

Ο μηχανισμός του αυτοασυμβίβαστου στην Κερασιά



Γανόπουλος Ι.¹, Αραβανόπουλος Φ.², Μαδέσης Π.³, Τσαυτάρης Α.^{3,4}, Καζαντζής Κ.⁵

¹Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, Θέρμη, 570 01 Θεσσαλονίκη, E-mail: giannis.ganopoulos@gmail.com

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Δασικής Γενετικής και Βελτίωσης Δασοπονικών Ειδών, Τ.Θ. 238, 541 24 Θεσσαλονίκη

³Ινστιτούτο Εφαρμοσμένων Βιοεπιστημών (ΙΝ.Ε.Β.-Ε.Κ.Ε.Τ.Α.), 570 01 Θεσσαλονίκη

⁴Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών, 541 24 Θεσσαλονίκη

⁵Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας (Τ.Φ.Ο.Δ.Ν.) του Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης και Φυτογενετικών Πόρων, ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, 590 35 Νάουσα.

Εισαγωγή

Η δημιουργία νέας γενετικής ποικιλότητας στη φύση λόγω διασταυρώσεων διαφορετικών ατόμων (γενοτύπων) αποτελεί τη βάση της προσαρμογής και της εξέλιξης κατόπιν επιλογής. Μετά την εξημέρωση των φυτών από τον άνθρωπο, πολλά σταυρογονιμοποιούμενα είδη απέκτησαν την ικανότητα της αυτογονιμοποίησης για την εξασφάλιση της αναπαραγωγής τους εξαιτίας της γεωγραφικής απομόνωσης ή της έλλειψης επικονιαστών. Έτσι, ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που άλλαξε στο λεγόμενο «σύνδρομο της εξημέρωσης» στα φυτά, είναι η μετάβαση από τα σταυρογονιμοποιούμενα σε αυτογονιμοποιούμενα φυτά. Παρ' όλα αυτά, πολλά καλλιεργούμενα φυτά, κυρίως αγενώς πολλαπλασιαζόμενα δέντρα, διατηρούν ακόμη την ανάγκη για σταυρο-γονιμοποίηση και αποφυγή της αυτογονιμοποίησης για τη δημιουργία γενετικής ποικιλότητας. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί στη φύση διάφοροι μηχανισμοί αποφυγής ή αποκλεισμού της αυτογονιμοποίησης περιλαμβανομένου του φυτικού αυτοασυμβίβαστου. Τέτοιοι μηχανισμοί παρουσιάζονται σε πολλά είδη δένδρων περιλαμβανομένης και της κερασιάς. Αυτός ο αποκλεισμός της αυτογονιμοποίησης κάνει αναγκαία για τους γεωργούς την επιλογή των κατάλληλων ποικιλιών κατά τη δενδροφύτευση η οποία είναι κρίσιμη ώστε να τους εξασφαλίσει υψη-

λή και σταθερή απόδοση με άριστα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό είναι μεγάλης σημασίας η επιλογή των κατάλληλων επικονιαστών. Από αυτή την άποψη, η γρήγορη και ακριβής μοριακή ταυτοποίηση των συμβατών, μερικών-ασυμβίβαστων και αυτό - ασυμβίβαστων ποικιλιών είναι τεράστιας πρακτικής σημασίας.

Ορισμοί

Αυτοασυμβίβαστο: Είναι η αδυναμία σχηματισμού καρπών μετά από γονιμοποίηση του άνθους με γύρη της ίδιας ποικιλίας. Το ασυμβίβαστο λειτουργεί ως μηχανισμός δημιουργίας ποικλομορφίας και ευρωστίας αλλά δημιουργεί και πρόβλημα καρπόδεσης στα οπωροφόρα δένδρα και όχι μόνο. Παρατηρείται κυρίως στα είδη μηλιά, αχλαδιά, κερασιά, αμυγδαλιά, Ιαπωνική και Ευρωπαϊκή δαμασκηνιά (μερικές ποικιλίες), φουντουκιά και άλλα. Αντιμετωπίζεται με φύτευση δένδρων κατάλληλων επικονιαστριών ποικιλιών, δηλαδή 2-3 κατάλληλες ποικιλίες στον ίδιο οπωρώνα.

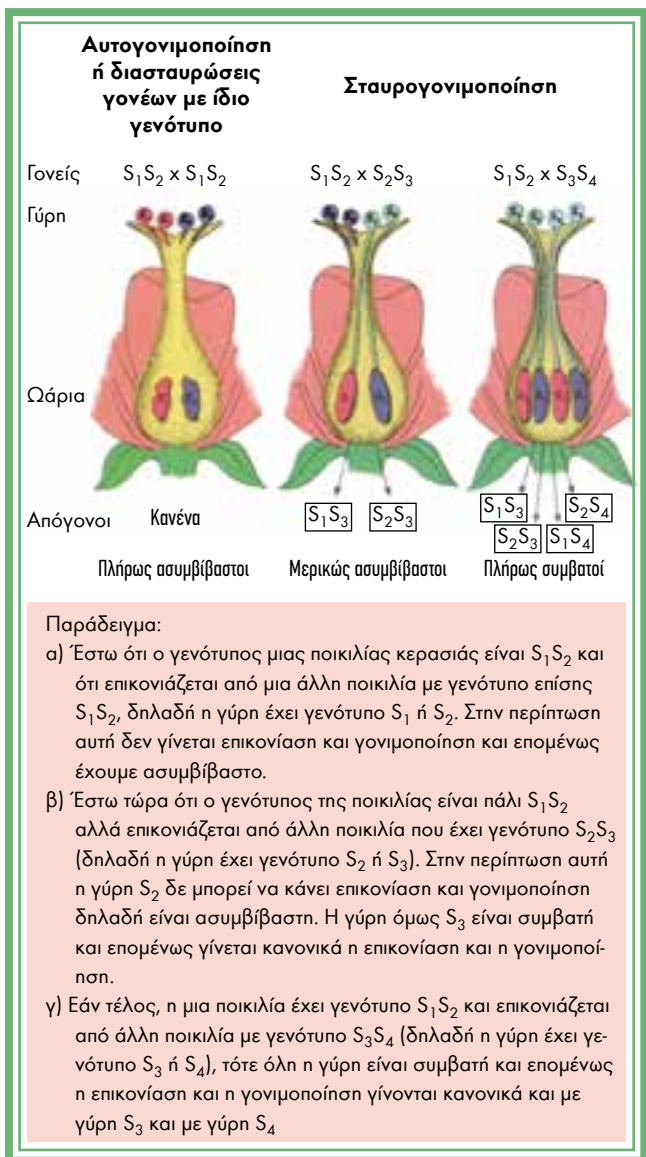
Αυτογόνιμες ποικιλίες: Έτσι ονομάζονται οι ποικιλίες που διαθέτουν άνθη ερμαφρόδιτα και οι γαμέτες - αρσενικοί και θηλυκοί - είναι γόνιμοι, οπότε και με αυτογονιμοποίηση σχηματίζουν καρπούς. Τέτοιες είναι οι περισσότερες ποικιλίες ροδακινιάς, νεκταρινιάς, βερικοκιάς, βυσσινιάς, Ευρωπαϊκής δαμασκηνιάς και μερικές ποικιλίες αμυγδαλιάς και κερασιάς. Ακόμα και σ' αυτές τις ποικιλίες, η σταυρογονιμοποίηση ή γονιμοποίηση των ανθέων τους από γύρη άλλης ποικιλίας είναι επιθυμητή.

Σταυροασυμβίβαστο: Είναι η αδυναμία σχηματισμού καρπών μετά από γονιμοποίηση του άνθους από γύρη άλλης ποικιλίας. Παρατηρείται σε μερικές ποικιλίες κερασιάς, Ιαπωνικής δαμασκηνιάς, φουντουκιάς και αχλαδιάς. Αντιμετωπίζεται με φύτευση καταλλήλων ποικιλιών, τρεις ποικιλίες στον οπωρώνα.

Ο μηχανισμός του γαμετοφυτικού αυτοασυμβίβαστου

Η πλειοψηφία των ανθοφόρων φυτών παράγει τέλεια άνθη που περιέχουν τόσο τα αρσενικά όσο και τα θηλυκά αναπαραγωγικά όργανα σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Συνεπώς, θα αναμενόταν υψηλό ποσοστό αυτογονιμοποίησης εάν δεν υπήρχαν μηχανισμοί παρεμπόδισης της αυτογονιμοποίησης. Οι απόγονοι που είναι προϊόντα αυτό-επικονίασης παρουσιάζουν γενικά μειωμένη προσαρμοστικότητα. Έτσι τα φυτά έχουν υιοθετήσει πληθώρα μηχανισμών ρύθμισης της αναπαραγωγής, όπως το αυτοασυμβίβαστο, μέσω των οποίων εμποδίζεται η αυτό-γονιμοποίηση και ευνοείται η σταυρο-γονιμοποίηση.

Το αυτοασυμβίβαστο δίνει τη δυνατότητα στον ύπερο ενός άνθους να διακρίνει μεταξύ γενετικά συγγενούς (αυτό-) και γενετικά μη συγγενούς (σταυρό-) γύρης. Η αναγνώριση της γύρης των συγκεκριμένων κατηγοριών οδηγεί στην αναστολή της βλάστησης του γυρεοκόκκου στη στιγματική επιφάνεια ή στην αναστολή της ανάπτυξης του γυρεοσωλήνα στο εσωτερικό του στύλου (Εικόνα 1). Συνεπώς, το αυτοασυμβίβαστο είναι ένας προζυγωτικός αναπαραγωγικός φραγμός μέσω του οποίου ασυμβίβαστοι γυρεόκοκκοι/γυρεοσωλήνες εμποδίζονται από το να εναποθέσουν τα σπερματικά κύτταρα στην ωοθήκη και να πραγματοποιηθεί η γονιμοποίηση.



Εικόνα 1. Μηχανισμός γαμετοφυτικού αυτοασυμβίβαστου (Προσαρμοσμένη εικόνα από Γανόπουλος, 2013).

Ποικλομορφία των S-αλληλομόρφων στην κερασιά

Η μελέτη των συστημάτων γαμετοφυτικού αυτοασυμβίβαστου ξεκίνησε με τη χρήση δια-αλληλικών σχεδίων διασταύρωσης για να εκτιμηθεί ο αριθμός των S-αλληλομόρφων σε φυσικούς πληθυσμούς (8). Αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αλληλομόρφων σε φυσικούς πληθυσμούς οκτώ ειδών με γαμετοφυτικό αυτοασυμβίβαστο. Πρόσφατα, η πρόοδος στην κατανόηση της μοριακής βάσης των συστημάτων ασυμβίβαστου σε διάφορες οικογένειες φυτών επέτρεψε την ανάπτυξη μεθόδων που βασίζονται στην PCR και έχουν ως στόχο τη μελέτη της παραλλακτικότητας των S-αλληλομόρφων. Με τις μεθόδους που βασίζονται στην PCR είναι δυνατό να εντοπιστούν S-αλληλομόρφα και να επιτραπεί η μελέτη της ποικιλότητας και του αριθμού των S-αλληλομόρφων. Βασικό ρόλο στην ανάπτυξη της έρευνας αυτής έπαιξε η διαπίστωση ότι ένζυμα RNasών δημιουργούνται στον στύλο της γαμετοφυτικής S-γονιδιακής θέσης και



Εικόνα 2. Δοκιμή στον αγρό με εγκλωβισμό κλάδων, για την επιβεβαίωση της αυτογόνιμης ιδιότητας σε εμπορική ποικιλία, στις συλλογές του Τ.Φ.Ο.Δ.Ν.

αυτά είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση της γύρης και την απόρριψή τους, σε τρεις οικογένειες φυτών, τα *Solanaceae*, τα *Scrophulariaceae* και τα *Rosaceae* (11, 12).

Προκειμένου να δημιουργηθεί μια αποτελεσματική και υψηλής απόδοσης καλλιέργεια είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις σχέσεις συμβατότητας του επιλεγμένου γενετικού υλικού (δηλ. της ποικιλίας και του επικονιαστή). Μολονότι, τα βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως ο ρυθμός ανάπτυξης του γυρεοσωλήνα και η αποδοτικότητα της επικονίασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των ομάδων ασυμβατότητας και των *S*-γενοτύπων, η εξάρτησή τους από το περιβάλλον και τις καλλιεργητικές συνθήκες μπορεί να οδη-

Πίνακας 1. *S*-αλληλόμορφα των κυριότερων εγχώριων ποικιλιών κερασιάς που καλλιεργούνται ή καλλιεργούνταν στον Ελλαδικό χώρο.

Κωδικοποίηση	Ποικιλία	<i>S</i> -αλληλόμορφα	Ομάδα
VA	‘Vaní’	S_1S_3	II
BU	‘B. Burlat’	S_3S_9	XVI
SA	‘Σάμου’	S_3S_4	III
PKA	‘Πετροκέρασο Τραγανά Αχαΐας’	S_3S_4	III
FV	‘Φρούλα Βόλου’	S_3S_4	III
TE	‘Τραγανά Εδέσσης’	S_3S_4	III
PK	‘Πρώιμο Κολινδρού’	S_3S_4	III
PV	‘Μαύρο Πρώιμο Βυτάλου’	S_3S_4	III
PA	‘Μαύρο Πρώιμο Αχαΐας’	S_3S_4	III
MPA	‘Μπακιρτζέικα’	S_3S_4	III
KA	‘Κόκκινα Αναστασιάς’	S_3S_4	III
KAP	‘Κασιώτικα’	S_2S_5	VIII
HGTE	‘Hybrid Germesdorfer x Τραγανά Εδέσσης’	S_1S_4	IX
TEN	‘Τραγανά Εδέσσης-Ναούσης’	S_2S_4	XIII
NK	‘Ναπολέων Καραμέλα’	S_3S_{13}	XIX
LE	‘Λεμονίδη’	S_3S_{13}	XIX
AL	‘Αγιωργίτικα Λιλαντίου’	S_4S_9	XXI
KI	‘Κηφισιάς’	S_4S_9	XXI
VAS	‘Βασιλειάδη’	S_4S_9	XXI
HTEU	‘Hybrid Τραγανά Εδέσσης x Άγνωστο’	S_1S_{13}	○
MA	‘Μαύρα Αναστασιάς’	S_4S_{30}	○

γήσει σε ψευδή ή ασαφή αποτελέσματα. Επιπλέον, αυτές οι συμβατικές μέθοδοι για την εύρεση των *S*-γενοτύπων είναι χρονοβόρες απαιτώντας πολλά έτη μέχρι το δένδρο να φτάσει στην ηλικία ανθοφορίας. Αυτά τα εμπόδια ξεπεράστηκαν με την ανάπτυξη των νέων προσεγγίσεων συμπεριλαμβανομένων των πολυμορφισμών των πρωτεϊνών και των αλληλουχιών του DNA. Αυτές οι μέθοδοι είναι γρήγορες, φθηνές, και μπορούν να εφαρμοστούν ανεξάρτητα από το στάδιο ανάπτυξης του φυτού (20).

Η εισαγωγή των μοριακών μεθόδων στην γενετική των *S*-αλληλομόρφων στην κερασιά έχει οδηγήσει σε ταχεία επιβεβαίωση των ομάδων ασυμβατότητας των *S*-αλληλομόρφων πολλών διαφορετικών ποικιλιών όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Επίσης οδήγησε στον προσδιορισμό των *S*-γενοτύπων των νέων ποικιλιών, και στον προσδιορισμό των νέων πιθανών *S*-αλληλομόρφων μέσω των συσχετίσεων με τα νέα προϊόντα της PCR (2, 3, 15, 17, 21). Η γενετική των *S*-αλληλομόρφων έχει γίνει επίσης ένα χρήσιμο εργαλείο για γενετικές μελέτες σε συλλογές γενετικού υλικού (5, 9, 14) καθώς και σε άγριους πληθυσμούς κερασιάς (3, 4, 6, 10, 13, 16).

Περισσότερες από 20 ποικιλίες κερασιάς καλλιεργούνται στην Ελλάδα. Μερικές είναι μείζονος σημασίας, ενώ άλλες καλλιεργούνται σπάνια ή χρησιμοποιούνται κυρίως ως δότες γύρης. Όλες αυτές οι ποικιλίες δεν ανθίζουν ταυτόχρονα, γί-

Με λίγα λόγια...

▶ Σε σταυρογονιμοποιούμενα είδη, όπως η κερασιά, είναι αναγκαία η εγκατάσταση στον οπωρώνα και **επικονιάστριας ποικιλίας** που να ανθίζει ολικώς ή μερικώς στο ίδιο χρονικό διάστημα με την καλλιεργούμενη ποικιλία.



▶ Ακόμη και στην περίπτωση καλλιέργειας μιας **αυτογόνιμης ποικιλίας** κερασιάς, με τη χρήση επικονιάστριας ποικιλίας τα αποτελέσματα επικονίασης βελτιώνονται θεαματικά, ειδικά σε δύσκολες χρονιές με αντίξοες καιρικές συνθήκες κατά την άνθιση.



▶ Ο γονότυπος (S-αλληλόμορφα γονίδια, S_aS_b) μιας ποικιλίας, καθορίζει εάν η ποικιλία αυτή είναι συμβατή με μία άλλη ώστε να πραγματοποιηθεί η επικονίαση. Αν οι δύο ποικιλίες ανήκουν στην ίδια ομάδα επικονίασης, έχουν δηλαδή τα **ίδια S-αλληλόμορφα**, τότε είναι **ασυμβίβαστες** μεταξύ τους, ασχέτως αν ανθίζουν το ίδιο χρονικό διάστημα.



▶ Αν στο ζευγάρι S-αλληλόμορφων γονιδίων S_aS_b είναι ίδιο το ένα αλληλόμορφο της επικονιάστριας και της επικονιαζόμενης ποικιλίας, τότε οι ποικιλίες είναι **μερικώς ασυμβί-**

βαστες. Η διαδικασία της επικονίασης συντελείται αλλά όχι στα άριστα επιθυμητά επίπεδα με αποτέλεσμα μειωμένη παραγωγή.



▶ Ο **παραγωγός** που θα εγκαταστήσει μια νέα ποικιλία κερασιάς στον αγρό του, θα πρέπει να ενημερωθεί και να γνωρίζει ποιες ποικιλίες είναι οι συμβατοί επικονιαστές της και να πράξει τα ανάλογα.



▶ Μια σοβαρή **φυτωριακή επιχείρηση** θα πρέπει να γνωρίζει τις επικονιάστριες ποικιλίες των καλλιεργούμενων ποικιλιών, το πολλαπλασιαστικό υλικό των οποίων διαθέτει με σκοπό το κέρδος, και να τις γνωστοποιεί στους ενδιαφερόμενους πελάτες παραγωγούς.



▶ Μια σοβαρή **φυτωριακή επιχείρηση** θα πρέπει επίσης να γνωρίζει τα S-αλληλόμορφα γονίδια των ποικιλιών, το πολλαπλασιαστικό υλικό των οποίων διαθέτει στην αγορά με σκοπό το κέρδος και να τα γνωστοποιεί στους ενδιαφερόμενους πελάτες παραγωγούς, αν ζητηθεί.



▶ Κάθε εισαγόμενη ποικιλία ή πολλαπλασιαστικό υλικό αυτής, θα πρέπει να συνοδεύεται πάντα από ορισμένες

βασικές πληροφορίες για τα καλλιεργητικά στοιχεία και τις απαιτήσεις της. Μεταξύ αυτών είναι υποχρεωτικό, τα τελευταία χρόνια, να γίνονται **γνωστά τα S-αλληλόμορφα** γονίδια, ώστε να γίνεται δυνατός ο σχεδιασμός φύτευσης και συγκαλλιέργειας δύο ή περισσότερων ποικιλιών, σύμφωνα με τις ανάγκες επικονίασης και τα κριτήρια των παραγωγών.



▶ Στις συλλογές αξιολόγησης του Τμήματος Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας του Ι.Γ.Β.&Φ.Π., γίνονται **δοκιμές αγρού** με εγκλωβισμούς κλάδων, για την επιβεβαίωση της **αυτογόνιμης** ιδιότητας σε εμπορικές ποικιλίες.



▶ Σε περίπτωση καλλιέργειας κάποιας εγχώριας, παραδοσιακής ποικιλίας ή ποικιλιών άγνωστης γενετικής ταυτότητας, **είναι δυνατό να προσδιορισθούν** τα S-αλληλόμορφα γονίδια εύκολα, γρήγορα, οικονομικά και αξιόπιστα στη χώρα μας, ώστε να χρησιμοποιηθούν οι ανάλογες επικονιάστριες ποικιλίες. Τέτοιες εξετάσεις/αναλύσεις DNA αποτελούν πλέον ρουτίνα στο Ινστιτούτο Εφαρμοσμένων Βιοεπιστημών (ΙΝ.Ε.Β.-Ε.Κ.Ε.Τ.Α.) και στο Εργαστήριο Δασικής Γενετικής (Α.Π.Θ.).

αυτό διακρίνονται σε τρεις υποομάδες ανάλογα με την περίοδο ανθοφορίας τους:

- **πρώιμης άνθησης** (ανθίζουν από την τελευταία εβδομάδα του Μαρτίου έως την πρώτη εβδομάδα του Απριλίου),
- **μέσης άνθησης** (ανθίζουν τη δεύτερη και τρίτη εβδομάδα του Απριλίου), και
- **όψιμης άνθησης** (ανθίζουν την τελευταία εβδομάδα του Απριλίου και πρώτη εβδομάδα του Μαΐου).

Ως εκ τούτου, οι συνδυασμοί των ποικιλιών καθορίζονται όχι μόνο από τη γενετική συμβατότητά τους, αλλά και από την περίοδο ανθοφορίας τους.

Μέχρι σήμερα, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους, έχουν αναφερθεί έως 16 διαφορετικά S-αλληλόμορφα και 29 ομάδες ασυμβατότητας στην καλλιεργούμενη κερασιά (14, 19). Ωστόσο, υπάρχουν πολύ λίγα στοιχεία σχετικά με τη σύνθεση των S-αλληλομόρφων στις ελληνικές παραδοσιακές ποικιλίες κερασιάς (7). Οι Ganopoulos et al. (4) ανέλυσαν τους S-γενότυπους από 19 ποικιλίες κερασιάς από τη συλλογή του Τ.Φ.Ο.Δ.Ν. (πρώην Ινστιτούτο Φυλλοβόλων Δένδρων) στη Νάουσα χρησιμοποιώντας μεθόδους γενοτύπωσης με εκκινητές σχεδιασμένους σε συντηρημένες αλληλουχίες και καθορί-

στηκαν τα επίπεδα της συμβατότητας σε κάθε μία από τις τρεις ομάδες άνθησης. Για τις αναλύσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν παλαιές και νέες ποικιλίες, που καλλιεργούνται σε τοπικό επίπεδο, καθώς επίσης και άτομα που χρησιμοποιούνται για βελτιωτικούς σκοπούς.

Παράλληλα, στις συλλογές αξιολόγησης του Τ.Φ.Ο.Δ.Ν. γίνονται δοκιμές αγρού με εγκλωβισμούς κλάδων, για την επιβεβαίωση της αυτογόνιμης ιδιότητας σε εμπορικές ποικιλίες ή για την εύρεση του αυτογόνιμου σε υβρίδια που έχουν ως γονέα μία τουλάχιστον αυτογόνιμη ποικιλία (Εικόνα 2).

S-γενοτύπωση των κυριότερων Ελληνικών ποικιλιών κερασιάς

Οι 19 ελληνικές ποικιλίες γενοτυπώθηκαν για πρώτη φορά από τους Ganopoulos et al. (4) και αναλύθηκαν μοριακά χρησιμοποιώντας εκκινητές κοινής ομολογίας (consensus) για το πρώτο και δεύτερο εσώνιο. Τα μεγέθη των προϊόντων της PCR στη συνέχεια συγκρίθηκαν με εκείνα που ελήφθησαν προηγουμένως για τις δύο ποικιλίες αναφοράς («B. Burlat» και «Van») και οι αντίστοιχοι S-γενότυποι καταχωρήθηκαν στην κατάλληλη ομάδα ασυμβατότητας (Πίνακας 1), σύμφωνα με

Πίνακας 2. Συμβατότητα των ποικιλιών κερασιάς του Πίνακα 1, σύμφωνα με την περίοδο ανθοφορίας τους.

Άνθηση	Ποικιλίες (Πίνακα 1)	S-αλληλόμορφα	Συμβατότητα (I: Αυτοασυμβίβαστη, F: Πλήρως συμβατή, S: Μερικώς συμβατή)																						
			PK	PA	KAP	LE	MPA	BU	KA	MA	NK	PTA	VAS	FV	SA	VA	TE	TEN	HGTE	HTEU	KI	MP	AL		
Πρώμη	PK	S ₃ S ₄	I	I	F	S	I	S																	
	PA	S ₃ S ₄	I	I	F	S	I	S																	
	KAP	S ₂ S ₅	F	F	I	F	F	F																	
	LE	S ₃ S ₁₃	S	S	F	I	S	S																	
	MPA	S ₃ S ₄	I	I	F	S	I	S																	
	BU	S ₃ S ₉	S	S	F	S	S	I																	
Ενδιάμεση	KA	S ₃ S ₄								I	S	S	I	S	I	I	S								
	MA	S ₄ S ₃₀								S	I	F	S	S	S	S	F								
	NK	S ₃ S ₄								I	S	I	I	S	I	I	S								
	PTA	S ₃ S ₄								I	I	S	I	S	I	I	S								
	VAS	S ₄ S ₉								S	S	F	S	I	S	S	F								
	FV	S ₃ S ₄								I	I	S	I	S	I	I	S								
	SA	S ₃ S ₄								I	I	S	I	S	S	I	S								
	VA	S ₁ S ₃								S	S	S	S	F	S	S	I								
Όψιμη	TE	S ₃ S ₄																I	S	S	F	S	I	S	
	TEN	S ₂ S ₄																S	I	S	F	S	S	S	
	HGTE	S ₁ S ₄																S	S	I	F	S	S	S	
	HTEU	S ₁ S ₁₃																F	F	F	I	F	F	F	
	KI	S ₃ S ₉																S	S	S	S	I	S	I	
	MP	S ₃ S ₄																I	S	S	F	S	I	S	
	AL	S ₄ S ₉																S	S	S	F	I	S	I	

τη βιβλιογραφία (18). Οι ποικιλίες «Hybrid Τραγανά Εδέσσης x Άγνωστο» (S₁S₁₃) και «Μαύρα Αναστασιάς» (S₄S₃₀) παρουσίασαν ένα νέο ξεχωριστό S-γενότυπο, και ως εκ τούτου περιλαμβάνονται στην ομάδα O, ως γενικοί δότες γύρης. Οι πιο συχνοί γενότυποι ήταν οι S₃S₄ (51%) και S₄S₉ (9%).

Η παραδοσιακή μέθοδος καλλιέργειας κερασιάς στην Ελλάδα βασίζεται στις μικρές εκτάσεις και στη γενετική ποικιλότητα των ποικιλιών ώστε να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική επικονίαση με γύρη από συμβατές ποικιλίες που είναι πιθανό να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Ωστόσο, η διαδικασία της επιλογής των πιο κατάλληλων γενοτύπων, ειδικά μεταξύ των παραδοσιακών ποικιλιών όψιμης ωρίμανσης, θα μπορούσε να οδηγήσει στην καλλιέργεια λιγότερων ποικιλιών και κατ' επέκταση σε προβλήματα παραγωγής λόγω του ασυμβίβαστου. Συνεπώς, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορεί να είναι χρήσιμα στη διατήρηση του τοπικού γενετικού υλικού, το σχεδιασμό διασταυρώσεων για την ανάπτυξη νέων γενοτύπων ώστε να επωφεληθούν από το επίπεδο της ποικιλότητας που ήδη υπάρχει και το σχεδιασμό καλύτερων συνδυασμών ποικιλιών σε νέες καλλιέργειες, ώστε να διατηρηθούν τα παραδοσιακά χαρακτηριστικά, αποφεύγοντας τα προβλήματα στην παραγωγή λόγω ασυμβατότητας.

Συμβατότητα μεταξύ των ποικιλιών στην ίδια περίοδο ανθοφορίας

Ο S-απλότυπος από τις ποικιλίες 'Hybrid Τραγανά Εδέσ-

σης x Άγνωστο' και 'Καψιώτικα', αναγνωρίστηκαν ως S₁S₁₃ και S₂S₅, αντίστοιχα (Πίνακας 1). Οι S-απλότυποι αυτοί ήταν μεταξύ των επτά σπάνιων S-απλότυπων των 21 ποικιλιών που αναλύθηκαν. Έτσι, αυτές οι ποικιλίες ήταν πλήρως συμβατές με τις περισσότερες από τις ποικιλίες που εξετάζονται και θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως προτιμώμενες επικονιάστρες ποικιλίες (Πίνακας 2). Ωστόσο, και οι δύο αυτές ποικιλίες δεν είναι οικονομικά σημαντικές, και η περίοδος ανθοφορίας τους καλύπτει μόνο ένα μέρος της συνολικής περιόδου άνθησης της κερασιάς. Το υβρίδιο 'Hybrid Τραγανά Εδέσσης x Άγνωστο' είναι όψιμης άνθησης ενώ η ποικιλία 'Καψιώτικα' είναι πρώιμης άνθησης. Έτσι, προκειμένου να αυξηθεί το δυναμικό γονιμοποίησης στους ελληνικούς οπωρώνες, είναι απαραίτητο να εισαχθούν πρόσθετες συμβατές ποικιλίες.

Συμπέρασμα

Εν κατακλείδι, θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ το πόσο σημαντικό είναι να εξετάζονται μοριακά με τη βοήθεια του DNA οι ποικιλίες και να ταυτοποιούνται πριν ακόμη τη φύτευσή τους για το είδος του ασυμβίβαστου που φέρουν.

Με τις νέες τεχνικές, η εξέταση αυτή μπορεί να γίνει εύκολα, γρήγορα, οικονομικά και αξιόπιστα στη χώρα μας. Τέτοιες εξετάσεις/αναλύσεις DNA αποτελούν πλέον ρουτίνα στο Ινστιτούτο Εφαρμοσμένων Βιοεπιστημών (ΙΝ.Ε.Β.-Ε.Κ.Ε.Τ.Α.) και στο Εργαστήριο Δασικής Γενετικής (Α.Π.Θ.).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γανόπουλος, Ι., 2013: Διερεύνηση γενετικής ποικιλότητας, ταυτοποίηση και εφαρμογή λειτουργικών δεικτών στην κερασιά (*Prunus avium* L.). Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος.
2. Choi, C., R. Ta, R. L. Andersen, 2002: Identification of self-incompatibility alleles and pollen incompatibility groups in sweet cherry by PCR based s-allele typing and controlled pollination. *Euphytica*, 123, 9-20.
3. De Cuyper, B., T. Sonneveld, K. R. Tobutt, 2005: Determining self-incompatibility genotypes in Belgian wild cherries. *Molecular Ecology*, 14, 945-955.
4. Ganopoulos, I., F. Aravanopoulos, A. Argiriou, A. Tsaftaris, 2012: Genome and population dynamics under selection and neutrality: an example of S-allele diversity in wild cherry (*Prunus avium* L.). *Tree Genetics & Genomes*, 8, 1181-1190.
5. Gisbert, A. D., M. L. Badenes, K. R. Tobutt, G. Llacer, C. Romero, 2008: Determination of the S-allele composition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in the southeast of Spain by PCR analysis. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83, 246-252.
6. Jami, K., B. De Cuyper, R. Brus, 2012: Genetic Variability of Wild Cherry (*Prunus avium* L.) Seed Stands in Slovenia as Revealed by Nuclear Microsatellite Loci. *PLoS ONE*, 7, e41231.
7. Καζαντζής, Κ., 2013: Μονογραφία ποικιλιών κερασιάς που αξιολογήθηκαν από το Ι.Φ.Δ. Έκδοση ΕΛ.Γ.Ο.-"ΔΗΜΗΤΡΑ", σελίδες 218.
8. Lawrence, M. J., 2000: Population Genetics of the Homomorphic Self-incompatibility Polymorphisms in Flowering Plants. *Annals of Botany*, 85, 221-226.
9. Marchese, A., K. R. Tobutt, A. Raimondo, A. Motisi, R. I. Boskovic, J. Clarke, T. Caruso, 2007: Morphological characteristics, microsatellite fingerprinting and determination of incompatibility genotypes of Sicilian sweet cherry cultivars. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82, 41-48.
10. Mariette, S. p., M. Tavaud, U. Arunyawat, G. I. Capdeville, M. Millan, F. Salin, 2010: Population structure and genetic bottleneck in sweet cherry estimated with SSRs and the gametophytic self-incompatibility locus. *BMC genetics*, 11, 77.
11. McClure, B. A., V. Franklin-Tong, 2006: Gametophytic self-incompatibility: understanding the cellular mechanisms involved in "self" pollen tube inhibition. *Planta*, 224, 233-245.
12. Sassa, H., H. Kakui, M. Minamikawa, 2010: Pollen-expressed F-box gene family and mechanism of S-RNase-based gametophytic self-incompatibility (GSI) in Rosaceae. *Sexual plant reproduction*, 23, 39-43.
13. Schueler, S., A. Tusch, F. Scholz, 2006: Comparative analysis of the within-population genetic structure in wild cherry (*Prunus avium* L.) at the self-incompatibility locus and nuclear microsatellites. *Molecular Ecology*, 15, 3231-3243.
14. Schuster, M., H. Flachowsky, D. Kohler, 2007: Determination of self-incompatible genotypes in sweet cherry (*Prunus avium* L.) accessions and cultivars of the German Fruit Gene Bank and from private collections. *Plant Breeding*, 126, 533-540.
15. Sonneveld, T., K. R. Tobutt, T. P. Robbins, 2003: Allele-specific PCR detection of sweet cherry self-incompatibility (S) alleles S1 to S16 using consensus and allele-specific primers. *Theoretical and Applied Genetics*, 107, 1059-1070.
16. Szikriszt, B., A. Do an, S. Ercisli, M. E. Akcay, A. Heged s, J. Halász, 2013: Molecular typing of the self-incompatibility locus of Turkish sweet cherry genotypes reflects phylogenetic relationships among cherries and other *Prunus* species. *Tree Genetics & Genomes*, 9, 155-165.
17. Tao, R., H. Yamane, A. Sugiura, H. Murayama, H. Sassa, H. Mori, 1999: Molecular typing of S-alleles through identification, characterization and cDNA cloning for S-RNases in sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124, 224-233.
18. Tobutt, K. R., T. Sonneveld, T. Bekefi, R. Boškovi, 2004: Cherry (in) compatibility genotypes-an updated cultivar table. 667-672.
19. Χατζηχαρίσης, Ι., Καζαντζής, Κ., 2014: Η Κερασιά και η καλλιέργειά της. Εκδόσεις ΑγροΤύπος, σελίδες 440.
20. Yamane, H., R. Tao, 2009: Molecular Basis of Self-(in)compatibility and Current Status of S-genotyping in Rosaceous Fruit Trees. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 78, 137-157.
21. Zhou, L., F. Kappel, R. MacDonald, C. Hampson, G. Bakkeren, P. A. Wiersma, 2002: Determination of S-geotypes and self-fertility of sweet cherry in Summerland advanced selections. *Journal American Pomological Society*, 56, 173-179.



Σ. ΦΑΝΟΥΡΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ο.Β.Ε.Ε. • S. FANOURAKIS & PARTNERS LTD
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΧΤΩΝ
MANUFACTURE OF PLASTIC NETS

ΑΝΤΙΧΑΛΑΖΙΚΑ ΔΙΧΤΥΑ OLIVENET



Τα εγγυημένα και πιστοποιημένα Αντιχαλαζικά δίχτυα της OLIVENET προσφέρουν την μεγαλύτερη δυνατή αντοχή.

Οι εργαστηριακές μελέτες και οι πιστοποιήσεις που υπάρχουν για το προϊόν αποδεικνύουν ότι είναι το πιο αξιόπιστο δίχτυ που κυκλοφορεί στην αγορά.

Αντιχαλαζικά δίχτυα που τηρούν αυστηρά, όλες τις προδιαγραφές του ΕΛΓΑ και είναι δοκιμασμένα με αποτυχηματικότητα στις δυσκολότερες καιρικές συνθήκες.

Το πιο αξιόπιστο
αντιχαλαζικό
της αγοράς.

Στην πρώτη θέση
προτίμησης των
καταναλωτών.

Από 100%
παρθένα υλικό.

Σ. ΦΑΝΟΥΡΑΚΗΣ & ΣΙΑ Ο.Β.Ε.Ε. • ΑΓΙΟΙ ΔΕΚΑ, ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΗΛ: 28920 31103 • FAX: 28920 31838 • info@olivenet.gr

www.olivenet.gr