

Φαινοτύπωση φυτών και η καινοτόμος έρευνα στο Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Δρ Διονυσία Φασούλα
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών Α΄
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλο διεθνές ενδιαφέρον για μεθόδους φαινοτύπωσης φυτών (plant phenotyping). Ο λόγος είναι απλός, οι γεωργοί επιλέγουν και συγκομίζουν φαινότυπους και άρα ολόκληρη η επιστημονική ασφάλεια του πλανήτη και η ανθρώπινη διατροφή βασίζονται σε φαινότυπους.

Ο φαινότυπος ορίζεται ως το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος και συγκεκριμένων γονιδίων (DNA). Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η απόδοση κάθε νέας ποικιλίας δεν εξαρτάται μόνον από το περιβάλλον αλλά ούτε και μόνον από τα γονίδια. Κάθε σπόρος περιλαμβάνει το DNA που του αντιστοιχεί. Όμως, το DNA ποτέ δεν εκδηλώνεται μόνο του ανεξάρτητα αλλά πάντοτε σε συνάρτηση με κάποιο περιβάλλον. Το ακατάλληλο περιβάλλον μπορεί να ακυρώσει τα καλύτερα γονίδια και αντίστοιχα, υπάρχουν γονίδια που μπορεί να ακυρώσουν το καλύτερο περιβάλλον. Η αρχή αυτή ισχύει για όλα τα έμβια όντα και γι' αυτό εξάλλου έχει ειπωθεί ότι «είμαστε 100% γονίδια και 100% περιβάλλον». Όμως, τα φυτά παρέχουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα για τη μελέτη φαινοτύπων, μερικά από τα οποία αφορούν στο μεγάλο πλήθος πανομοιότυπων απογόνων που μπορεί να παραχθούν και να μελετηθούν σε διάφορες συνθήκες.



Στόχος της έρευνας είναι να μελετηθούν σε βάθος οι αλληλεπιδράσεις γενοτύπου-περιβάλλοντος ώστε να ξεπεραστούν μία σειρά σοβαρών δυσκολιών που αντιμετωπίζει διεθνώς η συμβατική βελτίωση φυτών και, παράλληλα, να μελετηθούν σε βάθος βιολογικά φαινόμενα που ήταν απροσπέλαστα μέχρι τώρα. Οι δυσκολίες αυτές έχουν ως συνέπεια την αύξηση των ετών που απαιτούνται για τη δημιουργία νέων, βελτιωμένων ποικιλιών και την πιθανή απώλεια κάποιων εξαιρετικών γενετικών υλικών. Ειδικότερα, ο τρόπος που διενεργούνται πολλά στάδια της συμβατικής βελτίωσης φυτών είναι περισσότερο εμπειρικός, και άρα υποκειμενικός, και λιγότερο αυστηρά επιστημονικός και αντικειμενικός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην αξιολογούνται σωστά τα διάφορα γενετικά υλικά, ενώ η αξιολόγηση χρειάζεται μακροχρόνιες διαδικασίες για να καταλήξει σε κάποια ασφαλή συμπεράσματα. Το μεγάλο αναγνωρισμένο εμπόδιο είναι το γεγονός ότι κάθε νέα ποικιλία φυτών πρέπει να είναι προσαρμοσμένη σε μια ποικιλία περιβαλλόντων που μπορεί να διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα ως προς την κατανομή της βροχόπτωσης, την ημερήσια/μηνιαία θερμοκρασία, τη σύσταση των εδαφών και την παρουσία βιοτικών και αβιοτικών καταπονήσεων. Μία προσέγγιση των μεθόδων φαινοτύπωσης είναι η χρήση πολλαπλών σύγχρονων αισθητήρων και καμερών, είτε στατικών είτε εναερίων, για να χαρακτηρίσουν κάθε περιβάλλον με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη λεπτομέρεια και, παράλληλα, να καταγράψουν με λεπτομέρεια την ανάπτυξη των διάφορων γενοτύπων σε αυτά. Οι φωτογραφίες αυτές περιλαμβάνουν διάφορα μήκη κύματος εκτός του ορατού.

Καινοτόμος Έρευνα στο Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ): Ατομικό φυτό και εξισώσεις φαινοτύπωσης

Παρόλη την τεχνολογική πρόοδο στους σύγχρονους αισθητήρες και στις δυνατότητες των σύγχρονων καμερών, η πιο μεγάλη πρόκληση στις μεθόδους φυτικής φαινοτύπωσης παραμένει η φαινοτύπωση στο χωράφι, διότι εκεί το περιβάλλον είναι απρόβλεπτο και μη ελεγχόμενο.

Στο σημείο αυτό έρχεται να βοηθήσει η καινοτόμος έρευνα που διεξάγεται στο ΙΓΕ και να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ γενοτύπου και φαινότυπου (genotype-phenotype gap). Ήδη, από το 2003, όταν η φαινοτύπωση φυτών ήταν σχεδόν άγνωστη έννοια διεθνώς, είχαμε κάνει γραπτή παρέμβαση σε σχετικό επιστημονικό ηλεκτρονικό φόρουμ του FAO (Biotech-Mod2, 15 December 2003) όπου αναλύσαμε το πρόβλημα και προτείναμε τεκμηριωμένες λύσεις με βάση τα ερευνητικά μας αποτελέσματα. Οι απόψεις αυτές έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη συνειδητοποίηση της σημασίας και την περαιτέρω ανάπτυξη της φαινοτύπωσης φυτών. Από το 2014, παράλληλα με τη συστηματική έρευνα στην Κύπρο για τη φαινοτύπωση στο χωράφι, το ΙΓΕ συμμετέχει στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα COST Action FA1306 The quest for tolerant varieties - Phenotyping at plant and cellular level σε συνεργασία με επιστήμονες από πολλές χώρες.

Συνοπτικά, οι καινοτομίες της αποτελεσματικής προσέγγισης που έχουμε αναπτύξει στο ΙΓΕ περιλαμβάνουν την επικέντρωση στο ατομικό φυτό το οποίο αναπτύσσεται σε συνθήκες που αποκλείουν τον επιβλαβή ανταγωνισμό μεταξύ γενοτύπων. Έχουμε βρει ότι η ανταγωνιστική ικανότητα είναι αρνητικά συσχετισμένη με την ικανότητα απόδοσης, που είναι το ζητούμενο στη γεωργική πράξη. Περαιτέρω, χρησιμοποιούμε καινοτόμα σχέδια επιλογής στο χωράφι και μία νέα εξίσωση φαινοτύπωσης ακριβείας, η οποία επιτρέπει την πρόγνωση της αποδοτικότητας και την αξιολόγηση των γενετικών υλικών με αντικειμενικότητα και μεγάλη ακρίβεια, σε όλα τα στάδια ενός βελτιωτικού προγράμματος, χωρίς να περιορίζεται από τη διαθέσιμη ποσότητα σπόρου. Η επικέντρωση στο ατομικό φυτό διευκολύνει ιδιαίτερα τη διασύνδεση με τις αναλύσεις DNA σε επίπεδο γονιδιωμάτων διότι στο ατομικό γονιδίωμα αντιστοιχεί πλέον ο ατομικός φαινότυπος, αξιολογημένος με αξιόπιστα κριτήρια. Επιπλέον, παρέχει μοναδικές δυνατότητες για τη φαινοτύπωση του ριζικού συστήματος των φυτών όπως έχουμε δείξει σε σχετικά πειράματα με το τόπιο παραδοσιακό λουβί.

Διαμόρφωση παραγωγικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών στο καρπούζι σε σχέση με τον εμβολιασμό

Δρ Μάριος Κ. Κυριάκου
Ανώτερος Λειτουργός
Γεωργικών Ερευνών

Γεώργιος Α. Σωτηρίου
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών
Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών

Μετά την άρση της χρήσης βρωμιούχου μεθυλίου για την απολύμανση εδαφών, η χρήση ανθεκτικών υποκειμένων για αντιμετώπιση φυτονόσων και εκθρών εδάφους αποτελεί διαδεδομένη πλέον πρακτική διεθνώς, που εφαρμόζεται κυρίως στο καρπούζι αλλά αυξανόμενα και σε άλλες λαχανοκομικές καλλιέργειες, κυρίως κολοκυνθοειδών και σολανωδών. Η επιλογή υποκειμένων στο καρπούζι θα πρέπει να βασίζεται σε ολοκληρωμένη αξιολόγηση της επίδρασής τους στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του εμβολίου. Ανάμεσα στο καταναλωτικό κοινό, και μεμονωμένα ανάμεσα σε παραγωγούς, επικρατεί η άποψη πως οι καρποί από μη-εμβολιασμένα, ή άλλως αυτόριζα, φυτά υπερτερούν ποιοτικά και πως για την ποιοτική υποβάθμιση ευθύνεται κυρίως ο εμβολιασμός της καρπουζιάς σε υποκείμενα κολοκυνθοειδών. Η εξέταση της πιο πάνω υπόθεσης και η διερεύνηση αριθμού άλλων παραγόντων που, σε συνάρτηση με τον εμβολιασμό, διαμορφώνουν την ποιότητα του καρπουζιού έχουν αποτελέσει αντικείμενο πειραματικής εργασίας του Κλάδου Λαχανοκομίας του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ) με σημαντικά ως τώρα αποτελέσματα σε τοπικό και διεθνές επίπεδο. Εκτενής κάλυψη των αποτελεσμάτων γίνεται στην έκδοση του ΙΓΕ Ενημερωτικό Δελτίο 5 που διατίθεται σε έντυπη μορφή στη βιβλιοθήκη και σε ηλεκτρονική μορφή στην ιστοσελίδα του ΙΓΕ (www.ari.gov.cy).

Μετά την απαγόρευση της χρήσης βρωμιούχου μεθυλίου για την απολύμανση εδαφών, η χρήση του εμβολιασμού αποτελεί τη μόνη πρακτική αντιμετώπισης των ασθενειών εδάφους, παρότι επιβαρύνει το κόστος εγκατάστασης της καλλιέργειας. Η χρήση ανθεκτικών υποκειμένων για αντιμετώπιση φυτονόσων και εκθρών εδάφους αποτελεί διεθνώς διαδεδομένη πλέον πρακτική που εφαρμόζεται κυρίως στο καρπούζι αλλά αυξανόμενα και σε άλλες λαχανοκομικές καλλιέργειες, κυρίως κολοκυνθοειδών και σολανωδών. Με την τεχνική του εμβολιασμού επιτυγχάνεται η συνένωση δύο διαφορετικών φυτών. Το ένα φυτό αποκαλείται υποκείμενο και επιλέγεται για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ριζικού του συστήματος, πρωτίστως την ανθεκτικότητα σε παθογόνα εδάφους, ενώ το άλλο που αποτελεί το υπέργειο τμήμα αποκαλείται εμβόλιο και επιλέγεται πρωτίστως για τα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Από τις διάφορες τεχνικές εμβολιασμού που αναπτύχθηκαν, ο προσεγγιστικός εμβολιασμός με γλωσσίδιο αποτελεί την κατεξοχήν τεχνική που εφαρμόζεται στην Κύπρο αφού παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας.



Πλέον διαδεδομένα εμπορικά υποκείμενα παραμένουν τα διειδικά υβρίδια κολοκυνθοειδών (*Cucurbita maxima* x *C. moschata*) και δευτερευόντως τα υποκείμενα κολοκυθιάς (*Lagenaria siceraria*). Η επιλογή υποκειμένων στο καρπούζι θα πρέπει να βασίζεται σε ολοκληρωμένη αξιολόγηση της επίδρασής τους στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του εμβολίου. Ιδιαίτερα στην όψιμη καλλιέργεια συγκομιδής Ιουνίου-Αυγούστου, παρατηρείται συχνά υποβάθμιση της ποιότητας που εκφράζεται κυρίως ως απώλεια οργανοληπτικής αξίας και συνεκτικότητας της σάρκας. Τα φαινόμενα αυτά έχουν αυθαίρετα διασυνδεθεί στη συνείδηση των καταναλωτών με τη χρήση ανθεκτικών υποκειμένων κολοκυνθοειδών. Ως εκ τούτου, ο Κλάδος Λαχανοκομίας του Ινστιτούτου

Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ) διενήργησε σειρά πειραμάτων για τη διερεύνηση της επίδρασης σημαντικών παραγόντων στη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών απόδοσης, ποιότητας και διατηρησιμότητας ποικιλιών καρπουζιού διαφόρων εμπορικών τύπων (μικρόκαρπων, μεγάλοκαρπων, ένσπερμων, άσπερμων) όπως: (α) της πρακτικής καθεαυτής του εμβολιασμού, δηλαδή της αφαίρεσης και αντικατάστασης του ριζικού συστήματος, (β) διαφορετικών υβριδικών υποκειμένων του επικρατέστερου εμπορικά τύπου *Cucurbita maxima* x *C. Moschata*, (γ) διαφορετικών τύπων (ειδών) υποκειμένων, (δ) του σταδίου ωριμότητας του καρπού, και (ε) της μετασυλλεκτικής διατήρησης. Τα πειράματα είχαν εγκατασταθεί στον Πειραματικό Σταθμό Ζυγίου του ΙΓΕ και οι αναλύσεις ποιότητας διενεργήθηκαν στο Εργαστήριο Μετασυλλεκτικής Τεχνολογίας του ΙΓΕ στην Αθαλάσση.

Επίδραση της πρακτικής του εμβολιασμού στην ποιότητα του καρπουζιού

Για τη διερεύνηση της επίδρασης του εμβολιασμού στα χαρακτηριστικά ποιότητας του καρπουζιού εξετάστηκε καταρχάς αν αυτή προέρχεται εξ ολοκλήρου από το υποκείμενο ή εν μέρει από την ίδια την πρακτική αντικατάστασης του ριζικού συστήματος, με τη δημιουργία ενός φυτού που φέρει την ένωση ιστών δύο διαφορετικών φυτών. Για την εξέταση της υπόθεσης αυτής διενεργήθηκε συγκριτική αξιολόγηση της ποιότητας των καρπών της εμπορικής ποικιλίας Pegasus από αυτόριζα φυτά (μη εμβολιασμένα), από φυτά εμβολιασμένα στο υβριδικό υποκείμενο κολοκυθιάς (*C. maxima* x *C. moschata*) TZ148, και από φυτά εμβολιασμένα στην ίδια την ποικιλία του εμβολίου, δηλαδή αυτο-εμβολιασμένα φυτά. Η αξιολόγηση περιλάμβανε αριθμό ποιοτικών χαρακτηριστικών της σάρκας των καρπών όπως η συνεκτικότητα, ο χρωματισμός, τα διαλυτά στερεά συστατικά (γλυκύτητα) κ.ά. Από τα αποτελέσματα διαφάνηκε ότι η εφαρμογή του εμβολιασμού από μόνη δεν επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού.

Επίδραση υποκειμένων στην απόδοση και ποιότητα μεγαλόκαρπων ένσπερμων ποικιλιών καρπουζιού

Ως εμβόλια χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις εμπορικά διαδεδομένες μεγαλόκαρπες ένσπερμες ποικιλίες (Celebration, Gallery, Pegasus και Torpilla) που εμβολιάστηκαν σε τρία υβριδικά υποκείμενα (N101, TZ148 και Bomba). Ως μάρτυρας χρησιμοποιήθηκαν τα αυτόριζα φυτά της κάθε ποικιλίας. Η εργασία επαναλήφθηκε για δύο έτη. Από τα αποτελέσματα διαφάνηκε καταρχάς ότι η απόδοση όλων των εμπορικών ποικιλιών που αξιολογήθηκαν

αυξήθηκε σημαντικά από όλα ανεξαιρέτα τα υβριδικά υποκείμενα κολοκυνθοειδών στα οποία εμβολιάστηκαν. Η μέση αύξηση της εμπορεύσιμης παραγωγής με τον εμβολιασμό σε σχέση με τον αυτόριζο μάρτυρα ήταν 38% και στα δύο έτη αξιολόγησης.

Η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της σάρκας των καρπών έδειξε ότι τα υβριδικά υποκείμενα κολοκυθιάς δεν υποβαθμίζουν τη γλυκύτητα των ποικιλιών αφού δεν έδειξε σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση διαλυτών στερεών συστατικών. Ο εμβολιασμός δεν έδειξε, επίσης, να επηρεάζει την περιεκτικότητα της σάρκας σε λυκοπένιο ούτε και την ένταση του χρωματισμού της. Σημαντική υπήρξε, επίσης, η διαπίστωση ότι σε όλους τους συνδυασμούς εμβολίου-υποκειμένου παρατηρήθηκε αυξημένη συνεκτικότητα σάρκας. Συμπεραίνεται, συνεπώς, ότι η χρήση εμπορικών υβριδικών υποκειμένων κολοκυθιάς τύπου *C. maxima* x *C. moschata* δεν ευθύνεται για τα φαινόμενα μειωμένης συνεκτικότητας ή κατάρρευσης της σάρκας και για τη μειωμένη γλυκύτητα που συχνά παρατηρούνται στην όψιμη καλλιέργεια καρπουζιού.

Επίδραση τύπου εμβολίου και είδους υποκειμένου στην απόδοση της καλλιέργειας και την ποιότητα των καρπών

Στην Κύπρο καλλιεργούνται κατά κύριο λόγο μεγαλόκαρπες (>9 kg) ένσπερμες ποικιλίες καρπουζιού. Ωστόσο, οι μικρόκαρπες (2-4 kg) ποικιλίες κερδίζουν ολοένα έδαφος στη διεθνή αγορά λόγω της ευχέρειας στη διαχείρισή τους από τους καταναλωτές και του περιορισμού σπατάλης. Το ΙΓΕ αξιολόγησε τέσσερις υποσχόμενες μικρόκαρπες ποικιλίες: Δύο ένσπερμες (*Vivlos*, *Esmeralda*) και δύο άσπερμες (*Petite*, *Extazy*) εμβολιασμένες σε δύο διαφορετικά είδη υποκειμένων, το TZ148 (*C. maxima* x *C. moschata*) και το Festival (*Lagenaria siceraria*). Κατά την αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε για δύο συνεχή έτη, εξετάστηκε η στρεμματική απόδοση και ιδιαίτερα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού σε σύγκριση προς την εμπορικά καθιερωμένη μεγαλόκαρπη, ένσπερμη ποικιλία *Pegasus* που χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας.

Οι δύο άσπερμες μικρόκαρπες ποικιλίες *Petite* και *Extazy*, ανεξαρτήτως υποκειμένου εμβολιασμού, ήταν εξίσου παραγωγικές προς τη μεγαλόκαρπη ποικιλία *Pegasus* το πρώτο έτος και παραγωγικότερες το δεύτερο έτος. Αντίθετα, η παραγωγή των δύο ένσπερμων μικρόκαρπων ποικιλιών, ιδιαίτερα της *Vivlos*, έδειξε να υστερεί. Η ποικιλία *Extazy* παρήγαγε καρπούς μικρότερου βάρους, ενώ οι αποκλίσεις μεταξύ των υπολοίπων μικρόκαρπων ποικιλιών ήταν αμελητέες. Οι μικρόκαρπες ποικιλίες διαφοροποιήθηκαν ως προς τη γλυκύτητα (διαλυτά στερεά συστατικά και ολικά σάκχαρα) μόνο κατά το δεύτερο έτος, όπου οι άσπερμες *Petite* και *Extazy* έδωσαν καρπούς μειωμένης γλυκύτητας σε σχέση με τις ένσπερμες *Vivlos* και *Esmeralda*, και τη μεγαλόκαρπη *Pegasus*. Ωστόσο, και στα δύο έτη πειραμάτων οι καρποί των ποικιλιών *Extazy* και *Petite* διακρίνονταν από συνεκτικότερη σάρκα ως προς τις υπόλοιπες ποικιλίες. Η ποικιλία *Extazy* ξεχώρισε από όλες τις ποικιλίες εμβολίου για την υψηλή περιεκτικότητα σε λυκοπένιο και το εντονότερο χρώμα της σάρκας των καρπών της.

Η παραγωγή σε όλες τις ποικιλίες εμβολίου ευνοήθηκε από το υποκείμενο TZ148 σε σύγκριση προς το Festival, γεγονός που αποδίδεται πρωτίστως στον αυξημένο αριθμό καρπών

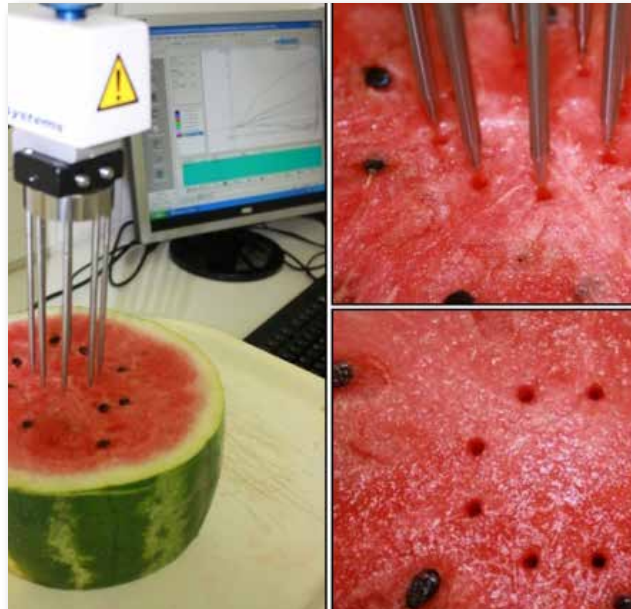
ανά εκτάριο. Δεν σημειώθηκε διαφοροποίηση ανάμεσα στα δύο είδη υποκειμένων ως προς τη γλυκύτητα της σάρκας και το σχήμα των καρπών, ωστόσο το υποκείμενο TZ148 προσέδωσε στους καρπούς των ποικιλιών συνεκτικότερη σάρκα. Το TZ148 εμφάνισε, επίσης, περιορισμένη τάση αύξησης της περιεκτικότητας της σάρκας σε λυκοπένιο, η οποία εκφράστηκε και με σημαντική (στο πρώτο έτος) αύξηση στην ένταση κόκκινου χρώματος.

Εξετάστηκε περαιτέρω η επίδραση των δύο υποκειμένων στη διατήρηση της ποιότητας των καρπών των εμβολίων μετά από περίοδο 10 ημερών στους 25°C. Οι καρποί από εμβόλια στο υποκείμενο TZ148 διατήρησαν συνεκτικότερη σάρκα, υψηλότερη περιεκτικότητα λυκοπενίου και εντονότερο κόκκινο χρώμα σε σύγκριση με τους καρπούς από εμβόλια με υποκείμενο το Festival. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των δύο τύπων υποκειμένων ως προς τη γλυκύτητα σάρκας των καρπών των εμβολίων.

Επίδραση του εμβολιασμού στην ωρίμαση και τη διαμόρφωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του καρπουζιού

Στις πλείστες μελέτες που αφορούν στην επίδραση του εμβολιασμού στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπουζιού, η αξιολόγηση βασίστηκε σε ταυτόχρονη συγκομιδή των καρπών από αυτόριζα και εμβολιασμένα φυτά εφαρμόζοντας πρακτικούς δείκτες συλλεκτικής ωριμότητας, όπως η μάρανση του έλικα στο εγγύτερο προς τον καρπό φύλλο και ο αποχρωματισμός του φλοιού στο σημείο επαφής του καρπού με το έδαφος. Με δεδομένη, ωστόσο, τη σημαντική επίδραση του εμβολιασμού στην απόδοση της καλλιέργειας, κρίθηκε σημαντικό όπως διερευνηθεί τυχόν επίδραση του εμβολιασμού στην πορεία ωρίμασης των καρπών. Τα στάδια ωρίμασης και συγκομιδής καθορίστηκαν με βάση τον χρόνο από την ημέρα καρπόδεσης. Επιδιώχθηκε παράλληλα ο προσδιορισμός, στη βάση μετρήσιμων ποιοτικών χαρακτηριστικών, της βέλτιστης συλλεκτικής ωριμότητας στο καρπούζι.

Χρησιμοποιήθηκαν αυτόριζα φυτά της ποικιλίας *Pegasus* και φυτά εμβολιασμένα στο υποκείμενο TZ148. Διενεργήθηκε συγκομιδή από ξεχωριστά τεμάχια σε πέντε στάδια ωρίμασης (30, 35, 40, 45 και 50 ημέρες) μετά την καρπόδεση, αφού προηγήθηκε σήμανση κάθε άνθους κατά την ημέρα γονιμοποίησής του. Διαπιστώθηκε ότι η γλυκύτητα των καρπών, εκφρασμένη ως συγκέντρωση διαλυτών στερεών συστατικών και ως ολική συγκέντρωση σακχάρων, δεν επηρεάστηκε άμεσα από τον εμβολιασμό. Ωστόσο, διαφάνηκε ότι ο εμβολιασμός επιβράδυνε την κορύφωση της γλυκύτητας κατά περίπου μία εβδομάδα, αφού στους καρπούς των αυτόριζων φυτών η συγκέντρωση σακχάρων και διαλυτών στερεών μεγιστοποιήθηκε μόλις πριν τις 40 ημέρες, ενώ στους καρπούς των εμβολιασμένων φυτών μεγιστοποιήθηκε περί τις 45 ημέρες. Παρόμοια επιβράδυνση παρατηρήθηκε στο χρωματισμό της σάρκας, όμως η συγκομιδή από εμβολιασμένα φυτά μετά τις 40 ημέρες από την άνθιση επιτρέπει την ανάπτυξη εντονότερου χρωματισμού σάρκας σε σχέση με τους καρπούς από αυτόριζα φυτά. Το γεγονός αυτό συνδέεται άμεσα με την αύξηση στη συγκέντρωση λυκοπενίου στη σάρκα του καρπού, που αποτελεί μόριο μεγάλης αντιοξειδωτικής και αντικαρκινικής ικανότητας. Η συνεκτικότητα της σάρκας που σε συνδυασμό με τη γλυκύτητα διαμορφώνουν κυρίως



την εντύπωση της ποιότητας στους καταναλωτές μειώθηκε με την ωρίμαση, ωστόσο σε όλα τα στάδια ωρίμασης βρέθηκε σημαντικά αυξημένη σε καρπούς προερχόμενους από εμβολιασμένα φυτά. Ο εμβολιασμός αύξησε, επίσης, κατά μέσο όρο 10% την οξύτητα στους καρπούς σε όλη τη διάρκεια της ωρίμασης, γεγονός που ενδέχεται να συντείνει στην πρόσληψη μειωμένης γλυκύτητας ιδιαίτερα όταν διενεργείται πρώιμη συγκομιδή. Η αυξημένη οξύτητα, ακόμα και σε προχωρημένο στάδιο ωρίμασης, δεικνύει επίσης σχετική επιβράδυνση στην ωρίμαση από τον εμβολιασμό.

Συμπερασματικά, ο εμβολιασμός αύξησε τη συνεκτικότητα σάρκας και την οξύτητα στους καρπούς ανεξάρτητα από το στάδιο συλλεκτικής ωριμότητας. Η συγκέντρωση λυκοπενίου και η ένταση του κόκκινου χρώματος της σάρκας των καρπών αυξήθηκαν με τον εμβολιασμό, ο οποίος ωστόσο καθυστέρησε κατά μια περίπου εβδομάδα την κορύφωσή τους. Η κορύφωση στη γλυκύτητα καθυστέρησε, επίσης, κατά μια περίπου εβδομάδα ως αποτέλεσμα του εμβολιασμού, ο οποίος εντούτοις δεν επηρέασε άμεσα τα επίπεδα σακχάρων στον καρπό. Καθώς η ωρίμαση συνολικά επιβραδύνθηκε με τον εμβολιασμό, η καθυστέρηση στον χρόνο συγκομιδής δύναται να αποβεί ευεργετική ως προς την ποιότητα των εμβολιασμένων καρπουζιών.

Ως εκ τούτου συστήνεται η συγκομιδή να πραγματοποιείται μεταξύ 40-45 ημέρες μετά την άνθιση στα εμβολιασμένα καρπούζια έναντι 35-40 στα μη εμβολιασμένα.

Εμβολιασμός και μετασυλλεκτική διατηρησιμότητα στο καρπούζι

Ως μη κλιμακτική καρπός, το καρπούζι πρέπει να συγκομίζεται στο στάδιο της βέλτιστης εμπορικής ωριμότητας αφού η φυσιολογική του ωρίμαση τερματίζεται με την αποκοπή του από το φυτό και η ποιότητά του μετασυλλεκτικά τείνει σταθερά σε υποβάθμιση. Εκτιμάται ότι το καρπούζι μπορεί να διατηρηθεί μετασυλλεκτικά για 2-3 εβδομάδες στους 10-15 °C και 90% σχετική υγρασία. Ωστόσο, στην Κύπρο και διεθνώς η διακίνηση και διατήρηση

καρπουζιού γίνεται για πρακτικούς λόγους κατά κανόνα σε συνθήκες περιβάλλοντος. Ως εκ τούτου, κρίθηκε σημαντικό να διερευνηθεί σε συνδυασμό με τον εμβολιασμό η επίδραση στην ποιότητα του καρπουζιού της μετασυλλεκτικής διατήρησης σε θερμοκρασία 25°C. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις μεγαλόκαρπες ένσπερμες ποικιλίες καρπουζιού (Celebration, Gallery, Pegasus και Torpilla) εμβολιασμένες σε τρία υβριδικά υποκείμενα κολοκυθιάς (TZ148, Bombo, N101) με μάρτυρα το αυτόριζο φυτό.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων του ΙΓΕ έδειξαν ότι ο βαθμός επίδρασης της διατήρησης, του υποκειμένου και του εμβολίου ποικίλλει ανάλογα με το υπό αναφορά χαρακτηριστικό ποιότητας των καρπουζιών. Η συνεκτικότητα επηρεάστηκε κυρίως από το υποκείμενο, και διατηρήθηκε σε υψηλότερα επίπεδα σε όλα ανεξαιρέτως τα υβριδικά υποκείμενα συγκρινόμενα με τον αυτόριζο μάρτυρα. Φάνηκε ότι η απώλεια συνεκτικότητας μπορεί να καταστήσει την ποιότητα μη αποδεκτή κατά τη δεύτερη εβδομάδα διατήρησης. Αυτό υπήρξε ιδιαίτερα εμφανές στην περίπτωση του αυτόριζου όπου η μέση συνεκτικότητα για την περίοδο 14 ημερών διατήρησης υπήρξε κάτω του αποδεκτού ορίου. Η συγκέντρωση διαλυτών στερεών (ΔΣΣ) στον χυμό επηρεάστηκε κυρίως από τη διατήρηση. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν, επίσης, πως το καρπούζι, παρότι μη-κλιμακτική καρπός, που δεν ωριμάζει φυσιολογικά μετά τη συγκομιδή, συνθέτει λυκοπένιο και αναπτύσσει χρωματισμό στη σάρκα του και μετά τη συγκομιδή, φτάνοντας σε κορύφωση μετά από περίπου επτά ημέρες στους 25°C.

Συμπερασματικά, ο εμβολιασμός σε υβριδικά (*C. maxima* x *C. moschata*) υποκείμενα κολοκυθιάς ενισχύει τη μετασυλλεκτική διατηρησιμότητα στο καρπούζι κυρίως σε σχέση με τη συνεκτικότητα, τη συγκέντρωση λυκοπενίου και το χρώμα της σάρκας. Προκειμένου να αποφευχθεί η υποβάθμιση της γλυκύτητας, θα πρέπει να αποφεύγεται η συγκομιδή από εμβολιασμένα φυτά πριν από τις 40 ημέρες από την άνθιση και η μετασυλλεκτική διατήρηση σε συνθήκες περιβάλλοντος να περιορίζεται σε περίοδο μικρότερη των δύο εβδομάδων.