
41 △	167	161
44 △	160	168
45 △	160	168
46 △	172	175
48 △	172	156
Μ.Ο.	164,38	166,63

Παράρτημα 2

Στοιχεία που αξιοποιήθηκαν στη στατιστική ανάλυση

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	No_ΦΥΛΛΩΝ	ΥΨΟΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ
1	1	30	200	75
1	2	33	210	77
1	3	22	142	49
1	4	29	195	66
1	5	30	190	68
1	6	30	204	72
1	7	30	180	63
1	8	33	180	60
1	9	29	180	60
1	10	28	181	65
1	11	31	198	66
1	12	31	195	62
2	1	34	190	74
2	2	34	220	83
2	3	34	222	86
2	4	34	173	60
2	5	39	220	80
2	6	33	157	50
2	7	33	203	76
2	8	33	213	80
2	9	20	170	60
2	10	31	212	75
2	11	32	206	83
2	12	32	212	70
3	1	33	230	90
3	2	33	223	85
3	3	34	220	75
3	4	31	199	81
3	5	32	191	70
3	6	35	200	73
3	7	40	200	70
3	8	32	220	75
3	9	32	230	70
3	10	31	160	67
3	11	32	210	75
3	12	33	222	72
4	1	35	223	80
4	2	35	198	76
4	3	34	230	86
4	4	35	195	70
4	5	29	206	87
4	6	32	220	70
4	7	33	212	73
4	8	34	220	78
4	9	36	215	77
4	10	36	215	80
4	11	37	186	70
4	12	35	210	70

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΜΗΚΟΣ_ ΤΣΑΜΠΟΥ	No_ΠΟΣΤΑΣ	ΜΟ_ΚΑΡΠΩΝ_ΠΟΣΤΑ	ΒΑΡΟΣ
1	1	105	9	17,00	21,92
1	2	99	10	15,80	23,74
1	3	93	10	16,50	19,42
1	4	98	9	17,67	23,70
1	5	90	9	12,33	17,05
1	6	75	8	14,75	17,92
1	7	78	8	15,75	16,42
1	8	90	10	13,80	15,38
2	1	75	10	15,80	23,20
2	2	85	9	16,10	22,28
2	3	102	10	18,10	23,28
2	4	55	6	12,33	7,42
2	5	95	10	16,60	27,82
2	6	107	10	17,30	28,36
2	7	110	11	15,91	20,52
2	8	100	10	15,50	21,40
3	1	110	11	16,36	25,38
3	2	105	10	17,30	23,44
3	3	110	12	16,42	24,32
3	4	98	9	16,80	22,52
3	5	104	11	17,10	25,02
3	6	105	10	16,70	24,80
3	7	90	10	16,90	23,00
3	8	105	10	17,30	24,14
4	1	103	10	17,50	26,30
4	2	110	11	17,20	30,00
4	3	100	10	16,50	27,80
4	4	116	11	17,00	27,82
4	5	105	9	17,44	25,20
4	6	110	10	17,30	26,22
4	7	100	11	16,90	22,46
4	8	95	9	16,40	23,50

ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΦΥΤΕΥΣΗ_ΓΕΝΝΑ	ΓΕΝΝΑ_ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ
1	1	158	170
1	2	152	176
1	3	171	176
1	4	147	174
1	5	192	198
1	6	196	194
1	7	170	158
1	8	173	174
2	1	202	188
2	2	194	196
2	3	180	148
2	4	180	167
2	5	141	180
2	6	180	167
2	7	197	193
2	8	170	158
3	1	180	167
3	2	172	156
3	3	185	162
3	4	171	150
3	5	172	156
3	6	187	141
3	7	194	196
3	8	182	165
4	1	163	184
4	2	160	161
4	3	161	160
4	4	167	161
4	5	160	168
4	6	160	168
4	7	172	175
4	8	172	156