

## Ο φράξος για το μέλλον: προσδιορισμός των Ευρωπαϊκών πληθυσμών του φράξου για προστασία και αναγέννηση

Κ.Α. Σπανός και Δ. Μυλωνάς

ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. – Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, 570 06 Βασιλικά, Θεσσαλονίκη  
e-mail: kspanos@fri.gr

### Περίληψη

Το ερευνητικό πρόγραμμα FRAXIGEN θα ενδυναμώσει την επιστημονική βάση με σκοπό την προστασία και ανανέωση των γενετικών πόρων του φράξου στην Ευρώπη, εμπλουτίζοντας τις γνώσεις μας για τα τρία είδη φράξου στην Ευρώπη. Η γενετική δομή, η ροή γονιδίων ανάμεσα στους πληθυσμούς του φράξου και η επίδραση του αναπαραγωγικού συστήματος θα μελετηθούν λεπτομερώς. Τα αναφερόμενα σε συνδυασμό με πειράματα στα οποία θα ερευνηθεί η απόσταση στην οποία η προσαρμοστικότητα στο περιβάλλον καθίσταται σημαντική, θα παρέχουν τη δυνατότητα να ερμηνεύσουμε τον όρο 'τοπικός' πληθυσμός (όπως απαιτείται από τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης) καθώς επίσης εμβάθυνση στην (α) πλαστικότητα των πληθυσμών στις περιβαλλοντικές αλλαγές, και (β) πως η ανθρωπογενής επιλογή έχει επηρεάσει την ποικιλότητα προσαρμογής. Συνεργάτες από τη Βόρεια και Νότια Ευρώπη θα συνεργασθούν για τη διατύπωση επιστημονικά αποδεκτών οδηγιών για τον προσδιορισμό των προελεύσεων και την επιλογή κατάλληλων πηγών σπόρου. Στις μεθόδους διάδοσης/επικοινωνίας περιλαμβάνονται το Διαδίκτυο και συχνές συναντήσεις με τους τελικούς χρήστες.

**Λέξεις κλειδιά:** Γενετική ανάλυση, μοριακοί δείκτες, ροή γονιδίων, αναπαραγωγικό σύστημα, οικολογική προσαρμογή.

### Εισαγωγή

Οι στόχοι του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος FRAXIGEN είναι η κατανόηση των βιολογικών και των οικολογικών διαδικασιών οι οποίοι έχουν επιδράσει στη διαμόρφωση και εξέλιξη των πληθυσμών του φράξου (*Fraxinus ornus*, *F. angustifolia*, *F. excelsior*) στην Ευρώπη. Με τον τρόπο αυτό θα καταστεί δυνατή η διατύπωση γενικών αρχών/οδηγιών για τη συλλογή κατάλληλου (οικολογικά και γενετικά) αναπαραγωγικού υλικού για την προστασία της γενετικής ποικιλότητας και τη σωστή διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων. Το πρόγραμμα συνδυάζει εκτεταμένες μοριακές αναλύσεις με λεπτομερή έρευνα της βιολογίας αναπαραγωγής και καινοτόμα πειράματα υπαίθρου (Ennos et al. 1998).

Η συμβατική μέχρι πρότινος συλλογή γενετικού υλικού βασίζονταν σε χαρακτήρες οικονομικής σημασίας (παραγωγή ξυλείας) όπως μεγάλο βαθμό αύξησης, καλή μορφή και ποιοτικά κριτήρια. Σε πανευρωπαϊκό επίπεδο εμφανίζεται μια αυξανόμενη ευαισθητοποίηση για αποκατάσταση και διαχείριση των δασών για περιβαλλοντικές ωφέλειες και προστασία της βιολογικής ποικιλότητας (Larsson et al. 2001) σε συνδυασμό με παραγωγικούς σκοπούς, με αποτέλεσμα την ανάγκη θέσπισης νέων κριτηρίων επιλογής του αναπαραγωγικού υλικού. Για την επιτυχή οικολογική αποκατάσταση απαιτούνται γενότυποι με καλή

αναπαραγωγική δύναμη, μεγάλο ποσοστό βιωσιμότητας σπόρου και φυταρίων, και ικανότητα να ανταγωνίζονται με επιτυχία τα άλλα είδη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προσδιοριστεί η κλίμακα μέσα στην οποία οι πηγές σπόρων δείχνουν τοπική προσαρμογή, ώστε να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη οδηγιών για την κατάλληλη συλλογή του φυτευτικού υλικού.

Με την ανάπτυξη και ανάλυση των μοριακών δεικτών θα μελετηθεί και περιγραφεί η γενετική ποικιλότητα των τριών ειδών του φράξου στην Ευρώπη, η γεωγραφική συγγένεια μεταξύ των ειδών, ο τρόπος αναπαραγωγής και η διασπορά της γύρης (May et al. 1974). Με ελεγχόμενα πειράματα (φυτωρίου και εργαστηρίου) θα εκτιμηθεί η επίδραση της ομομιξίας/απώλειας της γενετικής ποικιλότητας (inbreeding), ενώ με πειράματα υπαίθρου θα εκτιμηθεί η διαφοροποίηση των πληθυσμών λόγω προσαρμοστικότητας και η σχέση τους με τη γενετική ποικιλότητα.

Η εφαρμογή μεγάλου εύρους τεχνικών μεθόδων, σε συνδυασμό με την καινοτόμο προσέγγιση έρευνας της περιβαλλοντικής προσαρμοστικότητας με τη χρήση ενός δικτύου αμοιβαίων πειραμάτων μεταφύτευσης (RTEs), φανερώνουν την καινοτόμο διάσταση του προγράμματος FRAXIGEN. Η έρευνα υπαίθρου συνήθως παραβλέπεται στις μοριακές μελέτες των φυτικών πληθυσμών. Για την πλήρη κατανόηση των εξελεγκτικών δυνάμεων που ενεργούν στα άτομα ενός πληθυσμού και για την κατάλληλη διαχείρισή τους απαιτείται ο συνδυασμός μοριακών αναλύσεων και εργασιών υπαίθρου. Με την εφαρμογή λεπτομερούς εργαστηριακής έρευνας και εργασιών υπαίθρου, σε όλη τη γεωγραφική έκταση για μια σειρά ετών, με τη χρήση τυποποιημένων μεθόδων και δειγματοληψίας θα καταστεί δυνατή η λεπτομερέστερη ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ευρείας κλίμακας προοπτικές που συνδέουν οικολογικές διαδικασίες και γενετικά πρότυπα χρειάζονται: η επανάληψη προσεκτικά τυποποιημένων μελετών σε Ευρωπαϊκή κλίμακα που θα επιτρέψουν την εμβάθυνση και κατανόηση της γενετικής και βιολογίας των τριών ειδών του φράξου.

## **Ανάπτυξη μεθοδολογίας - Ειδικοί επιστημονικοί στόχοι**

### **Γενετική ποικιλότητα και σύστημα αναπαραγωγής**

Στην ενότητα αυτή θα επιχειρηθεί να δοθούν απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

α) Ποια είναι η γενετική ποικιλότητα μέσα στον ίδιο πληθυσμό και μεταξύ των πληθυσμών στα είδη του φράξου και κατά πόσο αυτή η γενετική διαφοροποίηση ερμηνεύει τη φυλογεωγραφία τους (ιστορική και πρόσφατη ροή γονιδίων);

β) Ποιος είναι ο βαθμός απώλειας της γενετικής ποικιλότητας στους φυσικούς πληθυσμούς του φράξου και πως αυτός ποικίλει γεωγραφικά και χρονικά και πως συσχετίζεται με το μέγεθος του πληθυσμού, πυκνότητα, σεξουαλική σύνθεση και τρόπο επικοινωνίας;

γ) Πως η αυτογονιμοποίηση και η απώλεια της γενετικής ποικιλότητας, μέσα στους πληθυσμούς και υπο-πληθυσμούς, αλληλεπιδρά με την τοπική προσαρμοστικότητα και τη φυσική επιλογή ενάντια σε γενότυπους με υψηλά επίπεδα ετεροζυγωτίας για να διαμορφώσει τη γενετική δομή των φυσικών και τεχνητών πληθυσμών του φράξου;

Στην ενότητα αυτή θα αναπτυχθούν ουδέτεροι μοριακοί δείκτες (δορυφορικό DNA και cpDNA) που θα χρησιμοποιηθούν για να προσδιοριστεί η γενετική ποικιλότητα των τριών ειδών του φράξου στην Ευρώπη. Με τη χρήση του δορυφορικού DNA θα καταστεί δυνατή η περιγραφή της γενετικής δομής των ειδών, η κατανόηση του συστήματος αναπαραγωγής και ο προσδιορισμός των παραγόντων που συνέβαλαν στη δημιουργία της γενετικής δομής (Goldstein and Schlötterer 1999). Η χρησιμοποίηση μοριακών δεικτών θα επιτρέψει να κατανοήσουμε πως κινούνταν και πως κινούνται τα γονίδια μεταξύ πληθυσμών και μέσα

στους πληθυσμούς και σε ποιο βαθμό η ευρωστία του σπόρου εξαρτάται από τη ροή των γονιδίων (διασπορά γύρης/σπόρου) (Harris 1999). Οι παραπάνω πληροφορίες είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της κατάλληλης διαχείρισης των πληθυσμών του φράξου στην Ευρώπη για παραγωγικούς σκοπούς και προστασία/διατήρηση. Τα παραπάνω αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν επίσης για τη διατύπωση γενικών αρχών/οδηγιών με σκοπό την πιστοποίηση και συλλογή του γενετικού υλικού.

Στην ενότητα αυτή θα χαρακτηρισθούν οι μοριακοί δείκτες (SSR, cpDNA) που θα χρησιμοποιηθούν για να περιγραφεί η γενετική δομή και η ροή των γονιδίων για τα τρία είδη του φράξου στην Ευρώπη. Το δορυφορικό DNA, που θα χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η γενετική παραλλακτικότητα, θα χρησιμοποιηθεί επίσης για να μελετηθεί το σύστημα γονιμοποίησης (βαθμός αυτογονιμοποίησης) και ο τρόπος διασποράς της γύρης.

Είναι γνωστό ότι το σύστημα αναπαραγωγής επηρεάζει τη γενετική δομή των πληθυσμών (Barrett and Husband 1990). Η έρευνα της γενετικής ποικιλότητας και του συστήματος αναπαραγωγής θα επιτρέψει την καλύτερη κατανόησή τους. Η έρευνα του αναπαραγωγικού συστήματος θα πραγματοποιηθεί σε ευρύτερη κλίμακα και θα περιλαμβάνει μελέτη του βαθμού διασταύρωσης με γύρη που προέρχεται έξω από τα όρια ενός πληθυσμού και θα γίνει εκτίμηση του βαθμού ομοζυγωτίας σε σχέση με την ετεροζυγωτία και θα ερμηνευθούν οι γενετικές επιπτώσεις. Τα αποτελέσματα αυτής της ενότητας θα είναι χρήσιμα για το σχεδιασμό των σποροπαραγωγών κήπων (επίπεδα ποικιλότητας και αποστάσεις απομόνωσης) καθώς επίσης και στη διαχείριση των πρόσφατα εγκατεστημένων.

## Βιολογία αναπαραγωγής και αύξηση

Τα ερωτήματα στα οποία καλούμαστε να απαντήσουμε σε αυτή τη θεματική ενότητα είναι τα εξής :

- α) Ποια είναι η φαινολογία της ανθοφορίας και της καρποφορίας του *Fraxinus ornus*, *F. angustifolia* και *F. excelsior*;
- β) Πως η κατανομή της ανθοφορίας και της καρποφορίας σχετίζεται με την αύξηση σε ύψος και διάμετρο;
- γ) Πως η κατανομή και η αναλογία του γένους (αρσενικό, θηλυκό, ερμαφρόδιτο) σχετίζεται με το βαθμό της αυτογονιμοποίησης, το βαθμό απώλειας γενετικής ποικιλότητας και τη διασπορά της γύρης μέσα στους πληθυσμούς;

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει λεπτομερή έρευνα της αναπαραγωγικής βιολογίας του *Fraxinus ornus*, *F. angustifolia* και *F. excelsior*. Η κατανόηση της αναπαραγωγικής διαδικασίας των ειδών αυτών είναι σημαντική για την ερμηνεία του συστήματος γονιμοποίησης, της ροής των γονιδίων και της γενετικής δομής μέσα στους πληθυσμούς, η οποία θα οδηγήσει στον καθορισμό των προελεύσεων (πηγών σπόρου) για σκοπούς αναγέννησης και την επιλογή σποροπαραγωγών δένδρων. Ο τύπος επικονίασης, η αναπαραγωγική διαδικασία και η κατανομή/αναλογία του γένους αναμένετε να έχουν μεγάλη επίδραση στο σύστημα διασταύρωσης, διασπορά της γύρης μέσα στους πληθυσμούς και στην γενετική δομή των πληθυσμών (Barrett and Harder 1996, Bena et al. 1998). Αυτά με τη σειρά τους επηρεάζουν αποτελεσματικά το μέγεθος του πληθυσμού και τα επίπεδα της γενετικής ποικιλότητας κατά τη συλλογή σπόρων για φυσική αναγέννηση.

Τα είδη *Fraxinus excelsior* και ο *F. angustifolia* είναι ανεμογαμή και πολυγαμικά δένδρα π.χ. τα άτομα σε ένα πληθυσμό παρουσιάζουν μια συνέχεια του γένους, από δένδρα που φέρουν μόνο αρσενικά άνθη (στήμονες), ερμαφρόδιτα (με σύγχρονη λειτουργία των στημόνων και των στύλων), έως λειτουργικά θηλυκά δένδρα (άνθη με στύλο, με ή χωρίς άγονους στήμονες). Υπάρχει επίσης μόνιμη και περιοδική ποικιλότητα μέσα στα δένδρα, στα κλαδιά και στις ταξιανθίες. Παρόλο που το σύστημα αναπαραγωγής του *Fraxinus excelsior* και *F. angustifolia* έχει χαρακτηριστεί μορφολογικά η λειτουργία του αρσενικού,

θηλυκού και ερμαφρόδιτου άνθους ξεχωριστά, δεν κατανοείτε εύκολα. Το μέγεθος στο οποίο ατομικά τα δένδρα αλλάζουν φύλο ή σεξουαλική λειτουργία από χρόνο σε χρόνο επίσης δεν είναι γνωστό.

Άλλα σημαντικά θέματα που επηρεάζουν τη ροή των γονιδίων και το σύστημα διασταύρωσης περιλαμβάνουν τη φαινολογία (ο συγχρονισμός διασποράς γύρης και αποδοχής του στίγματος, συγχρονισμός μέσα στους πληθυσμούς), βαθμός γενετικής υποβάθμισης και το αυτοασυμβίβαστο. Προς το παρόν δεν είναι ακόμη γνωστό για τις γενετικές επιπτώσεις της απώλειας της γενετικής ποικιλότητας, παρά τη μεγάλη σημασία για σκοπούς προστασίας και παραγωγής (ξύλεια). Από την άλλη πλευρά, η αυτογονιμοποίηση δεν προκαλεί απαραίτητα απώλεια της γενετικής ποικιλότητας η αύξηση του γυρεοσωλήνα (από αυτεπικονίαση και σταυρεπικονίαση) και ο βαθμός γονιμοποίησης θα πρέπει να μελετηθούν, και το αυτο-ασυμβίβαστο θα πρέπει να χαρακτηριστεί. Παρόλο που η αναπαραγωγική βιολογία του *F. excelsior* (Binggeli and Power 1991) είναι σχετικά γνωστή, ελάχιστες μελέτες έχουν διεξαχθεί για τον *F. angustifolia* (Gyenoza 1993). Είναι γνωστό ότι είναι πολυγαμικό είδος και ίσως να έχει παρόμοια βιολογία αναπαραγωγής με το *F. excelsior*, αλλά είναι σημαντικό να διεξαχθεί εκτενέστερη έρευνα σχετικά με τις αναπαραγωγικές διαδικασίες των ειδών αυτών πριν την έκδοση επιστημονικών οδηγιών για τη διαχείριση των γενετικών πόρων.

Ο *Fraxinus ornus* διαφέρει από τα υπόλοιπα δύο είδη φράξου για το λόγο ότι έχει αρσενικά και ερμαφρόδιτα άνθη σε διαφορετικά δένδρα (Domme et al. 1999). Θεωρείται ότι είναι εντομογαμές είδος αλλά μπορεί λειτουργικά να είναι και ανεμογαμές και η διασπορά της γύρης να γίνεται τόσο με τον άνεμο όσο και με τα έντομα. Ο τύπος επικονίασης επηρεάζει το μέγεθος της γενετικής ποικιλότητας και επομένως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη συλλογή των σπόρων και όταν επιχειρείται βελτίωση.

Τα θέματα αυτά θα ερευνηθούν μέσω της μελέτης της βιολογίας της επικονίασης των τριών ειδών του φράξου, της φαινολογίας της ανθοφορίας και της καρποφορίας, συμπεριλαμβανομένου της επίδρασης της φαινολογίας στο σύστημα διασταύρωσης και στη γενετική δομή των πληθυσμών. Η έρευνα περιλαμβάνει επίσης την επίδραση της ποικιλότητας του γένους (τύπος ανθέων) στην ροή των γονιδίων, και στην κατανομή των πόρων μεταξύ βλαστητικής και αναπαραγωγικής αύξησης.

## Η προσαρμοστικότητα για φυσική αναγέννηση και οικολογική αποκατάσταση

Η ενότητα αυτή καλείται να απαντήσει στα εξής ερωτήματα:

- α) Σε ποια κλίμακα η τοπική προσαρμοστικότητα απαντά στα τρία είδη του φράξου, και πως σχετίζεται με τη γενετική, περιβαλλοντική και γεωγραφική απόσταση;
- β) Είναι η κλίμακα προσαρμοστικότητας που ερμηνεύεται από πειράματα κάτω από φυσικές συνθήκες παρόμοια με αυτή των φυτειών (πειράματα προελεύσεων);
- γ) Σε ποιο βαθμό οι υπάρχοντες οδηγίες για την προέλευση και πιστοποίηση του γενετικού υλικού και οι καθορισμένες ζώνες προέλευσης ανταποκρίνονται στην κλίμακα προσαρμοστικότητας;

Στην ενότητα αυτή θα προσδιορισθούν τα πλεονεκτήματα των τοπικών πηγών σπόρων (τοπική προσαρμοστικότητα) του *F. ornus*, *F. angustifolia* και *F. excelsior* με την εγκατάσταση ενός δικτύου οικολογικών πειραμάτων προελεύσεων (Barber 1966, Adams and Campbell 1981). Οι τοπικοί πληθυσμοί γενικά είναι επιθυμητοί τόσο για προστασία/διατήρηση της γενετικής ποικιλότητας όσο και για προγράμματα γενετικής βελτίωσης παρόλο που δεν έχει προσδιορισθούν πλήρως τα όρια της χρήσης του όρου 'τοπικός'. Η εμφανιζόμενη ευαισθητοποίηση σε ολόκληρη την Ευρώπη για αποκατάσταση και διαχείριση των δασών για περιβαλλοντικές ωφέλειες (Larsson et al. 2001) θέτει νέα κριτήρια επιλογής του αναπαραγωγικού υλικού. Στο παρελθόν η επιλογή πραγματοποιούνταν

για παραγωγικούς σκοπούς και βασίζονταν σε οικονομικά κριτήρια όπως μεγάλος βαθμός αύξησης, καλή μορφή και καλή ποιότητα ξυλείας. Αντίθετα, για την επιτυχή οικολογική αποκατάσταση απαιτούνται δένδρα με καλή αναπαραγωγική δύναμη, μεγάλο ποσοστό βιωσιμότητας του σπόρου και φυταρίων, ικανότητα να ανταγωνίζονται με επιτυχία τα άλλα είδη και πλαστικότητα στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Ο κύριος σκοπός της ενότητας αυτής είναι η διατύπωση οδηγιών σχετικά με τη συλλογή του γενετικού υλικού για φυσική αναγέννηση και οικολογική αποκατάσταση του φράξου στην Ευρώπη.

Τα αμοιβαία πειράματα μεταφύτευσης (σπόρων/φυταρίων), τα οποία εκτιμούν άμεσα την τοπική προσαρμογή στην περιβαλλοντική ετερογένεια εξετάζοντας την αύξηση, προσαρμογή και εξέλιξη των 'τοπικών' και των 'ξενικών' γενοτύπων (μέσα στις θέσεις από τις οποίες οι γενότυποι προέρχονται), θα χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη της προσαρμοστικής ποικιλότητας (McGraw 1987, Kindell et al. 1996). Τα συμβατικά πειράματα προελεύσεων στη δασοπονία, αδυνατούν να εκτιμήσουν την επιβίωση στο στάδιο του σπόρου/φυταρίου, οπότε υπάρχει και η μεγαλύτερη πιθανότητα απώλειας (θνησιμότητας), και επομένως η μεγαλύτερη ευκαιρία για φυσική επιλογή. Ένα δίκτυο πειραμάτων οικολογικών προελεύσεων θα εγκατασταθεί και θα μελετηθεί η επιβίωση, η αρχική αύξηση των σπόρων/φυταρίων και η αυξητική περίοδος, παράγοντες που είναι πολύ σημαντικοί για την επιτυχία της αποκατάστασης (Primack and Kang 1989). Η έκταση και η κλίμακα στην οποία η τοπική προσαρμοστικότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τα δένδρα, δεν έχει πλήρως εκτιμηθεί λόγω των λιγοστών σε αριθμό αμοιβαίων πειραμάτων μεταφύτευσης. Επειδή τα είδη του φράξου απαντώνται σε μια μεγάλη ποικιλία εδαφών και τοπικών περιβαλλόντων, είναι πολύ πιθανόν να είναι αποτέλεσμα τοπικής προσαρμοστικότητας.

## Αναμενόμενα αποτελέσματα

- Ανάπτυξη μοριακών δεικτών (SSR, cpDNA) για τη γενετική ανάλυση.
- Χαρακτηρισμός της γενετικής ποικιλότητας στο χώρο εξάπλωσης των τριών ειδών του φράξου.
- Προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την αναπαραγωγή, τη ροή γονιδίων και τη γενετική ποικιλότητα του φράξου.
- Προσδιορισμός της κλίμακας προσαρμοστικότητας στα πρώτα στάδια εγκατάστασης και εκτίμηση της μακρόχρονης εξέλιξης.
- Δημιουργία ενός δικτύου τελικών χρηστών και διεξαγωγή συναντήσεων.
- Δημιουργία ιστοσελίδας, δημοσιεύσεις, έκδοση πρακτικών οδηγιών και έκδοση βιβλίου.

## Βιβλιογραφία

- Adams, T. and R. K. Campbell. 1981. Genetic adaptation and seed source specificity. In Hobbs, D. Helgerson O. T. (eds.). Reforestation of skeletal soils: Proceeding of a workshop; 17-19/11/1981 Medford, OR. Corvallis, OR: forest Research Ladoratory, Oregon State University, 78-85.
- Augspurger, C. K. and K. Kitajima. 1992. Experimental seedling recruitment from contrasting seed distributions. *Ecology* 73: 1270-1284.
- Barber, H. N. 1966. Selection in natural populations. *Heredity* 20: 551-572.
- Barrett, S. C. H. and B. C. Husband. 1990. Variation in outcrossing rates in *Eichhornia paniculata*: The role of demographic and reproductive factors. *Plant Species Biology* 5: 41-55.

- Bena, G., J.M. Prosperi, B. Lejeune and I. Olivieti. 1998. Evolution of annual species of the genus *Medicago*: A molecular phylogenetic approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 9: 552-559.
- Binggeli, P. and A.J. Power. 1991. Gender variation in ash (*Fraxinus excelsior* L.) In Proceeding of the Irish Botanist Meeting, p 42. University College Dublin, Dublin.
- Domme, B., A. Geslot, J.D. Thompson, M. REille and N. Denelle. 1999. Androdioecy in the entomophilous tree *Fraxinus ornus* (Oleaceae). *New Phytologist* 143: 419-426.
- Ennos, R.A., R.Worrell and D. C. Malcolm. 1998. The genetic management of native species in Scotland. *Forestry* 71: 1-23.
- Goldstein, D.B. and C. Schötterer. 1999. *Microsatellites. Evolution and applications.* Oxford University Press, Oxford.
- Gyenova, F. 1993. Phenological and morphological studies of the inflorescences and flowers of Caucasian ash (*Fraxinus oxycarpa* Willd.). *Nauka za Gorata* 30 (1): 16-22.
- Harris, S.A. 1999. RAPDs in systematics – A useful methodology? In: *Advances in molecular systematics and plant evolution.* P M Hillingsworth, R M Bateman and R J Gornall (eds.). Taylor and Francis, London, 211-228.
- Kindell, C.E., A.A. Winn and T. E. Miller. 1996. The effects of surrounding vegetation and transplant age on the detection of local adaptation in the perennial grass *Aristida stricta*. *Journal of Ecology* 84: 745-754.
- Larsson, T. B., P. Angelston ... I. Spanos, K. Spanos, D. Trakolis. 2001. *Biodiversity Evaluation Tools for European Forests* (Coord. by Tor-Bjorn Larsson). *Ecological Bulletin* 50, 237 pp.
- May, R., J.A. Endler and R.E. McMurtrie. 1974. Gene frequency clines in the presence of selection opposed by gene flow. *American Naturalist* 109: 659-676.
- McGraw, J.B. 1987. Experimental ecology of *Dryas octopetala* ecotypes. *Oecologia* 73: 465-468.
- Primack, R. B. and H. Kang. 1989. Measuring fitness and natural selection in wild plant populations. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 20: 367-396.

## Ash for the future: defining European ash populations for conservation and regeneration

**K. A. Spanos and D. Milonas**

NA.GR.E.F – Forest Research Institute, 570 06 Vasilika,  
Thessaloniki, Greece  
E-mail: kspanos@fri.gr

### Summary

The research programme FRAXIGEN will strengthen the scientific basis for the sustainable conservation and regeneration of ash genetic resources in Europe through improved understanding of three native *Fraxinus* species. Genetic structure and gene flow among natural European populations, and the influence of the reproductive system will be studied in detail. This combined with trials to investigate the distances over which environmental adaptation occurs, will provide a rational basis for defining 'local' population (as required by EU directives) as well as insights into (a) the resilience of populations to global change, and (b) how anthropogenic selection has affected adaptive variation. Partners from northern and southern Europe will collaborate closely to deliver scientifically - based guidelines for defining provenances and selecting sustainable seed sources. Dissemination methods will include website and regular meetings with end users.

**Key words:** Genetic analysis, molecular markers, gene flow, reproductive system, ecological adaptation.