

Παραγωγή βιομάζας και τεχνικού ξύλου από φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων και δυνατότητες για ενεργειακή και χημική αξιοποίηση: μια σταθερή και ασφαλής επένδυση

Δρ Κων/νος Σπανός, Τακτικός Ερευνητής

Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Θεσσαλονίκης

Η παραγωγή βιομάζας από φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων - γνωστή ως εντατική δασοπονία μικρού και μέσου περιόδου χρόνου - έχει ερευνηθεί από τη δεκαετία του '60 και μπορεί να περιλαμβάνει φυτείες για παραγωγή προϊόντων ξύλου και φυτείες βιομάζας ή ενεργειακές φυτείες. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, μπορεί να γίνει με την εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών μεθόδων, όπως είναι η πυρόλυση, υδρολύση, μηχανική και χημική μετατροπή. Οι θερμοδικές τιμές ξύλου από φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας έχει αναφερθεί ότι κυμαίνονται μεταξύ 4,3 και 4,8 Kcal/g, το οποίο ισοδυναμεί περίπου με 27 βαρέλια πετρελαίου στο εκτάριο (Ha) ετησίως (1 Ha = 10 στρέμματα). Η βιομάζα από ταχυαυξή είδη (π.χ. λεύκες, ιτιές, παυλώνια, πλάτανος, ακακία, ευκάλυπτος, φράξος, φτελιά) αντιπροσωπεύει μία καθαρή πηγή ενέργειας και παράγει λιγότερες εκπομπές σε σύγκριση με τα περισσότερα συμβατικά στερεά καύσιμα. Η βιομάζα από δασοπονικές φυτείες αποτελεί μια σημαντική πηγή καυσίμου και μπορεί να χρησιμοποιείται αμιγής ή σε μίξη με τα στερεά καύσιμα (π.χ. λιγνίτης) για μείωση των ανεπιθύμητων αέριων εκπομπών.

Στις φυτείες μικρού (βιομηχανικές φυτείες) και μέσου περιόδου χρόνου, προελεύσεις, ποικιλίες ή κλώνοι ταχυαυξών δασοπονικών ειδών (π.χ. *Eucalyptus* spp., *Populus* spp., *Salix* spp., *Paulownia* spp., *Platanus* spp., *Alnus* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus* spp.) αυξάνουν σε πυκνούς φυτευτικούς συνδέσμους με κανονική κατανομή στο χώρο, που προσεγγίζουν περισσότερο τις γεωργικές καλλιέργειες. Τα δασοπονικά αυτά είδη έχουν πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η ταχυαύξεια, εύκολη αναπαραγωγή με μοσχεύματα, μεγάλη πρεμνοβλαστική ή ριζοβλαστική ικανότητα και ξύλο κατάλληλο για πολλές χρήσεις,

Η παραγωγή βιομάζας από φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, σπουδαιότεροι των οποίων είναι: 1) δασοπονικό είδος, 2) προέλευση, ποικιλία ή κλώνος, 3) φυτευτικός σύνδεσμος, 4) πειραματικός σχεδιασμός (αμιγείς ή μικτές φυτείες), 5) φυτευτικό



υλικό (δενδρούλια ή μοσχεύματα, τύπος και διαστάσεις μοσχευμάτων), 6) καλλιεργητικές φροντίδες (φρεζάρισμα, λίπανση, άρδευση, φυτοπροστασία, αραίωση), και 7) εδαφικές και κλιματικές συνθήκες. Η παραγωγή βιομάζας έχει αναφερθεί ότι ποικίλλει μεταξύ ειδών, ποικιλιών και κλώνων με μεγάλο εύρος παραγωγής (ξηρό βάρος) που μπορεί να κυμαίνεται από 8 έως 35 tn/ha/έτος, ανάλογα με τον αριθμό των δέντρων/ha, τις τοπικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Η στήριξη μέσω κινήτρων ή επιδοτήσεων είναι επίσης ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, ακόμη και όταν υπάρχει μεγάλο οικονομικό όφελος των δασοπονικών φυτειών μικρού και μέσου περιόδου χρόνου. Θα πρέπει να βασίζεται σε ένα εθνικό/περιφερειακό ορθολογικό σύστημα επιδοτήσεων (με βάση την απόδοση προϊόντος και όχι τη χωρική επιφάνεια, όπως γινόταν και συχνά γίνεται μέχρι σήμερα), και δεν πρέπει ο παραγωγός/επενδυτής να βασίζεται μόνο σε αυτή. Οικονομικοί και άλλοι γραφειοκρατικοί περιορισμοί που σχετίζονται με την αλλαγή χρήσης γης θα πρέπει να απλοποιηθούν, μελέτες βιωσιμότητας πρέπει να ενισχυθούν και τεχνικές συμβουλές πρέπει να είναι διαθέσιμες στους αγρότες και επιχειρηματίες επενδυτές.

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται μια γενική ανασκόπηση και τεχνική ανάλυση των φυτειών ταχυαυξών δασικών δέντρων (δασοπονία μικρού και μέσου περιόδου χρόνου) και οι δυνατότητες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και χημικά, βασισμένη σε ερευνητική εμπειρία, επιστημονικά δεδομένα και εθνικές και διεθνείς βιβλιογραφικές αναφορές.

Η επιστημονική θεώρηση

Όλα τα δέντρα έχουν C3 φωτοσύνθεση (τύπος/μηχανισμός φωτοσύνθεσης). Οι μέγιστες φωτοσυνθετικές τιμές των φύλλων φυλλοβόλων δέντρων είναι περίπου ίσες με αυτές των φύλλων των αγροτικών καλλιεργειών. Η εκτίμηση της παραγωγής βιομάζας θα πρέπει, εκτός από τις στατιστικές και μαθηματικές μεθόδους (διάφορα αυξητικά μοντέλα), να βασίζεται στη χρήση της «ανάλυσης χρήσης φωτός», όπου η παραγωγή ξύλου/βιομάζας ερμηνεύεται από το ποσοστό φωτός που συλλαμβάνεται (απορροφάται) από την κομοστέγη της φυτείας, την αποτελεσματικότητα χρήσης του φωτός (καθαρή αναπνοή), το ποσοστό των προϊόντων αφομοίωσης που συμμετέχουν στο σχηματισμό ξύλου/ιστών και τις απώλειες λόγω θνησιμότητας.

Η παραγωγή ξυλώδους βιομάζας μπορεί να αυξηθεί με τη χρήση ταχυαυξών πλατύφυλλων δασικών ειδών και δασοκομικές μεθόδους, οι οποίες δημιουργούν γρήγορο κλείσιμο της κομοστέγης, δείκτη φυλλικής επιφάνειας (φυλ. επιφ./επιφ. εδάφους που καλύπτεται) γύρω στο 6, πρόωμη έκπτυξη φύλλων την άνοιξη (π.χ. Μάρτιος) και ισχυρή ανάπτυξη μετά από αποφυλλωτικές υλοτομίες. Ταχυαυξη πλατύφυλλα είδη σε νεαρό στάδιο, έχουν αποτελεσματικότητα χρήσης φωτός παρόμοια με αυτή των γεωργικών καλλιεργειών. Τα πλατύφυλλα είδη τα οποία πρεμνοβλαστώνουν εύκολα (π.χ. *Populus* spp., *Paulownia* spp., *Salix* spp., *Eucalyptus* spp., *Platanus* spp., *Fraxinus* spp.) πρέπει να προτιμούνται στις φυτείες μικρού περιόδου χρόνου. Τα κωνοφόρα είδη δημιουργούν πολύ αποδοτικές κομοστέγες, αλλά τα περισσότερα είδη χρειάζονται μεγάλο χρονικό διάστημα για να αναπτύξουν κλειστές κομοστέγες.

Το θέμα της λίπανσης των φυτειών είναι σχετικό. Τα θρεπτικά στοιχεία χρειάζονται για αντικατάσταση των απωλειών από την υλοτομία, για αύξηση της συγκόμωσης, διατήρηση υψηλού δείκτη φυλλικής επιφάνειας, υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης φωτός και χαμηλή σχέση ρίζας/βλαστού (ξηρό βάρος). Ο άριστος φυτευτικός σύνδεσμος για μεγιστοποίηση της παραγωγής βιομάζας είναι εκείνος που απαιτείται για να φθάσουμε στο σημείο της αυτο-αραίωσης με το τέλος του περιόδου χρόνου (χρόνος υλοτομίας). Αυτό βέβαια εξαρτάται από τον αριθμό των κορμών ανά δέντρο, τον ατομικό βαθμό αύξησης και το χρόνο περιφοράς (υλοτομίας). Ο άριστος χρόνος περιφοράς - για φυτείες μικρού περιόδου χρόνου - διαφέρει μεταξύ των ειδών και των θέσεων των φυτειών. Πρόσφατες μελέτες στην Ευρώπη και Β. Αμερική προτείνουν περιόδους χρόνου των 5-15 ετών, αντί των 2-4 ετών (για τα περισσότερα πλα-



Πιλοτική φυτεία παυλώνιας στο πρώτο στάδιο εγκατάστασης για παραγωγή βιομάζας και τεχνικής ξυλείας (Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών).

τύφυλλα είδη) για διάφορους λόγους, όπως επεξηγούνται στις παρακάτω ενότητες.

Επιλογή και γενετική βελτίωση

Το γενετικό υλικό που χρησιμοποιείται στις φυτείες ταχυαυξών πλατύφυλλων δασικών δέντρων θα πρέπει γενικά να έχει τις παρακάτω επιθυμητές ιδιότητες: υψηλή παραγωγή βιομάζας, εξαιρετικά ταχεία νεανική αύξηση, υψηλή πρεμνοβλαστική ικανότητα - ακόμη και μετά από κάποιους κύκλους περιφοράς, χαμηλό ποσοστό θνησιμότητας, λόγω της δυσκολίας ή ακόμη και μη δυνατότητας αντικατάστασης των φυτών που απέτυχαν, υψηλή ανθεκτικότητα σε βιοτικές προσβολές (έντομα, μύκητες, βακτηρία) σε στενούς φυτευτικούς συνδέσμους και καλή προσαρμογή σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα. Επιπρόσθετα, ιδιότητες όπως το μήκος των ινών και η πυκνότητα ξύλου είναι σημαντικές, όταν η βιομάζα παράγεται για σκοπούς άλλους εκτός από την ενέργεια (π.χ. για χαρτοπολτό, ινοσανίδες).

Η επιλογή είναι το πρώτο βήμα στη γενετική βελτίωση. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια λίστα των σημαντικότερων ειδών που χρησιμοποιούνται στις φυτείες ταχυαυξών δασικών δέντρων (μικρού και μέσου περιόδου χρόνου) στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.

Τα πιο ενδιαφέροντα είδη είναι οι λεύκες, είδη παυλώνιας, πλατάνια, είδη ευκαλύπτου, ιτιές και ο στενόφυλος φράξος. Η βελτίωση στη δασοπονία μικρού και μέσου περιόδου χρόνου χρησιμοποιεί τις ίδιες μεθόδους επιλογής, όπως και στην κανονική δασοπονία: συγκέντρωση ενός βασικού πληθυσμού μέσω μιας επιλογής ειδών, τα οποία εκπληρώνουν το σκοπό παραγωγής (δασική βιομάζα, τεχνική ξυλεία), επιλογή ενός βασικού πληθυσμού του επιλεγμένου γένους/είδους, δοκιμές προσαρμογής, μελέτη της ποιικιλότητας μέσα στο είδος, επιλογή του καλύτερου πληθυσμού,

επιλογή κλώνων, μελέτη πιθανού υβριδισμού μεταξύ των επιλεγμένων ειδών και βλαστητική αναπαραγωγή για εξασφάλιση του γενετικού κέρδους.

Τα είδη παυλώνιας (*Paulownia* spp.) είναι φυλλοβόλα δέντρα, αναπτύσσονται πολύ γρήγορα απαιτούν ελάχιστη φροντίδα και το αρχικό κόστος εγκατάστασής τους είναι σχετικά μικρό. Είναι ταχυαυξη είδη δέντρων, έχουν την ικανότητα να πρεμνοβλαστάνουν και συνεπώς είναι κατάλληλα για χρήση σε ενεργειακές φυτείες καθώς και για γρήγορη παραγωγή τεχνητής ξυλείας. Το ξύλο των ειδών παυλώνιας, παρόλο που είναι ελαφρύ (πυκνότητα 0,30 - 0,35 g/cm³ - σε αντίθεση με άλλα πλατύφυλλα π.χ φράξος πυκν. 0,70 - 0,75 g/cm³), έχει πολύτιμες φυσικές και μηχανικές ιδιότητες με ευρεία χρήση εφαρμογής.

Περίπου 50 είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus* spp.) έχουν χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη (ως επί το πλείστον στις μεσογειακές χώρες) στην κανονική δασοπονία (για αναδασώσεις) και για παραγωγή δασικής βιομάζας, αλλά μέχρι τώρα τα πιο σημαντικά είδη είναι ο *E. globulus*, *E. rostrata*, *E. gomphocephala* και *E. viminalis*. Ωστόσο, η γενετική βάση τους (σε πολλές περιπτώσεις) είναι υπερβολικά στενή και επομένως η στρατηγική επιλογής θα πρέπει να περιλάβει επί πλέον γενετικό υλικό από ιθαγενείς φυσικούς πληθυσμούς στο εξωτερικό (Αυστραλία, Τασμανία). Επιπλέον, η επιλογή θα πρέπει να περιλαμβάνει και είδη ή κλώνους διαφόρων ειδών, τα οποία παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. *E. globulus*, *E. gunnii*, *E. viminalis*, *E. nitens*).

Οι λεύκες (*Populus* spp.) αποτελούν τα πιο σημαντικά είδη για τις φυτείες μικρού περιόδου χρόνου, για το λόγο ότι έχουν τη δυνατότητα να αυξάνουν και να επιβιώνουν σε ένα μεγάλο εύρος από περιβάλλοντα (θέσεις). Ακόμη και στις μεσογειακές χώρες, όπου το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής είναι πολύ ξηρό ή φτωχό (μη γόνιμο) για τις φυτείες λεύκης, εντούτοις υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες εκτάσεις για ανάπτυξη της λευκο-καλλιέργειας - π.χ. αναχώματα ποταμών, προσωρινά κατακλιζόμενες, πεδινές και γεωργικές με δυνατότητα άρδευσης, εκτάσεις κοντά σε λίμνες και λιμνάζοντα εδάφη, ρέματα με συνεχή ροή, άλλα πεδινά εδάφη με υψηλό επίπεδο στάθμης (1-2 m) υπόγειων υδάτων. Συμπερασματικά, οι λεύκες (*Populus* spp.) μπορούν να χρησιμοποιούνται στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης.

Τα είδη ιτιάς (*Salix* spp.) είναι πολύ σημαντικά για διάφορες χρήσεις (κανοξυλα, βιομάζα, χαρτί, καθαθοπλεκτική, ζωοτροφή) για πολλές χώρες όπως Γερμανία, Ιρλανδία, Βρετανία, Σουηδία, Βαλκανικές χώρες, Καναδάς, ΗΠΑ, Νέα Ζηλανδία, καθώς επίσης τελευταία και στην Ελλάδα. Στη Βρετανία έχει γίνει επιλογή πάνω από 500 κλώνους ιτιάς και η συλλογή εμπλουτίζεται με επιλεγμένους κλώνους από άλλες ευρωπαϊκές χώρες (Βέλγιο, Ολλανδία, Σουηδία, Βαλκανικές χώρες). Η επιλογή στοχεύει στην ανάπτυξη και παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού κλώνων ιτιάς, προσαρμοσμένων σε διάφορα τοπικά περιβάλλοντα,

Πίνακας 1. Πλατύφυλλα ταχυαυξη και μέτρια ταχυαυξη δασοπονικά είδη κατάλληλα για φυτείες μικρού και μέσου περιόδου χρόνου.

ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΟ ΕΙΔΟΣ	
Μικρού περιόδου χρόνου (<20 έτη) - κατάλληλα για βιομάζα & τεχνητή ξυλεία	
<i>Eucalyptus</i> spp. (ευκαλύπτος)**	<i>Paulownia</i> spp. (<i>P. tomentosa</i> , <i>P. elongata</i> , <i>P. fortunei</i>) (Παυλώνια) **
<i>Populus</i> spp. (λεύκη) **	<i>Salix</i> spp. (ιτιά) **
Είδη που συνδυάζουν μικρό (<20 έτη) και μέσο περίοδο χρόνου (30-60 έτη) (ανάλογα με το σκοπό της φυτείας) - κατάλληλα για βιομάζα & τεχνητή ξυλεία	
<i>Acacia</i> spp. (ακακία)*	<i>x Platanus acerifolia</i> (πλάτανος/υβρίδιο) **
<i>Acer</i> spp. (<i>Acer negundo</i>) (σφένδαμος) (?)*	<i>Platanus occidentalis</i> (πλάτανος ο δυτικός) **
<i>Alnus</i> spp. (σκληθρο)*	<i>Platanus orientalis</i> (πλάτανος ο ανατολικός)**
<i>Fraxinus angustifolia</i> ** , <i>F. ornus</i> (φράξος) **	<i>Robinia pseudoacacia</i> (ψευδακακία) (?) **
<i>Morus</i> spp. (μουριά) **	<i>Sophora japonica</i> (σοφόρα)*
<i>Corylus</i> spp. (φουντουκιά)**	<i>Celtis australis</i> (κελτίς)*
<i>Carpinus betulus</i> **	<i>Tilia</i> spp. (φλαμουριά)*
Μέσου περιόδου χρόνου (30-60 έτη) - κατάλληλα για πολύτιμη τεχνητή ξυλεία	
<i>Castanea sativa</i> (καστανιά)** (✓)	<i>Betula pendula</i> (σημιδά)*
<i>Juglans regia</i> (καρυδιά)** (✓)	<i>Quercus</i> spp. (δρυς)** (✓)
<i>Juglans nigra</i> (καρυδιά η μαύρη)** (✓)	<i>Acer</i> spp. (<i>A. platanoides</i> , <i>A. pseudoplatanus</i>)**
<i>Prunus avium</i> (αγριοκερασιά)** (✓)	<i>Ulmus</i> spp. (φτελιά)** (ανθεκτικά στην Ολλανδική ασθένεια είδη και κλώνοι)
<i>Carya</i> spp. (Κάρνα)* (✓)	

? τα είδη δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν εναλλακτικές επιλογές, για το λόγο ότι εύκολα μπορούν να γίνουν ξιζάνια κάτω από ειδικές συνθήκες.

*Μέτρια σημαντικά, ** τα πιο σημαντικά για την Ελλάδα, (✓) συνδυασμός με παραγωγή καρπών.

με μεγάλη αύξηση και υψηλή πρεμνοβλαστική ικανότητα.

Ο στενόφυλος φράξος (*Fraxinus angustifolia*), τα πλατάνια (*Platanus orientalis*, *P. occidentalis*, *x Platanus acerifolia*), η φτελιά (*Ulmus* spp.), ο γάυρος (*Carpinus* spp.), ο σφένδαμος (*Acer* spp.), η φουντουκιά (*Corylus* spp.) και η σοφόρα (*Sophora japonica*) είναι επίσης μέτρια ταχυαυξη πλατύφυλλα δέντρα, αλλά μπορούν να συνδυάζουν την παραγω-

γή βιομάζας, καυσόξυλων και τεχνικού ξύλου (ανάλογα με τις συνθήκες και το φυτευτικό σύνδεσμο). Δεν έχουν ιδιαίτερες εδαφικές απαιτήσεις, ευνοούνται όμως σε χαλαρά, υγρά, αμμο-πηλώδη και αμμο-αργιλώδη εδάφη στα πεδινά και ημιορεινά (πολλές φορές και στα ορεινά).

Η χρήση της ψευδακακίας (*Robinia pseudoacacia*) (για βιομάζα, καυσόξυλα, τεχνική ξυλεία) είναι επίσης ενδιαφέρουσα λόγω της ικανότητάς της να δεσμεύει άζωτο (όπως και η σοφόρα) και των μετρίων απαιτήσεών της σε έδαφος και υγρασία. Ωστόσο, θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη ότι το είδος μπορεί να καταλήξει σε ζιζάνιο, λόγω της υψηλής ριζοβλαστικής ικανότητας και της επικράτησης/κυριαρχίας της κάτω από ειδικές συνθήκες (σε πλούσια, βαθιά, χαλαρά και υγρά εδάφη - συνήθως σε ρέματα & αναχώματα ποταμών, όπου εκτοπίζει τα ιθαγενή είδη).

Τέλος, πολύτιμα είδη όπως η καστανιά (*Castanea sativa*), η βασιλική καρυδιά (*Juglans regia*), η μαύρη καρυδιά (*Juglans nigra*), η κάρυα (*Carya* spp. – Pecan/Hickory), είδη δρυός (*Quercus robur*, *Q. borealis/rubra*), η αγριο-κερασιά (*Prunus avium*), ο σφένδαμος (*Acer* spp.) και η φτελιά [*Ulmus* spp. - ανθεκτικά στην ολλανδική ασθένεια (*Ophiostoma ulmi*) είδη και κλώνοι] είναι μέτρια ταχυνυξή ευγενή πλατύφυλλα και μπορούν να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πολύτιμης τεχνικής ξυλείας - και πολλά εξ αυτών να συνδυάζουν και την παραγωγή καρπών - σε ορεινές & ημι-ορεινές περιοχές (>400-500 m) (σε χαλαρά, υγρά, σχετικά πλούσια εδάφη). Η καρυδιά, η φτελιά και η δρυς η ποδισκοφόρος (*Quercus robur*) ενδείκνυνται και για πεδινές περιοχές με πλούσια, χαλαρά έως μέτρια βαριά εδάφη και με επάρκεια νερού τη θερινή περίοδο.

Επιλογή των θέσεων – Εγκατάσταση φυτειών - Οικονομικότητα

Η επιλογή των θέσεων για φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας θα πρέπει να βασίζεται στα παρακάτω κριτήρια:

- Οι θέσεις πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε μια υψηλή απόδοση παραγωγής τουλάχιστον 20-30 tn (τόνοι) /ha/έτος (ξηρή βιομάζα) να επιτυγχάνεται. Ωστόσο, θα πρέπει να έχουμε υπόψη, ότι τα διαφορετικά είδη διαφέρουν το ένα από το άλλο στις απαιτήσεις.
- Οι φυτείες παραγωγής βιομάζας θα πρέπει να εγκαθίστανται σε σχετικά επίπεδα εδάφη για να είναι δυνατή η χρήση μηχανημάτων για τις εργασίες της καλλιέργειας, των αραιώσεων/κλάδευσης και της τελικής υλοτομίας/θερισμού.
- Η έκταση μιας φυτείας θα πρέπει να καθορίζεται από το σκοπό της ίδρυσής της. Ένας ιδιοκτήτης για δική του χρήση (π.χ. οικιακή ενέργεια) μπορεί να αρκείται σε μια έκταση 1-2 ha (10-20 στρεμ.), αλλά η παραγωγή βιομάζας εμπορικής κλίμακας σπάνια θα αποδώσει κέρδος, όταν η φυτεία είναι μικρότερη των 10 ha (100 στρεμ.).
- Θα πρέπει να επιλέγονται θέσεις που απαιτούν λίγη ή καθόλου στράγγιση και άρδευση, για το λόγο ότι οι εργασίες αυτές συνήθως έχουν υψηλό κόστος.

Η προετοιμασία της θέσης και οι καλλιεργητικοί χειρισμοί πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένους κανόνες, διαφορετικά η παραγωγή βιομάζας δεν θα είναι οικονομικά βιώσιμη. Τα κύρια σημεία - κανόνες που χρειάζονται προσοχή περιγράφονται παρακάτω: 1) να γίνεται περίφραξη για προστασία της φυτείας από οικόσιτα και άγρια ζώα (πολύ σημαντικό για την Ελλάδα), 2) να γίνεται αποστράγγιση ή άρδευση, όταν χρειάζεται, 3) να γίνεται απομάκρυνση των πρέμων δέντρων - επειδή αυτό ανεβάζει το κόστος - θέσεις χωρίς πρέμνα (π.χ. προηγούμενα γεωργικές εκτάσεις) θα πρέπει να προτιμούνται, 4) να γίνεται έλεγχος των ζιζανίων (συνιστάται μηχανικά) σε όλα τα στάδια και συνήθως πρέπει να αρχίζει το καλοκαίρι πριν από τη φύτευση, 5) όλα τα είδη, και ειδικότερα τα γενετικά βελτιωμένα φυτά, ευνοούνται από το όργωμα και την καλλιέργεια (φρεζάρισμα) του εδάφους ακόμη και όταν το έδαφος είναι ελαφρύ και έχει χαλαρή δομή, και 6) η χρήση των χλοοκοπτικών, αντί της μηχανικής καλλιέργειας, μπορεί να χρησιμοποιείται εναλλακτικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει σοβαρός κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους, εναλλακτικά επίσης, σε αραιούς φυτευτικούς συνδέσμους, ο έλεγχος των ζιζανίων μπορεί να γίνεται σε συνδυασμό με γεωργικές καλλιέργειες (π.χ. αγρωστώδη/ψυχανθή).

Η προστασία από ασθένειες και προσβολές εντόμων είναι πιο δύσκολη στις φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας σε σχέση με την κανονική δασοπονία. Σε υψηλές πυκνότητες, κάποια είδη μυκήτων και εντόμων ευνοούνται από τον κακό αερισμό και την υψηλή υγρασία. Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται περιγράφονται παρακάτω: α) επιλογή φυτευτικού υλικού ανθεκτικού σε ασθένειες, β) αποφυγή της μονοκαλλιέργειας (ένα είδος ή ένας κλώνος) σε μεγάλες εκτάσεις (εμπορική πολιτική που προωθούν πολλοί ιδιώτες φυτωρίων). Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται ένα μείγμα ανθεκτικών ειδών και κλώνων ή η έκταση της φυτείας να διαιρείται σε μικρά τεμάχια (plots) και το καθένα να φυτεύεται με διαφορετικό είδος ή κλώνο (μονοκαλλιέργεια μικρής κλίμακας), γ) χειρισμός των πρέμων (μετά την υλοτομία) με μυκητοκτόνα ή βιολογικά παρασκευάσματα για αποφυγή της προσβολής από ξυλο-σηπτικούς μύκητες, εναλλακτική λύση είναι η μηχανική απομάκρυνση των πρέμων, και δ) επαρκής χώρος μεταξύ των γραμμών για να επιτρέπεται η είσοδος των μηχανημάτων για έλεγχο των ζιζανίων.

Η επιλογή του γενετικού υλικού και η σωστή φύτευση είναι σημαντικοί παράγοντες, διότι η ταχεία αύξηση σε νεαρό στάδιο και το μικρό ποσοστό απωλειών είναι ουσιαστικά για την επιτυχία της φυτείας. Ο φυτευτικός σύνδεσμος και ο χρόνος περιφοράς πρέπει να προσχεδιάζονται, γιατί σχετίζονται με το βαθμό αύξησης των φυτών, τη μέθοδο υλοτομίας/θερισμού και το είδος των παραγόμενων προϊόντων. Για την παραγωγή ξυλοπολτού, χαμηλές φυτευτικές πυκνότητες των 1.000 - 2.500 φυτών/ha (ή 100 - 250 φυτά το στρέμμα) και χρόνο περιφοράς 8-14 έτη συνήθως προτιμούνται. Οι αραιοί φυτευτικοί σύνδεσμοι (χαμηλές φυτευτικές πυκνότητες) μειώνουν το κόστος εγκατάστασης, η παραγόμενη

Ξυλώδης βιομάζα περιέχει μικρότερο ποσοστό φλοιού σε σύγκριση με αυτή των στενών φυτευτικών συνδέσμων, και συνήθως έχουν χαμηλότερο κόστος υλοτομίας/θερισμού. Για την παραγωγή βιομάζας για ενέργεια, οι φυτευτικές πυκνότητες είναι γενικά υψηλότερες (4.000 – 10.000 φυτά/ha) (ή 400 – 1.000 φυτά/στρέμμα) και έχουν μικρότερο χρόνο περιφοράς (4-6 έτη). Πολύ μικροί περίτροποι χρόνοι (1-3 έτη) – π.χ. σε είδη και κλώνους ιτιάς - έχουν προταθεί (στο παρελθόν) για την παραγωγή βιομάζας για ενέργεια, αλλά η προσέγγιση αυτή είναι συζητήσιμη για διάφορους λόγους, όπως: οι μηχανές υλοτομίας/θερισμού (harvesters) θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλες και δαπανηρές σε σχέση με το μέγεθος των περισσότερων φυτειών (και ειδικά στη χώρα μας), το κόστος εγκατάστασης θα είναι υψηλό, και ο χειρισμός - αποθήκευση - ξήρανση των παραγόμενων προϊόντων θα κοστίζουν πιο ακριβά σε σύγκριση με τα προϊόντα μεγαλύτερων χρόνων περιφοράς.

Τέλος, από σχετικές οικονομικο-τεχνικές μελέτες του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών, με τις σημερινές οικονομικές συνθήκες, το κόστος αγοράς γης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 300 - 500 €/στρέμμα και στην περίπτωση της ενοικίασης (τουλάχιστον 10-ετής) τα 30-50 €/στρέμμα/έτος για να είναι οικονομικά αποδεκτή η επένδυση. Παράλληλα, η μέση χονδρική τιμή πώλησης της ξυλώδους βιομάζας δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 50€/tn (ξηρό βάρος) και της τεχνικής ξυλείας (πολύτιμη στορογγύλη ξυλεία) τα 200-300 €/m³ για να είναι κερδοφόρα η επένδυση.

Υλοτομία, ξήρανση, αποθήκευση και μεταφορά της βιομάζας

Η επιλογή του εξοπλισμού και των μεθόδων εργασίας για υλοτομία/θερισμό των φυτειών δασοπονίας μικρού και μέσου περίτροπου χρόνου και το σχετικό κόστος, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες με σημαντικότερους τους παρακάτω: 1) την επιλογή του είδους και τους δασοκομικούς χειρισμούς που θα εφαρμοστούν, 2) τον τύπο της παραγωγής που σχεδιάζεται, σύμφωνα με το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων προϊόντων κατά το χρόνο υλοτομίας, 3) την τελική χρήση των προϊόντων: χαρτοπολτός, βιομάζα (ενέργεια, χημική χρήση) ή συνδυασμός των δύο, και 4) την κλίμακα της παραγωγής - εφοδιασμός μεγάλων καταναλωτών ή παραγωγή μικρής κλίμακας.

Στην περίπτωση υψηλής αξίας της ιστάμενης ξυλείας, όπως αναμένεται, η συνολική βιομάζα θα υλοτομηθεί για παραγωγή στορόγγυλης ξυλείας και σε συνδυασμό για παραγωγή ξυλο-τεμαχιδίων (wood chips). Οι φυτείες παραγωγής βιομάζας για ξυλοπολτό προορίζονται για τις βιομηχανίες παραγωγής ξυλο-πλακών (π.χ. ινοσανίδες, άλλα προϊόντα με βάση το ξύλο) και τις χαρτοβιομηχανίες. Η παραγωγή αυτού του είδους φυτειών περιλαμβάνει μεγάλους κορμούς που τεμαχίζονται σε μικρότερα τεμάχια. Οι κορυφές και τα υπολείμματα της υλοτομίας μετατρέπονται σε ξυλο-τεμαχίδια για παραγωγή ενέργειας ή άλλες χρήσεις (π.χ. κομπόστα, χημική αξιοποίηση, ζωοτροφή, βιοκαύσιμα).

Στην περίπτωση της βιομάζας για ενεργειακή χρήση (περίτροπος χρόνος 3-6 έτη) παράγονται κορμοί μικρότερων διαστάσεων, οι οποίοι τεμαχίζονται εξ ολοκλήρου σε ξυλο-τεμαχίδια.

Το κόστος (τρέχουσες τιμές) υλοτομίας/θερισμού-συλλογής κυμαίνεται από 30-35 €/ξηρό τόνο (μερικώς μηχανοποιημένες εργασίες) έως 20-25 €/ξηρό τόνο (πλήρως μηχανοποιημένες εργασίες). Δύο μέθοδοι/διαδικασίες υλοτομίας (θερισμού) προτείνονται: α) υλοτομία/θερισμός-συλλογή από τους ίδιους τους παραγωγούς, με χειροκίνητα εργαλεία και ελαφρύ μηχανικό εξοπλισμό προσαρμοσμένο σε γεωργικούς ελκυστήρες, και β) ανάθεση των εργασιών (υλοτομίας/θερισμού-συλλογή) σε εργολάβους ανάδοχους (η συνεταιρισμό των παραγωγών) που μπορούν να εφοδιάζονται με μεγάλα και ισχυρά μηχανήματα για μεγάλες εκτάσεις.

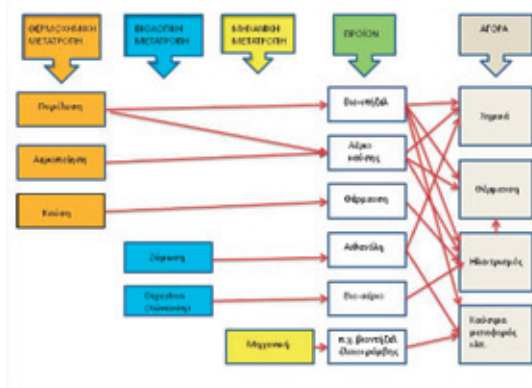
Η ξήρανση και αποθήκευση της βιομάζας είναι εργασίες που συνδέονται μεταξύ τους. Δύο εναλλακτικές συνήθως εφαρμόζονται: 1) απλή αποθήκευση στην ύπαιθρο των ξυλο-τεμαχιδίων σε σωρούς (με κάλυψη ή χωρίς) διαφορετικών μορφών και διαστάσεων και ενδεχομένως με εφαρμογή/εγκατάσταση ενός απλού συστήματος αερισμού, και 2) προηγμένες μέθοδοι αποθήκευσης στις οποίες τα ξυλο-τεμαχίδια αποθηκεύονται σε σιλό ή αποθήκες με στέγη, που συνήθως βρίσκονται κοντά σε εγκαταστάσεις κατανάλωσης της βιομάζας (για ενέργεια ή άλλη βιομηχανική χρήση). Η μεταφορά της δασικής βιομάζας οδικώς (με οχήματα) στα κέντρα κατανάλωσης, σύμφωνα με τα διεθνή δεδομένα, είναι γενικά λιγότερο δαπανηρή και πιο εύκολη σε σχέση με άλλα μέσα (π.χ. τρένο).

Τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας και χημικών

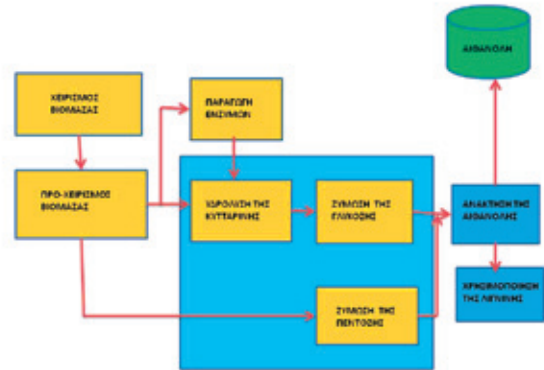
Οι βασικές τεχνολογικές μέθοδοι μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και χημικά είναι οι εξής:

- Η θερμοχημική: περιλαμβάνει θερμοχημικές διαδικασίες, πυρόλυση και αεριοποίηση, ρευστοποίηση (υγροποίηση), υδρολύση και χημική επεξεργασία.
- Η βιολογική: αναφέρεται στην ενζυμική μετατροπή με διαδικασίες, όπως η ζύμωση (fermentation) και η χώνευση (digestion). Η ενζυμική μετατροπή γίνεται με την παρουσία εξειδικευμένων μικροοργανισμών (βακτήρια και μύκητες).
- Η μηχανική: αναφέρεται στη μετατροπή με μηχανικές μεθόδους (όπως τεμαχισμός, σύνθλιψη, υψηλή πίεση).

Η πυρόλυση (pyrolysis) και η αεριοποίηση (gasification) αποτελούν μέρος της διαδικασίας της θερμικής καύσης. Η πυρόλυση (καταστρεπτική απόσπαση) γίνεται σε θερμοκρασία κάτω των 600 °C, απουσία οξυγόνου, παράγει κάρβουνο και ένα πτητικό μείγμα. Το κάρβουνο που παράγεται με τη μέθοδο αυτή αποτελεί μια σημαντική πηγή καυσίμου. Το πτητικό μείγμα μπορεί να χωρισθεί στα συμπυκνωμένα ρευστά (πυρολιγνικό οξύ, πίσσα ξύλου, ακετόνη, οξικό οξύ, μεθυλική αλκοόλη) και στα μη συμπυκνωμένα αέρια (CO₂, CO, H₂, CH₄).



Βασικές μέθοδοι και διαδικασίες μετατροπής της βιομάζας σε ενέργεια και χημικά.



Ενζυμική υδρολύση της βιομάζας για παραγωγή βιο-αιθανόλης.

Η αεριοποίηση της βιομάζας επιτυγχάνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες (>600 °C) απ' ό,τι η πυρόλυση και παρουσία οξυγόνου. Το μείγμα που παράγεται κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης είναι κύρια μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και υδρογόνο (H₂), αλλά και άλλα αέρια, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), άζωτο (N) και επίσης υδρατμοί. Το παραγόμενο αέριο μείγμα (gasogen, ή χαμηλό Btu-αέριο) μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας ως καύσιμο σε οχήματα ή να αναβαθμισθεί σε ένα αέριο μείγμα (που περιέχει μόνο CO και H₂) και κατόπιν να μετατραπεί σε αμμωνία, μεθυλική αλκοόλη ή μεθάνιο.

Ρευστοποίηση (liquefaction) είναι η θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας σε ρευστό καύσιμο. Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, η μεθανόλη μπορεί να παραχθεί από το συνθετικό αέριο. Η μεθανόλη μπορεί στη συνέχεια να μετατραπεί σε υγρό καύσιμο. Η προσέγγιση αυτή ονομάζεται «έμμεση» ρευστοποίηση. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις η ρευστοποίηση αναφέρεται στη παραγωγή υγρού καύσιμου (γνωστό ως «πρωτο-προϊόν») απ' ευθείας από τη φυτική βιομάζα.

Κατά τη μέθοδο της υδρολύσης το ξύλο διαχωρίζεται στα τρία κύρια συστατικά του, την κυτταρίνη, τις ημι-κυτταρίνες και τη λιγνίνη. Κάθε συστατικό μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμα χημικά, ενέργεια και τροφή. Η υδρολύση είναι η επιλογική μετατροπή των συστατικών υδρογονανθράκων του ξύλου στα συστατικά τους σάκχαρα. Η αυτο-υδρολύση είναι μια εξειδικευμένη μορφή προ-μεταχείρισης, στην οποία υψηλής πίεσης ατμός ή έκρηξη ατμού χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των ημι-κυτταρινών και της λιγνίνης από την κυτταρίνη. Η διαδικασία ατμού παράγει κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνες, οι οποίες εν μέρει είναι υδρολυμένες και μικρού μοριακού βάρους συνθετικών λιγνίνης. Η κυτταρίνη στη συνέχεια μπορεί να αποδομηθεί από μικρο-οργανισμούς και να μετατραπεί σε αιθανόλη. Στην υδρολύση με οξέα, χρησιμοποιείται, είτε υδροχλωρικό, είτε θειικό οξύ. Η υδρολύση με οξέα είναι μία από τις παλαιότερες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας σε χημικά και έχει

το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμόζεται στα περισσότερα είδη ξύλου. Η ενζυμική υδρολύση είναι η βιολογική/βιοτεχνολογική μέθοδος μετατροπής της κυτταρίνης σε γλυκόζη και κατόπιν σε αιθυλική αλκοόλη. Τα ένζυμα για αυτή τη διαδικασία παράγονται από επιλεγμένα στελέχη ξυλοσηπτικών μυκήτων και βακτηρίων.

Ο καλύτερος τρόπος χημικής μετατροπής είναι ο διαχωρισμός του ξύλου στα τρία κύρια χημικά συστατικά του, κυτταρίνη, ημι-κυτταρίνες και λιγνίνη. Η κυτταρίνη εκτός από την παραγωγή υλικών, όπως γλυκόζη, πρωτεΐνη κ.ά., έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης και άλλων χημικών. Η αιθυλική αλκοόλη επίσης αποτελεί το ενδιάμεσο για άλλα βιομηχανικά χημικά, όπως το αιθυλένιο και το βουταδιένιο. Το αιθυλένιο, το βουταδιένιο και οι φαινόλες (από λιγνίνη) αποτελούν τη βάση για συνθετικά πολυμερή. Άλλα χημικά όπως D-ξυλόζη, ξυλιτόλη και φουρουροράλη μπορούν να παραχθούν από τις ημι-κυτταρίνες. Φαινόλες και άλλα αρωματικά σύνθετα μπορούν επίσης να παραχθούν από τη λιγνίνη και να χρησιμοποιηθούν στη παραγωγή συνθετικών πολυμερών.

Συμπεράσματα - προτάσεις

Στο παρόν άρθρο παρουσιάστηκε μια γενική ανασκόπηση και επαρκής ανάλυση σε διάφορα επίπεδα (οικονομικό, επιστημονικό, τεχνολογικό, διαχείριση & βελτίωση φυτειών) των εντατικών δασοπονικών φυτειών και οι δυνατότητες ενεργειακής και χημικής αξιοποίησης της δασικής βιομάζας. Από την όλη ανασκόπηση και ανάλυση του θέματος προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα και προτάσεις:

- Οι φυτείες ταχυνυξών δασικών δέντρων αποτελούν αντικείμενο έρευνας από τη δεκαετία του '60 και αφορούν φυτείες με σκοπό την παραγωγή προϊόντων ξύλου και φυτείες βιομάζας ή ενεργειακές φυτείες.
- Στις φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον ταχυνυξή πλατύφυλλα δασοπονικά

είδη που ανήκουν κυρίως στα γένη: *Populus*, *Eucalyptus*, *Salix*, *Paulownia*, *Platanus*, *Robinia* (*R. pseudoacacia*), *Acer*, *Alnus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Morus*, *Corylus*, *Sophora* και *Betula*.

- Στην εντατική δασοπονία εφαρμόζονται στενοί φυτευτικοί σύνδεσμοι και έντονες καλλιεργητικές τεχνικές που προσεγγίζουν τις γεωργικές καλλιέργειες.
- Τα δασοπονικά είδη που επιλέγονται για χρήση σε φυτείες βιομάζας/ενεργειακές φυτείες θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ταχυαύξια, εύκολη αγενή ή εγγενή παραγωγή, μεγάλη προεμβλαστική και ριζοβλαστική ικανότητα και να παράγουν ξυλώδη βιομάζα κατάλληλη για πολλές χρήσεις.
- Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα είναι εφικτή με εφαρμογή διαφόρων τεχνολογικών μεθόδων, όπως πυρόλυση και αεριοποίηση, ρευστοποίηση, υδροδύση, χημική και μηχανική μετατροπή.
- Η βιομάζα από ταχυαύξη δασοπονικά είδη αντιπροσωπεύει μία ήπια μορφή ενέργειας, από τη χρήση της οποίας προκύπτουν μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σύγκριση με τους ρύπους που προκύπτουν από τη χρήση των περισσότερων συμβατικών καυσίμων (π.χ. λιγνίτης).
- Οι φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας μπορούν να αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος, όταν στο κέρδος παραγωγής προστεθεί και το εμπορικό κέρδος (π.χ. παραγωγή και εμπορία πέλλετς/μπρικέττες).
- Οι φυτείες παραγωγής δασικής βιομάζας μπορούν να αποτελέσουν μια εναλλακτική χρήση των οριακών γαιών, καθώς επίσης και των εγκαταλειμμένων ή εκτός χρήσης γεωργικών εκτάσεων.
- Το κόστος εγκατάστασης των φυτειών δασικής βιομάζας είναι κατά πολύ μικρότερο από το κόστος εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος (ίδια χωρική κάλυψη), δεν απαιτούνται εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις και οι φυτείες μπορούν να συναγωνίζονται οικονομικά (καθαρά έσοδα) με τα φωτοβολταϊκά.
- Οι εντατικές δασοπονικές φυτείες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ως ένα είδος αποταμίευσης, δεδομένου ότι η παραγωγή μπορεί να λαμβάνεται οποτεδήποτε και ειδικά όταν οι εμπορικές τιμές του προϊόντος είναι σχετικά υψηλές ή τουλάχιστον οικονομικά αποδεκτές (σε αντίθεση με τα φωτοβολταϊκά που συχνά υπόκεινται σε μονοπωλιακές πιέσεις).
- Σημαντική, είναι επίσης η δυνατότητα χρήσης του ξύλου ενόψει της οικονομικής κρίσης και των αυξημένων τιμών των υγρών καυσίμων. Το ξύλο των δασοπονικών φυτειών μπορεί να χρησιμοποιείται και για τις ατομικές ανάγκες (π.χ. οικιακή θέρμανση, θέρμανση εργαστηρίων, σταύλων και θερμοκηπίων) των ίδιων των παραγωγών/επενδυτών για κάλυψη μέρους των εξόδων για οικιακή ενέργεια.
- Επιπρόσθετα, με κατάλληλους δασοκομικούς χειρισμούς

(αραιώσεις, κλαδεύσεις, μείξη ειδών, επέκταση του περιόρου χρόνου), οι δασοπονικές φυτείες (ή μέρος αυτών) μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικά προϊόντα και υπηρεσίες (π.χ. βιομάζα, καυσόξυλα, πολύτιμη τεχνική ξυλεία, ενέργεια, αιθανόλη και άλλα χημικά, ζωοτροφή, μανιτάρια, μέλι, φαρμακευτικές ουσίες, αγροδασοπονία, τροφή, βιοποικιλότητα, βελτίωση του μικροκλίματος, εκτροφή οικόσιτων και άγριων ζώων).

- Τέλος, οι φυτείες δασικής βιομάζας παρέχουν και κοινωνικά οφέλη, κύρια με την απασχόληση (σε πιστήρια και εργοστάσια αξιοποίησης της βιομάζας) του τοπικού εργατικού δυναμικού και τη μείωση των εισαγωγών για παρόμοια προϊόντα.

I. Διάθεση φυτευτικού υλικού:

Το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών (ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ) στο πλαίσιο της καινοτομίας και της εφαρμοσμένης έρευνας - παράγει και διαθέτει πιστοποιημένα δενδρύλλια ταχυαύξων δασικών δέντρων για χρήση σε φυτείες βιομάζας και φυτείες παραγωγής τεχνικού ξύλου, καθώς επίσης και για καλλωπιστική και αισθητική χρήση (δενδροστοιχίες/πάρακα).

II. Παροχή πληροφοριών και τεχνογνωσίας – μελέτες εφαρμογής:

Το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών εκπονεί σχετικές μελέτες εφαρμογής (τεχνοοικονομικές) και αναλαμβάνει το σχεδιασμό, εγκατάσταση και διαχείριση των φυτειών παραγωγής δασικής βιομάζας και πολύτιμης τεχνικής ξυλείας σε όλη την Ελλάδα, καθώς και σε Βαλκανικές χώρες.

Πληροφορίες:

*Γενική Διεύθυνση Αγροτικής Έρευνας,
Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών,
τηλ.: 2310 461171(2, 3), fax: 2310 461341,
e-mail: kspanos@fri.gr*