

Ενεργειακές Καλλιέργειες

για την παραγωγή υγρών και στερεών
βιοκαυσίμων στην Ελλάδα



ΚΑΠΕ CRES ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

19^ο χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος, 19009 Πικέρμι Αττικής
Τηλ.: 210 6603300, Fax: 210 6603301-02
<http://www.cres.gr>, e-mail: cres@cres.gr



Ελλάδα
απόλυτη
ελευθερία
πολιτισμός



ΚΑΠΕ CRES



Το έργο συγχρηματοδοτείται κατά 70% από την Ευρωπαϊκή Ένωση - Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και κατά 30% από το Ελληνικό Δημόσιο, στο πλαίσιο της Δράσης 4.4.5 «ΕΡΜΗΣ», πρόγραμμα «Εβδομάδα Επιστήμης και Τεχνολογίας» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ» - Κοινωνικό Πλαίσιο Στήριξης 2000 - 2006.

Ενεργειακές Καλλιέργειες

για την παραγωγή υγρών και στερεών
βιοκαυσίμων στην Ελλάδα



Περιεχόμενα

Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα.....	1
Εισαγωγή.....	5
Τι είναι βιομάζα.....	6
Ενεργειακές καλλιέργειες.....	7
Περιβαλλοντικά οφέλη.....	8
Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη.....	10
Θεσμικό Πλαίσιο.....	11
Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα.....	12
Οδηγία για τα Βιοκαύσιμα.....	12
Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική.....	13
Υγρά Βιοκαύσιμα.....	14
Ευρωπαϊκή κατάσταση.....	14
Βιοντίζελ.....	15
Βιοαιθανόλη.....	16
Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων.....	17
Στερεά Βιοκαύσιμα.....	18
Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων.....	18
Ενεργειακές Καλλιέργειες.....	19
Ελαιοκράμβη.....	20
Ηλίανθος.....	21
Γλυκό σόργο.....	22
Στάρι- Κριθάρι.....	23
Ζαχαρότευτλα.....	24
Αραβόσιπος.....	25
Ευκάλυπτος.....	26
Ψευδακακία.....	27
Καλάμι.....	28
Μίσχανθος.....	29
Αγριαγκινάρα.....	30
Switchgrass.....	31
Κυτταρινούχο Σόργο.....	32
Κενάφ.....	33
Εγκατάσταση και διαχείριση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες.....	34
Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης.....	35
Σχεδιασμός της καλλιέργειας.....	36
Προετοιμασία εδάφους.....	36
Εγκατάσταση.....	37
Συγκομιδή.....	38
Αποθήκευση.....	40
Μεταφορά.....	41
Συμπεράσματα.....	42
Προτάσεις.....	43
Βιβλιογραφία.....	44



Εισαγωγή

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή στερεών και υγρών βιοκαυσίμων. Τα ενεργειακά φυτά μπορεί να είναι παραδοσιακές καλλιέργειες όπως για παράδειγμα τα ζαχαρότευτλα και το καλαμπόκι για παραγωγή βιοαιθανόλης, ο ηλίανθος για παραγωγή βιοντίζελ, κ.λπ., είτε φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι που το τελικό προϊόν τους προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας.

Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι η σταθερή παραγωγή τους μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας, μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης, με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονάδες παραγωγής υγρών βιοκαυσίμων κι ενέργειας. Ειδικά οι νέες καλλιέργειες, παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις ανά εδαφική μονάδα από τις συμβατικές. Αυτές οι υψηλότερες αποδόσεις βελτιώνουν την οικονομικότητά τους κι ελαχιστοποιούν τις απαιτήσεις σε έδαφος, αγροχημικά, μεταφορικά καθώς και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Λαμβάνοντας υπόψη τα πολλαπλά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού αγροτικού τομέα, οι καλλιέργειες αυτές αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση, τόσο για την παραγωγή ενέργειας κι υγρών βιοκαυσίμων, όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η παρούσα έκδοση στοχεύει κατά κύριο λόγο στην ενημέρωση των ενδιαφερόμενων για τις ενεργειακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων. Τα δεδομένα των νέων ενεργειακών καλλιεργειών που παρουσιάζονται αφορούν είδη στα οποία ο Τομέας Βιομάζας του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) έχει αναπτύξει σημαντική ερευνητική δραστηριότητα στον ελληνικό χώρο. Επίσης, αναπτύσσονται θέματα εγκατάστασης και διαχείρισης των καλλιεργειών αυτών στο βαθμό που αυτά έχουν εφαρμοσθεί στην ελληνική και την ευρωπαϊκή πραγματικότητα.



Τι είναι βιομάζα

Η βιομάζα με την ευρύτερη έννοια του όρου περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο οργανικής ύλης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Πρώτον, οι υπολειμματικές μορφές (τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα) και δεύτερον η βιομάζα που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες.

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά τη συγκομιδή του κυρίου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα, κ.ά.

Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών, όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια, κ.ά.

Απορρίμματα, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα (το οργανικό τμήμα τους).



Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα, ως κύριο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς, όπως παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων κ.ά.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σπάρτι, το κριθάρι, ο αραβόσιπος, τα ζαχαρότευτλα και ο ηλιάνθος όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλης και βιοντίζελ).

Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης και αναφέρονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς. Στο παρόν φυλλάδιο εξετάζονται οι παρακάτω καλλιέργειες:

Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

- Δύο είδη ευκαλύπτων (*Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)
- Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.)

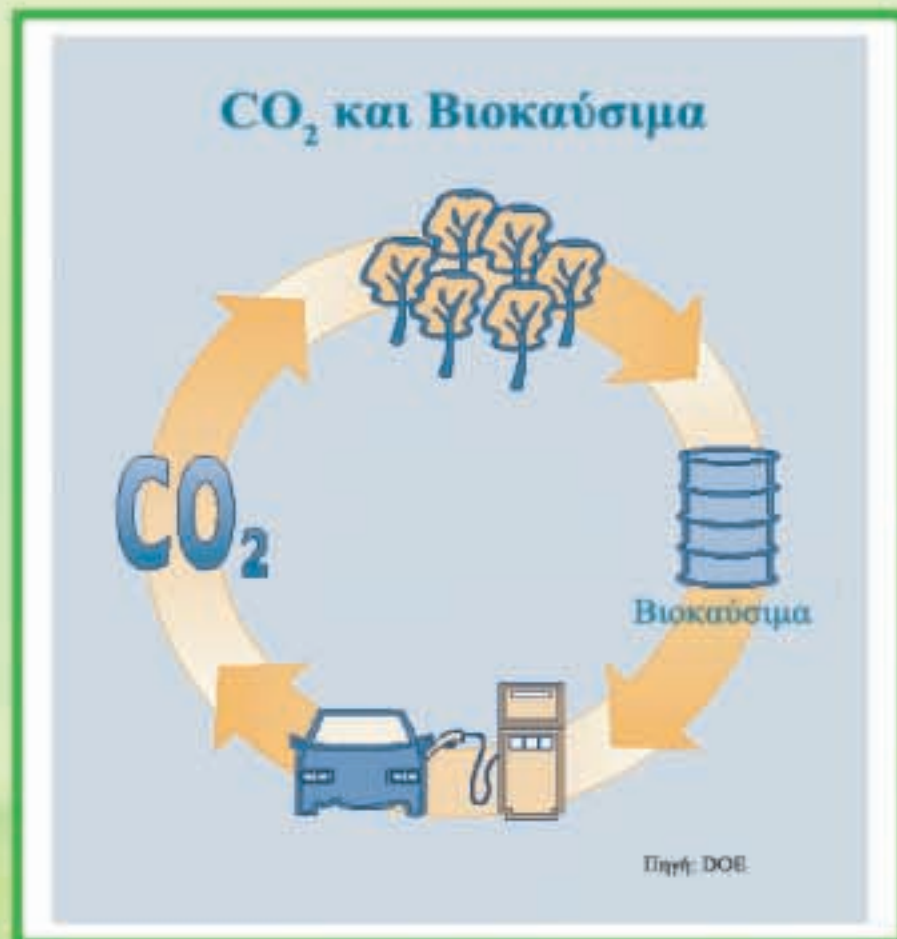
Γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

- Πολυετείς
 - Καλάμι (*Arundo donax* L.)
 - Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)
 - Αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.)
 - Switchgrass (*Panicum virgatum* L.)
- Ετήσιες
 - Γλυκό και κυτταριναύχο σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
 - Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
 - Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*)

Περιβαλλοντικά οφέλη

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς είναι υλικό ανεξάντλητο, όντας η ίδια μια «αποθήκη» ηλιακής ενέργειας. Ακόμη, θεωρείται καύσιμο «CO₂ – ουδέτερο», αφού το CO₂ που παράγεται κατά την καύση της, δεσμεύεται και πάλι από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση, ενώ συμμετέχει πολλαπλά στο ισοζύγιο του CO₂ δίνοντας τη δυνατότητα δέσμευσης άνθρακα σε οργανική μορφή (στα φυτά και τους άλλους οργανισμούς) και εξοικονόμησης ισοδύναμου ποσού CO₂.

Σχήμα 1. Δέσμευση CO₂ με την παραγωγή βιοκαυσίμων



Πίνακας 1: Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών

Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου	Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO ₂ καθώς η ποσότητα του CO ₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοιώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.
Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους	Το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών (ειδικά των πολυετών), ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βελτιώνει τη δομή του.
Διαχείριση νερού	Στο πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας δίνεται η ευκαιρία να επιλεγούν είδη που αξιοποιούν το νερό αποδοτικά, ή και σε πολλές περιπτώσεις είδη που αξιοποιούν τις χειμερινές βροχοπτώσεις για την ανάπτυξή τους και δεν απαιτούν επιπλέον άρδευση, παρουσιάζοντας ικανοποιητική ανάπτυξη και παραγωγικότητα σε βιομάζα. Η αγριαγκινάρα μπορεί να καλλιεργηθεί ξηρικά και να αντικαταστήσει τα χειμερινά σιτηρά όπως το σιτάρι και το κριθάρι. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες (που παρουσιάζονται στο έντυπο) έχουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.
Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα	Οι ενεργειακές καλλιέργειες απαιτούν χαμηλότερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με τα ετήσια φυτά που προορίζονται για τροφή και μπορούν να συντελέσουν στην προστασία του περιβάλλοντος με μείωση της χρήσης λιπασμάτων.
Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν υψηλή φυτοκάλυψη και με την εγκατάστασή τους στον αγρό περιορίζουν την ανάπτυξη ζιζανίων. Επιπροσθέτως, δεν προσβάλλονται από σοβαρές ασθένειες και έντομα, και ως εκ τούτου, η χρήση μυκητοκτόνων και εντομοκτόνων είναι πολύ μικρή.
Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας, καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.

Πίνακας 2: Κοινωνικο – οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών

Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων	Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι ήδη υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου	Με τη ανάπτυξη καλλιεργειών για ενέργεια, θα δημιουργηθεί ανάγκη για προμήθεια νέων ποικιλιών, βελτίωση καλλιεργητικών μεθόδων και εξοπλισμού, που θα υποστηρίξουν την παραγωγή και αποθήκευση των νέων φυτών. Αυτό θα δώσει ώθηση στη φθίνουσα γεωργική οικονομία και θα οδηγήσει στην ανάπτυξη της εγχώριας γεωργικής βιομηχανίας.
Αύξηση του αγροτικού εισοδήματος	Η διεύθυνση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιέργειες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών.
Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομικών	Η παραγωγή και εκμετάλλευση των ενεργειακών καλλιεργειών θα συντελεστεί στις αγροτικές περιοχές. Η εισροή, επομένως, νέων εισοδημάτων θα βελτιώσει τη ζωή των τοπικών κοινωνιών και θα στηρίξει την ανάπτυξη σε λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας.
Εξασφάλιση αιεφόρου περιφερειακής ανάπτυξης	Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας κι ηλεκτρισμού στην περιφέρεια, θα συμβάλει στην παραμονή του πληθυσμού στις αγροτικές περιοχές, με τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την εξασφάλιση πρόσθετων εισοδημάτων στην τοπική κοινωνία.
Μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο	Η χρήση καλλιεργειών για ενεργειακούς σκοπούς οδηγεί στην ανάπτυξη στρατηγικών εθνικών προϊόντων και ελαττώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές πετρελαίου.

Η βιομάζα έχει αναγνωρισθεί ως μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που απορρέουν τόσο από την παραγωγή αλλά κι από την αξιοποίηση της για ενέργεια κι άλλα προϊόντα. Η ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται σε αυτή αντανακλάται στα επίσημα ευρωπαϊκά έγγραφα ενεργειακής πολιτικής (Λευκή Βίβλος, **COM (1997) 599/** Πράσινη Βίβλος **COM (2000) 769/** / Οδηγία για ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ, **2001/77/EC** / Συμφωνία για το Πρωτόκολλο του Κιότο (**UNFCCC Kyoto Protocol**)/ Οδηγία για τα βιοκαύσιμα **2003/30/EC** /Οδηγία για τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, **2003/87/EC** /Οδηγία **2004/8/ EC** για την ενίσχυση των επενδύσεων συμπαραγωγής από ΑΠΕ / έκθεση για τη διεύθυνση των ΑΠΕ στην ΕΕ, **COM (2004) 366**). Πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε το Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα (**Biomass Action Plan**).

Στη συνέχεια παρατίθενται συνοπτική περιγραφή για τα πιο πρόσφατα έγγραφα που αφορούν στόχους και νομοθετικές ρυθμίσεις σε ευρωπαϊκό κι εθνικό επίπεδο.

Σχέδιο Δράσης για τη Βιομάζα

Το σχέδιο δράσης για τη βιομάζα (COM(2005) 628, 7/12/2005) περιλαμβάνει μέτρα για την ταχύτερη ανάπτυξη του τομέα της ενέργειας που παράγεται από βιομάζα ξύλου, αποβλήτων και γεωργικών καλλιεργειών, μέσω της δημιουργίας κινήτρων για τη χρήση της, τα οποία βασίζονται στην αγορά, καθώς και της άρσης των εμποδίων στα οποία προσκρούει η ανάπτυξη της αγοράς. Χάρη στα μέτρα αυτά, η Ευρώπη θα είναι σε θέση να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα, να ελαττώσει τις εκπομπές αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να τονώσει την οικονομική δραστηριότητα στις αγροτικές περιοχές.

Το σχέδιο δράσης συνιστά μια αρχική συντονιστική φάση και περιλαμβάνει μέτρα για την προώθηση της χρήσης βιομάζας στη θέρμανση, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στις μεταφορές, καθώς και οριζόντια μέτρα που αφορούν στην προσφορά βιομάζας, στη χρηματοδότηση και στην έρευνα.

Η Επιτροπή κρίνει ότι τα μέτρα που περιλαμβάνονται στο παρόν σχέδιο δράσης θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αύξηση της χρήσης της βιομάζας σε 150 εκατ. TIP περίπου το 2010 ή λίγο αργότερα.

Οδηγία για τα βιοκαύσιμα

Το Μάιο του 2003, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε νέα Οδηγία (Οδηγία 2003/30/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 8ης Μαΐου 2003) σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Η οδηγία θέτει συγκεκριμένο ελάχιστο ποσοστό βιοκαυσίμων σε αντικατάσταση του ντίζελ και της βενζίνης, το οποίο θα τεθεί σε ισχύ από το 2005. Τα προτεινόμενα ποσοστά για τη διείσδυση των βιοκαυσίμων στα καύσιμα μεταφορών, είναι: 2005 - 2%; 2006 - 2.75%; 2007 - 3.5%; 2008 - 4.25%; 2009 - 5%; 2010 - 5.75%.

Το Δεκέμβριο του 2005 η Ελλάδα εναρμόνισε την εθνική της νομοθεσία με τη συγκεκριμένη οδηγία. Ο Νόμος 3423/05 (ΦΕΚ 304/Α/13.12.2005) ορίζει τους διάφορους τύπους βιοκαυσίμων, θέτει ως στόχο για το 2005 την κατανάλωση 5,75% βιοκαυσίμων ως ποσοστό στα καύσιμα μεταφορών και θεσπίζει το πρόγραμμα κατανομής ποσοτήτων βιοκαυσίμων που δεν υπόκεινται στον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης (ΕΦΚ).

Βάσει απόφασης του Υπουργείου Ανάπτυξης, οι ποσότητες βιοντίζελ που κατανέμονται για το 2006 και το 2007 είναι 91 χιλ. και 114 χιλ. κυβικά μέτρα αντίστοιχα.

Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική

Η Νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) της ΕΕ (Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1782/2003 του Συμβουλίου, της 29ης Σεπτεμβρίου 2003) ισχύει για την περίοδο 2006-2013 και προσφέρει νέες ευκαιρίες στον αγροτικό τομέα της χώρας μας για παραγωγή εναλλακτικών καλλιεργειών.

Ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα αναδιάρθρωσης της παραγωγής του, ενώ η αποδεσμευμένη επιδότηση που θα λαμβάνει θα είναι ανεξάρτητη σε μεγάλο βαθμό από το είδος της φυτείας που θα επιλέξει. Η αποδεσμευμένη επιδότηση που λαμβάνει κάθε δικαιούχος-παραγωγός βασίζεται στις καλλιέργειες του κατά την περίοδο 2000-2002. Επιπροσθέτως, έχει οριστεί επιπλέον επιδότηση ενεργειακών καλλιεργειών της τάξεως των 4,5 € ανά στρέμμα, εφόσον η παραγωγή της βιομάζας γίνεται κάτω από συνθήκες συμβολαιακής γεωργίας.

Έτσι ο παραγωγός έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει μέρος ή το σύνολο της καλλιέργειας του με κάποιο ενεργειακό φυτό, ενώ θα απολαμβάνει την αποδεσμευμένη επιδότηση, καθώς και την επιδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών.



Υγρά βιοκαύσιμα

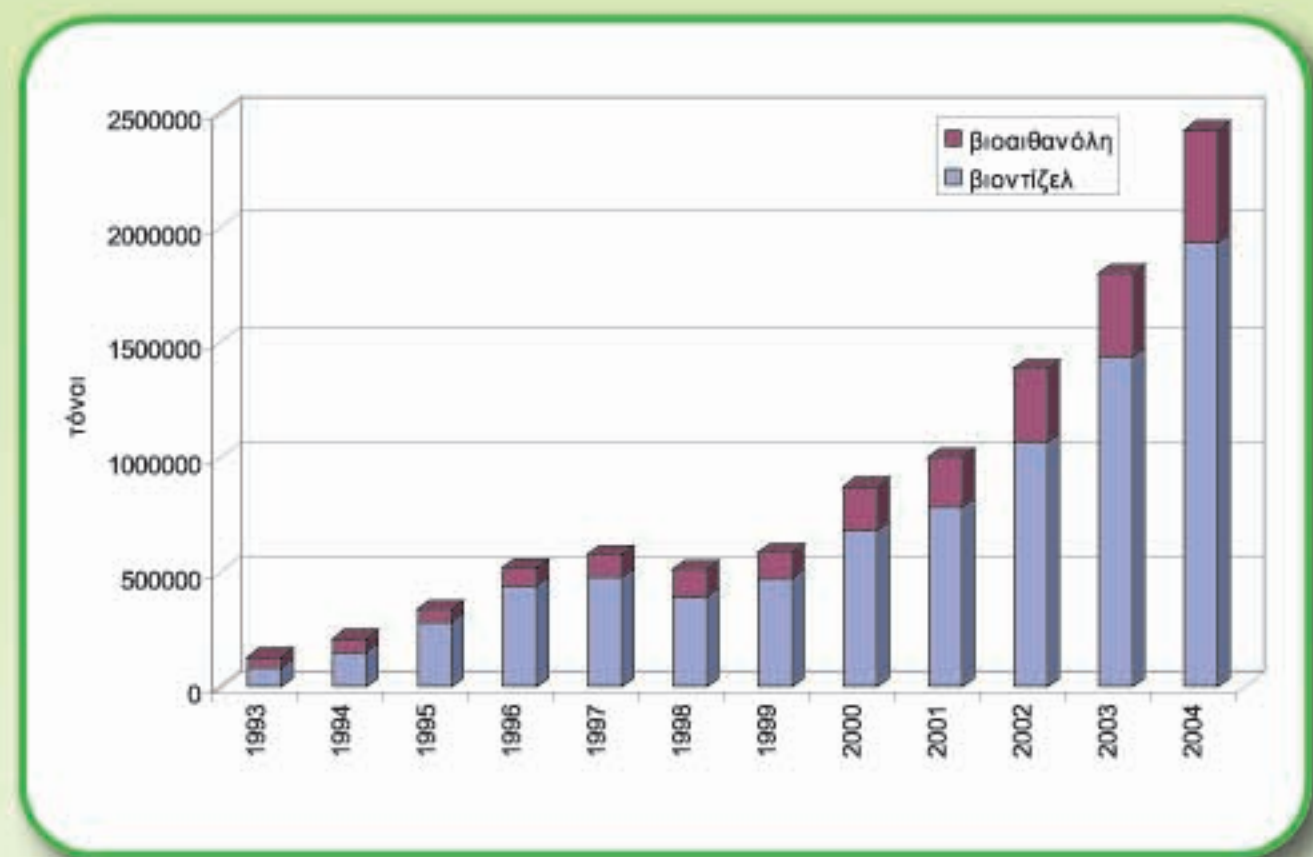
Σήμερα, ο όρος βιοκαύσιμα χρησιμοποιείται συνήθως για τα υγρά ή αέρια καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα των μεταφορών. Τα πιο συνηθισμένα στο εμπόριο είναι το βιοντίζελ κι η βιοαιθανόλη.

Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές ρύπων, ενώ χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Επίσης συμβάλουν στη μείωση των εισαγωγών συμβατικών καυσίμων και στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Ευρωπαϊκή κατάσταση

Η συνδυασμένη Ευρωπαϊκή παραγωγή (EE25) για το 2004 και των δύο αυτών βιοκαυσίμων ανήλθε σε περίπου 2.424.440 τόνους (1.933.400 τόνους βιοντίζελ και 491.040 τόνους βιοαιθανόλη) που αντιστοιχούν σε ποσοστό 0,7% της ευρωπαϊκής αγοράς.

Σχήμα 2. Παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων σε χώρες της EE25 από το 1993.



Πηγή: Biofuels Barometer - June 2004, EUROBSERV'ER

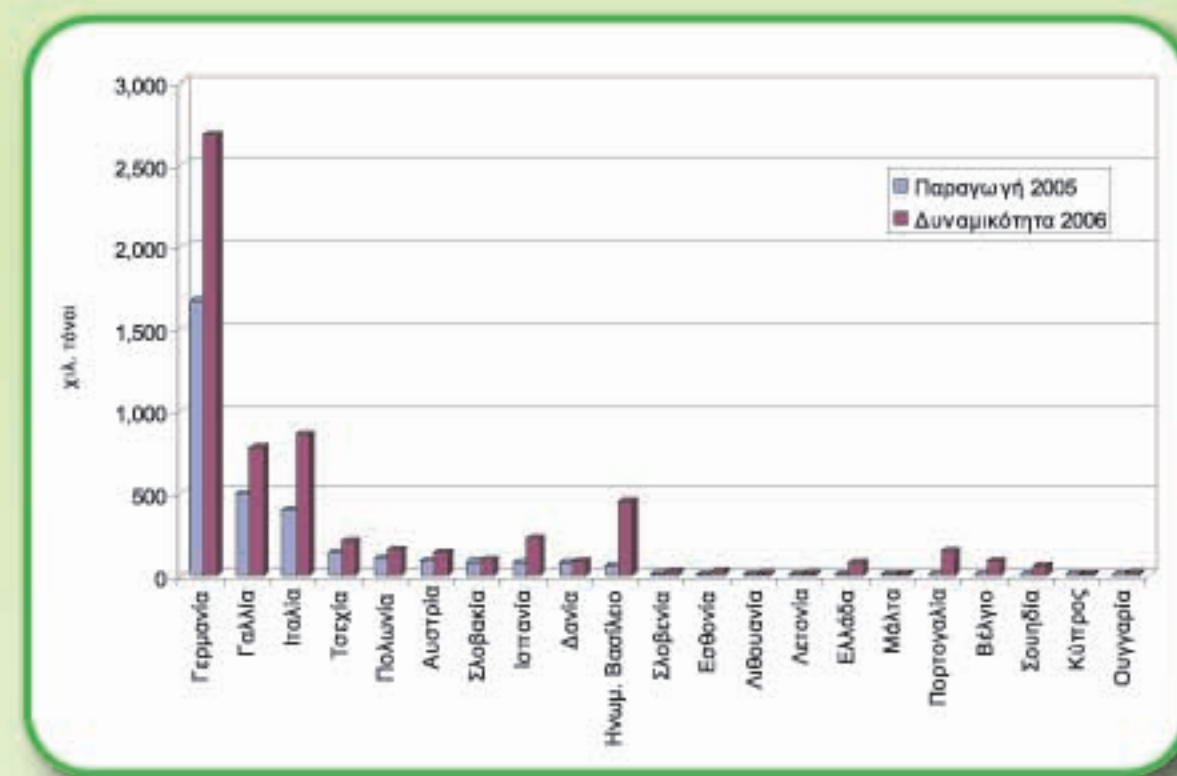
Βιοντίζελ

Το βιοντίζελ είναι μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, κ.ά) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μείγμα για πετρελαιοκινητήρες.

Ο κύριος τρόπος παραγωγής του βιοντίζελ είναι η μετεστεροποίηση των φυτικών ελαίων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (EE25) είναι ο κύριος παραγωγός βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αντίστοιχη παραγωγή σε βιοκαύσιμα ανήλθε σε 3.184.000 τόνους για το 2005 με σημαντικότερους παραγωγούς τη Γερμανία, την Ιταλία και τη Γαλλία. Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή βιοντίζελ παρουσίασε μέση ετήσια αύξηση 45% για την περίοδο 2002 – 2005, η οποία αντιστοιχεί σε επίπεδο παραγωγής το 2005 (3,2 εκ. τόνοι) τριπλάσιο από αυτό του 1992 (1 εκ. τόνοι).

Σχήμα 3. Παραγωγή βιοντίζελ 2005 και δυναμικότητα 2006 (χιλ. τόνοι) σε χώρες της EE25.



Πηγή: European Biodiesel Board (<http://www.ebb-eu.org>)

Από τις παραγωγούς χώρες ηγετικό ρόλο έχει η Γερμανία. Η παραγωγή της το 2005 ανήλθε σε 1,7 εκ. τόνους ενώ η δυναμικότητα της χώρας για το 2006 υπολογίζεται σε 2,7 εκ. τόνους. Η ραγδαία εξέλιξη οφείλεται στην ευνοϊκή νομοθεσία και στις χαμηλές τιμές των φυτικών λαδιών, σε συνδυασμό με την υψηλή τιμή του ντίζελ.

Βιοαιθανόλη

Η βιοαιθανόλη είναι ευρέως παραγόμενο βιοκαύσιμο, με περισσότερους από 18,3 εκατομμύρια τόνους παγκόσμια παραγωγή το 2003 (κυρίως σε δύο χώρες Βραζιλία και ΗΠΑ). Η Βραζιλία είναι η κύρια παραγωγός χώρα (9,9 εκατ. τόνους το 2003, κυρίως από το ζαχαροκάλαμο). Στις ΗΠΑ, το Υπουργείο Γεωργίας (United States Department of Agriculture, USDA) είχε υπολογίσει ότι η παραγωγή βιοαιθανόλης, κυρίως από αραβόσιτο, θα έφτανε 8,4 εκατ. τόνους το 2003. Εκτιμάται ότι η δυναμικότητα της αμερικανικής παραγωγής θα αυξηθεί μέχρι 10,3 εκατ. τόνους το 2004 έναντι 9,1 εκατ. τόνους το 2003.

Τα αντίστοιχα δεδομένα της ΕΕ25 είναι πολύ μικρότερα. Το 2004 η παραγωγή αιθανόλης ανήλθε σε 491.040 τόνους έναντι 364.320 τόνους το 2003 (με μια αύξηση 35 %) (Biofuels Barometer - June 2004, EUROBSERV'ER).

Ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα, κυτταρινούχα κι αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.ά). Ο κύριος τρόπος παραγωγής της είναι η ζύμωση των αμυλούχων - σακχαρούχων συστατικών για την παραγωγή αιθανόλης κι ο διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα για την παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες (άχυρο, ξύλο, κ.ά.).

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι αποτελέσματα έρευνας (CIEMAT, Ισπανία) δείχνουν ότι η παραγωγή ενός λίτρου αιθανόλης από 6 κιλά άχυρο σιτηρών κοστίζει 0,18 ευρώ, ενώ η αντίστοιχη παραγωγή από το σπόρο σιταριού, κριθαριού κοστίζει 0,36 ευρώ. Αν αυτά τα αποτελέσματα επαληθευθούν και σε εμπορική κλίμακα η παραγωγή βιοαιθανόλης θα είναι ανταγωνιστική με το πετρέλαιο (Biofuels Barometer - June 2004, EUROBSERV'ER).

Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα κι η 'νέα' καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι ο ηλιάνθος κι η ελαιοκράμβη για βιοντίζελ και για βιοαιθανόλη το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα τεύτλα και το γλυκό σόργο.

Πίνακας 3: Τα παραγόμενα βιοκαύσιμα από διάφορα φυτά και οι αποδόσεις ανά στρέμμα σε σπόρο και σε καύσιμο.

Βιοκαύσιμο	Πρώτη Ύλη	Απόδοση σε προϊόν (κιά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιά/στρ.)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρ.)
Βιοντίζελ	Ηλιάνθος – Ελαιοκράμβη	150 – 300	50 – 100	58 – 116
	Αγριαγκινάρα	100 – 150	24 – 36	28 – 41
	Βαμβάκι	120 – 160	17 – 23	20 – 27
	Σόγια	160 – 240	27 – 41	32 – 48
Βιοαιθανόλη	Σιτάρι	150 – 800	36 – 192	46 – 243
	Αραβόσιτος	800 – 1200	189 – 284	240 – 360
	Τεύτλα	5.500 – 7.000	435 – 554	550 – 700
	Σόργο	7.000 – 9.000	553 – 711	700 – 900

Στερεά Βιοκαύσιμα

Με τον όρο στερεά βιοκαύσιμα αναφερόμαστε στην ξηρή βιομάζα, η οποία μέσω διαφόρων τεχνολογιών, μπορεί να μετατραπεί σε χρήσιμη ενέργεια (ηλεκτρική ή/και θερμική).

Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν διερευνηθεί τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια από το ΚΑΠΕ για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων είναι:

- Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Switchgrass και Μίσχανθος (Πολυετείς)
- Κενάφ, Ινώδες Σόργο (Ετήσιες)
- Ευκάλυπτος και Ψευδακακία (Δασικές μικρού περιόδου χρόνου)

Πίνακας 4: Η παραγομένη ενέργεια από ξηρή βιομάζα, απόδοση σε προϊόν και ενέργεια.

Είδος	Προϊόν	Θερμογόνος Δύναμη (MJ/κλό)	Μέση Απόδοση σε Ξηρή Βιομάζα (τόνοι/στρ./έτος)	Απόδοση σε Ενέργεια (GJ/στρ./έτος)
Πολυετείς Καλλιέργειες	Καλάμι	18,0	1,0 - 2,0	18,0 - 36,0
	Αγριαγκινάρα	18,0	1,0 - 1,5	18,0 - 27,0
	Switchgrass	18,0	1,0 - 2,0	18,0 - 36,0
	Μίσχανθος	18,0	1,0 - 1,5	18,0 - 27,0
Ετήσιες Καλλιέργειες	Κενάφ	18,6	0,8 - 1,8	14,9 - 33,4
	Κυτταρινούχο Σόργο	18,0	2,0 - 3,5	36,0 - 63,0
Δασικές Καλλιέργειες	Ευκάλυπτος	19,4	1,8 - 3,0	34,8 - 58,0
	Ψευδακακία	17,8	0,8 - 1,3	14,3 - 23,2

Ενεργειακές Καλλιέργειες

Ενεργειακές
Καλλιέργειες
Ενεργειακές
Καλλιέργειες
Καλλιέργειες



Ελαιοκράμβη

Επιστημονικό όνομα: (*Brassica napus* L.) και (*Brassica carinata* L.Braun).

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Η ελαιοκράμβη (*Brassica spp.*) είναι ετήσιο φυτό, κι ανήκει στη οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων (*Cruciferae* or *Brassicaceae*). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της (για ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφή και λίπανση). Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της (η λεγόμενη πίπα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιόπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίπα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%). Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι όμοιες με εκείνες των χειμερινών σιτηρών.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή ζιζανιοκτόνων (προ και μεταφυτρωτικών) καθώς το φυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του. Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί κατά τη συγκομιδή, ώστε η υγρασία του σπόρου να κυμαίνεται από 9 -12%. Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο χρόνος συγκομιδής της ελαιοκράμβης, για την αποφυγή της απώλειας του σπόρου από τις ψηλές θερμοκρασίες, που συνοδεύονται από τα ξηρά και θερμά ρεύματα.

Η *Brassica napus* L. είναι πρώιμη, κυρίως διαδεδομένη στα εύκρατα δροσερά κλίματα. Υπάρχει σε δύο τύπους καλλιέργειας, τη χειμερινή και την ανοιξιότικη.

Η *Brassica carinata* L.Braun είναι φυτό, αισθητικής προέλευσης, ψηλό, με μεγάλη φυλλική επιφάνεια συγγενές της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και βάσει των πειραμάτων παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα και ικανοποιητική παραγωγικότητα στις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες. Καλλιεργείται και σαν χειμερινή σε περιοχές με ήπιο χειμώνα, ενώ σε αυτές με βαρύ χειμώνα προτείνεται μόνο ως ανοιξιότικη καλλιέργεια.

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Από πειράματα, που πραγματοποιήθηκαν τα τελευταία χρόνια στις μεσογειακές περιοχές, και πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, στην Ιταλία, και στην Ισπανία (Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη: FAIR CT98 - 1946) προκύπτουν θετικά αποτελέσματα, όσον αφορά στην προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα της καλλιέργειας στις παραπάνω εδαφοκλιματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, οι αποδόσεις σε σπόρο καθώς και σε ξηρή βιομάζα, ανάλογα με την ποικιλία, τις καλλιεργητικές τεχνικές και τις επικρατούσες εδαφοκλιματικές συνθήκες, κυμάνθηκαν από 150 έως 300 κιλά/ στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα, αντίστοιχα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60 - 115 λίτρα βιοντίζελ.

Ηλιανθος

Επιστημονικό όνομα: *Helianthus annuus* L.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Ο ηλιανθος, είναι ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια *Compositae*. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τις 31 εκ. τόνους το 2005, καλλιεργούμενη σε 234 εκ. στρέμματα. Από αυτά, περισσότερο από 20 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 25 (www.fao.org, 2006).

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια του ηλιανθου έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η παραγωγή του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση της χώρας το 2005 ήταν 80 χιλιάδες στρέμματα με αντίστοιχη παραγωγή 16 χιλιάδων τόνων σε σπόρο (www.fao.org, 2006).

Εναλλακτική χρήση

Ο ηλιανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EE25), ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο, περισσότερο από το 10% της παραγωγής βιοντίζελ προέρχεται από τον ηλιανθο. Η Ιταλία που είναι ο τρίτος παραγωγός βιοντίζελ στην Ευρώπη χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη κυρίως τον ηλιανθο (*Biofuels Barometer - June 2004, EUROBSERV'ER*).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα ηλιανθο παράγονται κατά μέσο όρο 150-300 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60 - 115 λίτρα βιοντίζελ.



Γλυκό σόργο

Επιστημονικό όνομα: *Sorghum bicolor* L. Moench.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Το γλυκό σόργο είναι ένα C₄ μονοετές φυτό, με μεγάλη φωτοσυνθετική ικανότητα, υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα, υψηλό ποσοστό σε διαλυτά σάκχαρα και κυτταρίνες, και σχετικά χαμηλές απαιτήσεις σε άρδευση και λίπανση. Προσαρμόζεται εύκολα σε διάφορα είδη εδαφών και σε ποικίλες κλιματικές συνθήκες.

Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο

Στην Ευρώπη, έχουν εξεταστεί πολλές ποικιλίες (Keller, Wray, Mπ1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Το χλωρό βάρος κυμαίνεται από 8 - 10 τόνους/ στρέμμα στη Γερμανία, σε 9 τόνους/ στρέμμα στην Ισπανία και μπορεί να φτάσει τους 14 τόνους/ στρέμμα στην Ελλάδα (Νικολάου, 2000, Καβαδάκης, 2000). Το σόργο καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα, για σειρά ετών, με σκοπό τη μελέτη της παραγωγικότητας του σε διάφορους τύπους εδαφών (περιθωριακά και γόνιμα) καθώς και την επίδραση διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών στις τελικές αποδόσεις.

Το γλυκό σόργο μπορεί να καλλιεργηθεί από τις βορειότερες ως τις νοτιότερες περιοχές της Ελλάδας, σε εύφορα αλλά και υποβαθμισμένα εδάφη. Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων, ενώ η αζωτούχος λίπανση δεν έδειξε να επηρεάζει καθοριστικά τις αποδόσεις.

Αποδόσεις σε σάκχαρα και παραγωγή αιθανόλης

Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9 - 13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές του Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου δεκαπέντε μέρες αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, παραγωγή 700 με 900 λίτρων αιθανόλης/ στρέμμα.

Επιπλέον, μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης, μένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος (bagasse), υψηλής θερμογόνου δύναμης, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες, τόσο της παραγωγής, όσο και της μετατροπής του σόργου σε αλκοόλη.

Πιθανές χρήσεις

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησής του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοαιθανόλης σαν καύσιμο μεταφορών.

Σιτάρι-Κριθάρι

Επιστημονικό όνομα: σιτάρι (*Triticum aestivum* L.), κριθάρι (*Hordeum sativum/Vulgare* L.)

Σύντομη περιγραφή φυτών

Το σιτάρι και το κριθάρι είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών (Graminae). Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή 628 εκατομμυρίων τόνων το 2005, ενώ η αντίστοιχη παραγωγή για την ΕΕ (25) ήταν 124 εκ. τόνοι. Το κριθάρι, χρησιμοποιείται κυρίως σε ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στα 137 εκατομμύρια τόνων το 2005, ενώ η ευρωπαϊκή παραγωγή ανήλθε σε 53 εκ. τόνους (www.fao.org, 2006).

Στην Ελλάδα, το σιτάρι (σκληρό και μαλακό) είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό κι η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση το 2005 (σκληρό και μαλακό) ήταν 8,5 εκατομμύρια στρέμματα, με παραγωγή 1,8 εκατομμύρια τόνους (www.fao.org, 2006). Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σκληρού σιταριού κυμαίνονται από 150 - 800 κιλά/στρέμμα, κι οι αντίστοιχες του μαλακού σιταριού κυμαίνονται από 200-900 κιλά/ στρέμμα. Οι αποδόσεις σε σπόρο % του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (Δείκτης συγκομιδής) και των δύο τύπων κυμαίνονται από 30-56%.

Η καλλιέργεια του κριθαριού είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση ήταν 980 χιλιάδες στρέμματα το 2005, με ετήσια παραγωγή 220 χιλιάδων τόνων, (www.fao.org, 2006). Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις κριθαριού κυμαίνονται από 150 - 700 κιλά/ στρέμμα, και οι αποδόσεις σε σπόρο % του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (Δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 23 - 54%.

Εναλλακτική χρήση

Τα τελευταία πέντε χρόνια, υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτης ύλης για παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Ισπανία έχει τη σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης. Το 2004 η παραγωγή σε βιοαιθανόλη ανήλθε στους 194.000 τόνους (ETBE), ενώ για το 2006 εκτιμάται ότι θα υπάρξει επιπλέον παραγωγή 160.000 τόνους.

Στη Γαλλία (2002) τα σιτηρά για παραγωγή βιοαιθανόλης αντιπροσώπευαν το 20% (56.600 τόνους). Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία επτά χρόνια, η καλλιεργούμενη έκταση με σιτάρι για βιοαιθανόλη στη Γαλλία σχεδόν τριπλασιάστηκε (από 4.600 εκτάρια το 1993 σε 11.900 εκτάρια το 1999) (www.novem.nl).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα σιτάρι παράγεται κατά μέσο όρο 150-800 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 45-240 λίτρα βιοαιθανόλη.



Ζαχαρότευτλα

Επιστημονικό όνομα: *Beta vulgaris* L.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διετής τύπος τεύτλου, το οποίο καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα (επί χλωρού βάρους), κάνοντάς το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο (Duke 1983). Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τα 242 εκατ. τόνους το 2005, καλλιεργούμενη σε 55 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτό 5 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και 22 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη (www.fao.org, 2006).

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Σύμφωνα με στοιχεία του FAO, έχουμε μείωση της καλλιεργούμενης έκτασης από 480.000 στρέμματα το 2000 σε 420.000 στρέμματα το 2005, ενώ η αντίστοιχη παραγωγή μειώθηκε από 3 εκατομμύρια τόνους σε 2,4 εκατομμύρια τόνους. Μάλιστα προβλέπεται μεγαλύτερη μείωση από το 2006 και μετά λόγω της νέας Κοινής Αγροτικής Πολιτικής. Οι μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα ανέρχονται σε 6.000 kg/στρέμμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι, αυτές αποδόσεις είναι από τις υψηλότερες που παρατηρούνται στις ευρωπαϊκές χώρες (www.fao.org, 2006). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή.

Εναλλακτική χρήση

Τα τελευταία χρόνια, τα ζαχαρότευτλα χρησιμοποιούνται και σαν πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοαιθανόλης από ζαχαρότευτλα στον κόσμο. Εκτιμάται ότι το 2003, το 80% (62.000 τόνοι) της παραγόμενης βιοαιθανόλης στη Γαλλία προήλθε από ζαχαρότευτλα, και το υπόλοιπο από άλλα δημητριακά φυτά (<http://www.cordis.lu/euroabstracts/>).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται 550 με 700 λίτρα βιοαιθανόλης.



24

Αραβόσιτος

Επιστημονικό όνομα: *Zea mays* L.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Σύμφωνα με τον FAO (www.fao.org, 2006), η παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 695 εκατομμύρια τόνους το 2005, καλλιεργούμενη σε 1.471 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά, πάνω από 300 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και 60 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη (2,4 εκατομμύρια στρέμματα στην Ελλάδα).

Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος θεωρείται σημαντικό φυτό κι η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση παρουσίασε μια μικρή αύξηση της τελευταία δεκαετία (2,1 εκατομμύρια στρέμματα το 1996 και 2,4 εκατομμύρια στρέμματα το 2005), με ετήσια παραγωγή 2,1 και 2,3 εκατομμυρίων τόνων, αντίστοιχα. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβοσίτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά /στρέμμα. Οι αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο (% του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού -δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 35 έως 50%.

Εναλλακτική χρήση

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κι ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις ΗΠΑ. Η παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία δεκατέσσερα χρόνια έχει υπερτριπλασιαστεί κι από 8 εκατομμύρια τόνους το 1989 έφτασε στα 28 εκατομμύρια τόνους το 2003. Σήμερα, λειτουργούν 73 αμερικανικά εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης, ενώ άλλα 16 είναι υπό κατασκευή (www.openi.co.uk/).

Το 2001, η αντίστοιχη βιομηχανία βιοαιθανόλης των ΗΠΑ απασχολούσε περισσότερα από 200.000 άτομα (άμεσα και έμμεσα) στη χώρα, εξοικονομώντας έτσι 2 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, από την άποψη των εισαγωγών πετρελαίου. Τα συνολικά οφέλη της βιοαιθανόλης για την αντίστοιχη γεωργική οικονομία είναι μεγαλύτερα – περίπου 4,5 δισεκατομμύρια δολάρια.

Υπολογίζεται ότι 2001, περίπου 12% της βενζίνης που διατέθηκε στις ΗΠΑ περιείχε βιοαιθανόλη ως προσθετικό καυσίμου. (<http://bioenergy.ornl.gov>).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα αραβόσιτο παράγονται 240 με 360 λίτρα βιοαιθανόλης.



25

Ευκάλυπτος

Επιστημονικό όνομα: *Eucalyptus globulus* Labill, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί (Metro 1969, Πανέτσος 1975, Μαντζήρης 1980, Dalianis et al., 1996), φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληροί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυσυξία, γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους, και δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα. Οι αποδόσεις σε βιομάζα κυμαίνονται ανάλογα με το είδος, το γενετικό υλικό, το περιβάλλον και την ποιότητα του εδάφους. Σε παλιότερες έρευνες κυμάνθηκαν από 0,4 ως 2 τόνους/χρόνο και στρέμμα σε ξηρή ουσία (Πανέτσος, 1998).

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξή τους συνεχιζόταν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Dalianis and Djouras, 1997).

Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 64 τόνους/εκτάριο και έτος και 28 τόνους/εκτάριο και έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων/στρέμμα και έτος.

Όσον αφορά στις επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης, παρότι το είδος φυόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό κυμαίνεται μεταξύ 35 και 58 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και αξιολογή πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.

Ψευδακακία

Επιστημονικό όνομα: *Robinia pseudoacacia* L. Πρόκειται για φυτό, που χρησιμοποιείται σαν μικρού περίτροπου χρόνο.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα (Keresztesi, 1990). Η ψευδακακία, εξ αιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία, σε σχέση με άλλα είδη, θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήταν η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες.

Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα.

Από πειραματικές καλλιέργειες του ΚΑΠΕ ελήφθησαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνους/στρέμμα και έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα.

Στο δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας/στρέμμα ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά/στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος 2 έτη.

Επίσης, την περίοδο 1993-1996, σε πειραματικές καλλιέργειες στις περιοχές Ορεσιτιάδας (γόνιμο έδαφος) και Σουφλίου (άγονο), με φυτευτικό σύνδεσμο 1 X 0,5 μέτρα οι αποδόσεις έφθασαν τα 1.105 κιλά/στρέμμα/έτος (τρίτος περίτροπος χρόνος) και 163 κιλά/στρέμμα/έτος (δεύτερος περίτροπος χρόνος) ξηρής ουσίας, αντίστοιχα (Μελλίδης, 1998).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται, για το ξύλο της, γύρω στα 17,8 MJ/kg με αντίστοιχη απόδοση που κυμαίνεται μεταξύ 14 και 23 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.



Καλάμι

Επιστημονικό όνομα: *Arundo donax* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Το καλάμι ανήκει στα αγροστώδη πολυετή φυτά με C3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα.

Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο

Από τη βιβλιογραφία αναφέρονται αποδόσεις 2,0 - 2,5 τόνων/στρέμμα ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία (Tobiez, 1940), ενώ στη νότια Ιταλία περίπου 3,5 τόνους/στρέμμα (Matzke, 1988). Σε πρόσφατες μελέτες, ορισμένες από τις οποίες έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα, έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των πειραματικών αγρών (στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες) κυμάνθηκαν από 0,5 έως και 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία (Christou, 1998, Christou, 2000 a,b).

Σημαντική διακύμανση στις αποδόσεις παρατηρήθηκε για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Είναι προφανές, ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δεν διαφοροποίησε σημαντικά τις αποδόσεις.

Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής για το καλάμι, είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από τα τέλη φθινοπώρου έως τα τέλη του χειμώνα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Η μέση θερμογόνοσ αξία του φυτού ανέρχεται σε 18 MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα σε τέφρα 6,9% σε ξηρή βάση.

Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις και τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος, που έχουν επιτευχθεί μέχρι σήμερα, εκτιμάται ότι, κατά μέσο όρο, το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού μπορεί να φτάσει τα 18 με 36 GJ/στρέμμα/έτος.

Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και χλωρίου, προέκυψε ότι οι ιδιότητές του προσομοιάζουν με εκείνες του άχυρου και επομένως οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι οι πλέον κατάλληλες για το φυτό αυτό.

Πιθανές χρήσεις

Ως πιθανές χρήσεις του φυτού εξετάζονται η παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.



Μίσχανθος

Επιστημονικό όνομα: *Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU.

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Ο μίσχανθος είναι ένα αγροστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, ως καλλωπιστικό φυτό.

Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε χλωρή και ξηρή ουσία, χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία και ανθεκτικότητα σε ασθένειες και παθογόνα. Επιπλέον, παρουσιάζει υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού και νιτρικών.

Στη νότια Ευρώπη κι ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, έχει καλές αποδόσεις κι η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή.

Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό επίπεδο

Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μία γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση.

Στην Ελλάδα, από τα μέχρι τώρα δεδομένα, που συλλέχθηκαν από τα σχετικά πειράματα, προέκυψε ότι ο μέσος όρος ύψους της φυτείας φτάνει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμάνθηκε από 0,8 έως 3 τόνους/στρέμμα/έτος (Christou, 1998, Christou, 1999).

Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Η εφαρμογή αζωτούχου λιπάνσεως στην αρχή της καλλιεργητικής περιόδου δεν επηρέασε την ανάπτυξη του φυτού και την παραγωγή βιομάζας, αν και σχετικά καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν με υψηλά επίπεδα λίπανσης. Στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας, όταν η καλλιέργεια δεν αρδεύεται, η ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται και οι αποδόσεις μειώνονται σημαντικά.

Ευνοϊκή περίοδος, για τη συγκομιδή του μίσχανθου, θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξεραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 18 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64% επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία. Τα φύλλα είναι κατώτερης ποιότητας καύσιμο λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς τους σε τέφρα (μέση τιμή 7,66% επί του ξηρού βάρους). Όσον αφορά στην απόδοση σε ενέργεια το εκτιμώμενο εύρος βάσει των αποδόσεων κυμαίνεται από 18 ως 27 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Τα τελευταία χρόνια, εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής του, ως ενεργειακής καλλιέργειας, αλλά και για κατασκευή δομικών υλικών.



Αγριαγκινάρα

Επιστημονικό όνομα: *Cynara cardunculus* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Η αγριαγκινάρα, είναι ένα πολυετές είδος, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, καθώς φτάνει στο μέγιστο της παραγωγής βιομάζας εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή κι άγονα εδάφη.

Η ζιζανιοκτονία είναι απαραίτητη μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας. Στη συνέχεια η μεγάλη φυλλική επιφάνεια της φυτείας δεν επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα, εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου.

Μετά τη συγκομιδή που γίνεται το καλοκαίρι, ο νέος κύκλος αρχίζει με την έναρξη των βροχών και τη βλάστηση των υπογείων οφθαλμών. Το φυτό παίρνει το σχήμα ρόδακα έως την επόμενη άνοιξη που αναπτύσσονται τα στελέχη. Αργότερα αναπτύσσονται διακλαδώσεις στην κορυφή του φυτού και σχηματίζονται αρκετές κεφαλές ανά βλαστό. Το καλοκαίρι, τα υπέργεια μέρη του φυτού ξηραίνονται ενώ τα υπόγεια, οι ρίζες και οι οφθαλμοί στη βάση του βλαστού, διατηρούνται ζωντανά.

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Από πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία, όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό, με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις.

Σε πειράματα που διεξάχθηκαν στην Ελλάδα, το τελικό ύψος του φυτού έφτασε τα 2,6 μέτρα (Dalianis, 1996). Η παραγωγή ξηράς ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,3 τόνους/στρέμμα, ενώ σε αντίστοιχα πειράματα στην Ισπανία, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,4 έως 1,5 τόνους/στρέμμα.

Επίσης, έχει εκτιμηθεί ότι από ένα στρέμμα αγριαγκινάρας μπορεί να παραχθούν 28 με 40 λίτρα βιοντίζελ.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Η θερμογόνο δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριαγκινάρας, κυμαίνεται από 3.474 kcal/kg, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 5.912 kcal/kg, για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Σημαντικές διαφορές στη θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζονται ανάμεσα στα διάφορα μέρη του φυτού. Τα φύλλα, τα οποία έχουν μικρή θερμογόνο δύναμη, παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14%. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3% ως 5,3%. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη των διάφορων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό περιεχόμενο της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 18 ως 27 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμικής/ηλεκτρικής ενέργειας και υγρών βιοκαυσίμων.



Switchgrass

Επιστημονικό όνομα: *Panicum virgatum* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Είναι ένα πολυετές C₄, αγροστώδες φυτό. Συναντάται, κυρίως, στη βόρειο και κεντρική Αμερική αλλά επίσης έχει βρεθεί στη νότιο Αμερική και την Αφρική. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς τους εκπύσσονται, νωρίς την άνοιξη, αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορεί να φτάσει σε ύψος 2,5 μέτρων. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15°C. Η σπορά δε πρέπει να γίνει σε βάθος μεγαλύτερο του 1cm και η συνιστώμενη πυκνότητα της φυτείας είναι 200-300 φυτά ανά m².

Η αναβλάστηση νέων στελεχών από τους οφθαλμούς των ριζωμάτων γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου κάθε έτους. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστανει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παρουσιάζει ταχύ ρυθμό ανάπτυξης που μπορεί να ξεπεράσει τα 15mm την ημέρα σε ύψος. Η άνθιση λαμβάνει χώρα μεταξύ τέλους Ιουλίου και αρχών Αυγούστου. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Στη συνέχεια παρατηρείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25%, περίπου. Επομένως, κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλη Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο (Alexoroulou, 2000, Alexoroulou 2002d).

Η καλλιέργεια του switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Οι αρδευτικές ανάγκες του switchgrass είναι χαμηλές καθώς χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή (Elbersen, 2000a, b).

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Η λίπανση καθώς και η άρδευση έχουν σημαντική επίπτωση στην παραγωγικότητα του φυτού η οποία κυμαίνεται μεταξύ 1 και 2 τόνων ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Με μέσο ενεργειακό περιεχόμενο της τάξεως των 18 MJ/kg ξηρής ουσίας, η απόδοση σε ενέργεια ανέρχεται σε 18 με 36 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες.



Κυτταρινούχο Σόργο

Επιστημονικό όνομα: *Sorghum bicolor* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Το κυτταρινούχο σόργο, είναι ετήσιο C₄ φυτό, με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Τα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου που έχουν εξετασθεί είναι διασταυρώσεις του καρποδοτικού σόργου με το σόργο σαρωθοποιίας.

Αντίθετα με το γλυκό, το κυτταρινούχο σόργο έχει σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα και το ενεργειακό δυναμικό του βασίζεται κυρίως στην υψηλή περιεκτικότητά του σε λιγνοκυτταρινούχα συστατικά.

Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο

Στην Ιταλία αναφέρεται ότι η περιεκτικότητα σε σάκχαρα του γλυκού σόργου (Wray) ήταν 41% του ξηρού βάρους των στελεχών (0,9 τόνοι/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα), ενώ στα υβρίδια κυτταρινούχου σόργου ποικίλει από 9 - 12% επί του ξηρού βάρους (0,2 τόνοι/στρέμμα ζυμώσιμα σάκχαρα) και το μεγαλύτερο μέρος του ξηρού βάρους των στελεχών αποτελείται από λιγνοκυτταρινούχες ουσίες (2,0 τόνοι/στρέμμα). Στην Ελλάδα, οι αποδόσεις σε ξηρό βάρος φτάνουν τους 3,5 τόνους/στρέμμα.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι, το κυτταρινούχο σόργο, παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγισμα, το οποίο αποτελεί φαινόμενο που επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Λαμβάνοντας υπόψη τις προαναφερθείσες αποδόσεις σε ξηρή ουσία, η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 36 έως 63 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στη Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα, κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές, με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, ως πρώτης ύλης, για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

Κενάφ

Επιστημονικό όνομα: *Hibiscus cannabinus* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Το κενάφ είναι ένα ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Τα στελέχη αποτελούνται από ένα κεντρικό δακτύλιο με ίνες μικρού μήκους και το φλοιό με ίνες μεγάλου μήκους. Από τις τελευταίες μπορεί να παραχθεί χαρτί ανώτερης ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων που ευδοκίμει σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα, με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Μπορεί ωστόσο να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

Αποδόσεις βιομάζας σε πειραματικό στάδιο

Στην Ελλάδα το κενάφ μελετάται από το 1994 από το ΚΑΠΕ σε μικρούς πειραματικούς αγρούς (έως 3 στρέμματα) σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν η προσαρμοστικότητα του φυτού στις ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων φυτών στην ανάπτυξη και στις τελικές αποδόσεις, όπως επίσης και η δυνατότητα χρήσης του φυτού ως στερεό καύσιμο και βιομηχανικό προϊόν (χαρτοπολτός, μοριοσανίδες, κ.λπ.).

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις αφορούν όψιμες ποικιλίες υψηλής πυκνότητας φύτευσης (30.000 φυτά/στρέμμα). Η παραγωγή σπόρου ήταν δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες (άνθιση στο τέλος του Ιουλίου). Στις όψιμες ποικιλίες τα φυτά άνθισαν στο τέλος του Σεπτεμβρίου και οι σπόροι δεν είχαν αρκετό χρόνο για να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα η σποροπαραγωγή να είναι αδύνατη (Alexoroulou, 2002 a, b, c).

Στην Ελλάδα η συγκομιδή του κενάφ εντοπίζεται στο διάστημα από το Νοέμβριο έως και τον Ιανουάριο ανάλογα με την τελική χρήση. Τότε τα στελέχη δεν έχουν φύλλα (δεδομένου ότι τα φύλλα πέφτουν μετά από ένα παγετό) και η συγκομιδή μπορεί να γίνει με μία συμβατική συλλεκτική μηχανή.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Η μέση θερμογόνος δύναμη του κενάφ είναι 18,6 MJ/κιλό ξηρής ουσίας. Η απόδοση σε ενέργεια βάσει του συγκεκριμένου ενεργειακού περιεχομένου είναι μεταξύ 15 και 33 GJ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στη Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα, κάτω από διαφορετικές καλλιεργητικές τεχνικές, με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.



Εγκατάσταση και διαχείριση βιομάζας από ενεργειακές καλλιέργειες

Τα νέα είδη ενεργειακών καλλιεργειών που παρουσιάζονται σε αυτό το φυλλάδιο βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό κι επιδεικτικό στάδιο στην Ελλάδα. Δεν υπάρχει μέχρι σήμερα αντίστοιχη καλλιέργεια σε εμπορική κλίμακα στη χώρα.

Ωστόσο κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν σε αυτή την έκδοση στοιχεία που θα επηρεάσουν το σχεδιασμό, την εγκατάσταση και τη διαχείριση παρόμοιων καλλιεργειών στο μέλλον έτσι ώστε να γνωρίζουν οι ενδιαφερόμενοι τις κυριότερες παραμέτρους που επηρεάζουν ένα ανάλογο σύστημα.



Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης

Από τη στιγμή που ο επενδυτής θα αποφασίσει για το είδος του φυτού που θα ήθελε να καλλιεργήσει, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί συστηματική αξιολόγηση της περιοχής.

Η αξιολόγηση θα πρέπει να διερευνά:

Προσφορά και ζήτηση

Ο παραγωγός ή ο επενδυτής θα πρέπει να βεβαιωθεί ότι υφίσταται αγορά/ ζήτηση για βιομάζα από τις συγκεκριμένες ενεργειακές καλλιέργειες.

Καθορισμός της περιοχής

Η περιοχή εγκατάστασης θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο σημείο όπου θα αξιοποιηθεί η βιομάζα. Ο επενδυτής θα πρέπει να επιβεβαιώσει ότι η βιομάζα μπορεί να μεταφερθεί οικονομικά στη μονάδα παραγωγής βιοκαυσίμων και/ή βιοενέργειας.

Επιδράσεις στο τοπίο

Μια αλλαγή στα καλλιεργούμενα φυτά θα επηρεάσει την εικόνα του τοπίου. Για παράδειγμα, πολλές ενεργειακές καλλιέργειες είναι υψηλότερες από τις αροτραίες καλλιέργειες και συνεπώς πιο ορατές. Ο παραγωγός θα πρέπει να εξετάσει πώς η εξέλιξη της ανάπτυξης των προτεινόμενων ενεργειακών καλλιεργειών θα επηρεάσει το χαρακτήρα του τοπίου.

Η ισορροπία μεταξύ βροχόπτωσης και αποστράγγισης

Η επίδραση της νέας καλλιέργειας στη διαθεσιμότητα νερού πρέπει να συνεκτιμηθεί με βάση τους άλλους χρήστες γης και τις αντίστοιχες συμβατικές καλλιέργειες.

Φυτικοί εχθροί και ασθένειες

Το είδος και η φύση των τοπικών φυτικών εχθρών και ασθενειών θα επηρεάσουν την επιλογή του φυτού.

Κλίση εδάφους

Συνιστάται να αποφευχθούν περιοχές με έντονες κλίσεις όπου η εγκατάσταση κι η συγκομιδή θα είναι δύσκολες.



Σχεδιασμός της καλλιέργειας

Ο σχεδιασμός της καλλιέργειας εξαρτάται από το καλλιεργούμενο είδος. Μια καλοσχεδιασμένη παραγωγή θα πρέπει να λάβει υπόψη πολλούς παράγοντες.

Η τοπογραφία μιας περιοχής διαμορφώνεται από τις προτιμήσεις των ανθρώπων που ζουν και εργάζονται εκεί και κάθε περιφέρεια έχει το δικό της χαρακτήρα. Οι νέες φυτείες θα πρέπει να εναρμονιστούν με το τοπίο και να ταιριάζουν με το χαρακτήρα του.

Η ευκολία συγκομιδής είναι μια ακόμα σημαντική παράμετρος. Η πυκνότητα των φυτών, η απόσταση μεταξύ των γραμμών και η προσβασιμότητα του χωραφιού είναι κρίσιμοι παράγοντες.

Υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για την καλύτερη πρακτική συγκομιδής για κάθε φυτό. Με δεδομένο ότι πολλά από αυτά τα φυτά είναι καινούρια για την ελληνική γεωργία οι πληροφορίες αυτές πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

Τέλος, ο παραγωγός δε θα πρέπει να αποτρέψει τη δημόσια πρόσβαση στο αγρόκτημα, μέσω της νομικής ή άλλης οδού.

Μια ανάλογη προσπάθεια ανάπτυξης καινοτόμων δράσεων, στην πραγματικότητα, θα πρέπει να διευκολύνει την πρόσβαση σε μια περιοχή προσθέτοντας, εισόδους, σήματα και πινακίδες πληροφοριών.



Προετοιμασία εδάφους

Για την επιτυχία μιας νέας καλλιέργειας, ο παραγωγός θα πρέπει να προετοιμάσει τη γη προσεκτικά.

Όλα τα φυτά θα χρειαστούν ζιζανιοκτόνα στη φάση εγκατάστασης.

Οι πολυετείς καλλιέργειες μετά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης τους, μπορούν να επιβιώσουν χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων.

Συνεπώς, η καλλιέργεια ετήσιων φυτών απαιτεί συγκριτικά μεγαλύτερη χρήση ζιζανιοκτόνων απ' ό τι η καλλιέργεια πολυετών φυτών.

Εγκατάσταση

Όπως σε όλες τις συμβατικές καλλιέργειες, η επιλογή της περιοχής εγκατάστασης γίνεται μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμη αγορά και έχει επιβεβαιωθεί η οικονομική βιωσιμότητα των καλλιεργειών.

Επίσης, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η εισαγωγή ενεργειακών καλλιεργειών σε μια συγκεκριμένη περιοχή, θα καταλάβει ένα μικρό ποσοστό των διαθέσιμων γαιών. Για παράδειγμα, η απαιτούμενη έκταση για την λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δεδομένη παραγωγή ξηρής ουσίας από 2 έως 3 τόνους/στρέμμα, δίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Εκτίμηση του ποσοστού της απαιτούμενης έκτασης για τη λειτουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας 10, 20 και 30 MW, για διάφορες ακτίνες μεταφοράς του συγκομιζόμενου υλικού και διάφορες αποδόσεις σε ξηρή ουσία.

		Ακτίνα 20 χλμ. (1.200.000 στρ.)	Ακτίνα 30 χλμ. (2.700.000 στρ.)	Ακτίνα 40 χλμ. (4.800.000 στρ.)
Μονάδα 10 MW *				
Απόδοση:	2 τόν/στρ	2,5%	1,11%	0,63%
	3 τόν/στρ	1,67%	0,74%	0,42%
Μονάδα 20 MW *				
Απόδοση:	2 τόν/στρ	5%	2,2%	1,25%
	3 τόν/στρ	3,3%	1,48%	0,83%
Μονάδα 30 MW *				
Απόδοση:	2 τόν/στρ	7,5%	3,33%	1,88%
	3 τόν/στρ	5%	2,2%	1,25%

* για την παραγωγή 1 MW απαιτούνται περίπου 6.000 τόνοι ξηρής βιομάζας.

Συγκομιδή

Η συγκομιδή των ενεργειακών καλλιεργειών διαφέρει αρκετά από εκείνη των συμβατικών. Μερικές από τις σημαντικότερες διαφορές είναι οι ακόλουθες:

- ο χρόνος συγκομιδής των πολυετών ενεργειακών φυτών
- οι μέθοδοι συγκομιδής
- ο απαιτούμενος εξοπλισμός



Χρόνος συγκομιδής

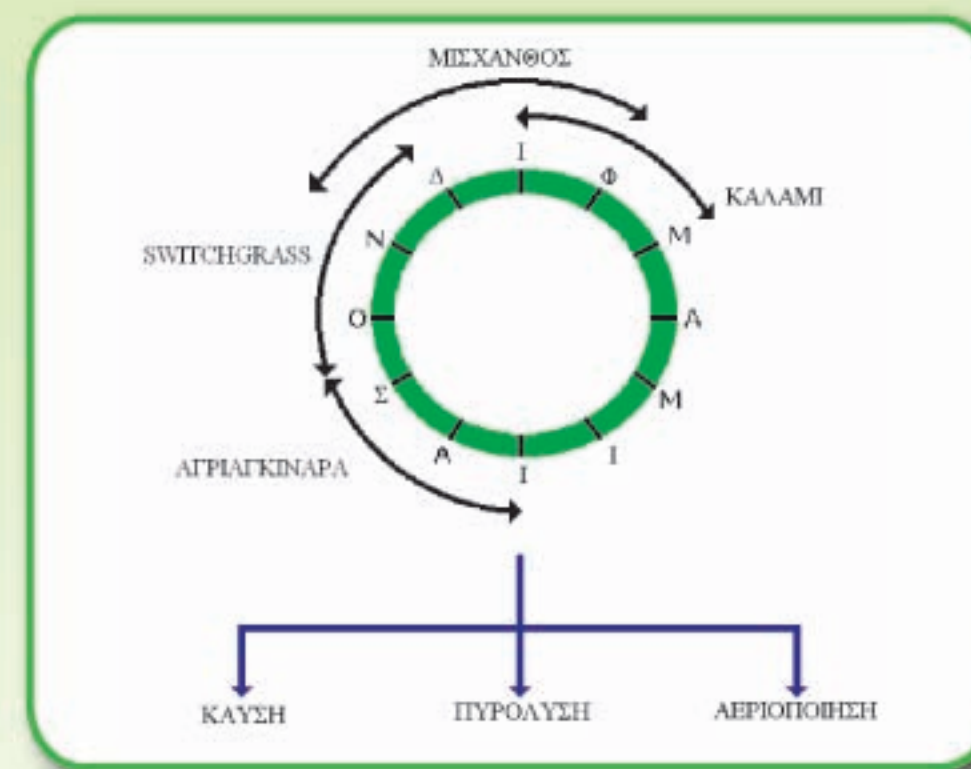
Η σταθερή παροχή πρώτης ύλης κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου λειτουργίας της μονάδας παραγωγής βιοενέργειας και/ή βιοκαυσίμων θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη βιωσιμότητά τους. Η επιλογή του σωστού συνδυασμού των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να βοηθήσει σε αυτό με ανάλογη κλιμάκωση του χρόνου συγκομιδής και ταυτόχρονη μείωση των αναγκών σε αποθηκευτικό χώρο.

Μεταξύ των προαναφερόμενων πολυετών ενεργειακών φυτών μόνο η αγριαγκινάρα συλλέγεται το καλοκαίρι. Το καλάμι, ο μίσχανθος και η ψευδακακία συλλέγονται το χειμώνα, από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο. Η χειμερινή συγκομιδή δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης εργατικού προσωπικού και μηχανημάτων σε μια περίοδο που οι εργατικές εργασίες είναι περιορισμένες.

Η συγκομιδή της αγριαγκινάρας γίνεται το καλοκαίρι (Ιούλιο έως Σεπτέμβριο), όταν ξηραθεί πλήρως, και πάντοτε πριν τη διασπορά των σπόρων. Καθώς η υγρασία της φυτείας είναι πολύ χαμηλή αυτή την εποχή τους έτους, είναι φρόνιμο η συγκομιδή να γίνεται το νωρίτερο δυνατό ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ενδεικτικό σύστημα εναλλαγής πολυετών καλλιεργειών.

Σχήμα 5. Ενδεικτικό σύστημα εναλλαγής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και/ή πυρολυτικού ελαίου.



Αποθήκευση

Η αποθήκευση της βιομάζας των πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση υλικού σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, καθώς ο χρόνος συγκομιδής δεν ταυτίζεται με το χρόνο χρήσης του προϊόντος.

Η αποθήκευση του υλικού μπορεί να γίνει είτε στην ίδια τη φυτεία, ή σε κάποιο άλλο σημείο του αγροκτήματος, ή σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο ή και στη μονάδα παραγωγής ενέργειας.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, οι οποίες σχετίζονται με την ποσότητα του υλικού, τον τύπο αποθήκευσης (εσωτερικές ή εξωτερικές) και την πρόσβαση των οχημάτων.

Η βιομάζα μπορεί να αποθηκευτεί σε μορφή ψιλοτεμαχισμένου υλικού (διαφόρων διαστάσεων), μπάλας, δεματιού ή συσσωματώματος (pellets).

Τα δεμάτια συνήθως αποθηκεύονται σε απλές εσωτερικές εγκαταστάσεις, οι οποίες είτε σκεπάζονται με κάποιο πλαστικό υλικό είτε όχι. Γενικά συνίσταται η κάλυψη με αδιάβροχο πλαστικό υλικό για να αποφευχθούν αυξομειώσεις της υγρασίας.

Το ψιλοτεμαχισμένο και συμπιεσμένο υλικό, καθώς και οι μπάλες αποθηκεύονται αποτελεσματικότερα σε στεγασμένες εγκαταστάσεις, πλην όμως μπορούν να αποθηκεύονται και υπαίθρια. Σπάνια αποθηκεύονται σε ειδικές εγκαταστάσεις, όπως είναι τα σιλό διαφόρων τύπων.

Οι συνθήκες αποθήκευσης και ειδικά η υγρασία του υλικού καθορίζουν τη ποιότητά του. Αν η θρυμματισμένη βιομάζα είναι ιδιαίτερα υγρή υπάρχει κίνδυνος η θερμοκρασία της να ανέβει ταχύτατα (λόγω έντονης ανάπτυξης μικροβιακής δραστηριότητας) και να αποσυντεθεί.

Αυτό οδηγεί σε απώλεια ξηρής ουσίας, απώλεια ενεργειακού περιεχομένου, κίνδυνο για τη δημόσια υγεία με τη διασπορά σπορίων διάφορων μικροοργανισμών και κίνδυνο πυρκαγιάς.

Για τους παραπάνω λόγους, γίνονται προσπάθειες, είτε να μειωθεί ο χρόνος αποθήκευσης, είτε να βελτιωθούν οι συνθήκες αποθήκευσης, ώστε να περιοριστούν τα προβλήματα που προαναφέραμε.



Μεταφορά

Το μέγεθος της μονάδας παραγωγής βιοκαυσίμων και/ή βιοενέργειας και η απόσταση από το τόπο παραγωγής της βιομάζας καθορίζουν τον αριθμό των φορτηγών που απαιτούνται κάθε μέρα. Μια μέση ακτίνα 20-40 χιλιομέτρων θεωρείται ικανοποιητική, ώστε να περιοριστεί το κόστος μεταφοράς και τα κυκλοφοριακά προβλήματα.

Μονάδες μικρού μεγέθους, που βρίσκονται κοντά στις φυτείες, μπορούν να εξυπηρετηθούν με απλούς ελκυστήρες και πλατφόρμες. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες μονάδες θα πρέπει να γίνει εποχιακή χρήση φορτηγών, ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής τροφοδοσία της μονάδας.

Σημαντική είναι επίσης η μορφή με την οποία θα μεταφερθεί η βιομάζα. Κρίνεται σκόπιμο η βιομάζα να μεταφέρεται σε εξευγενισμένη μορφή (δέματα, pellets, κ.ά.) έτσι ώστε να διευκολύνονται οι συνθήκες μεταφοράς.

Παρόλα αυτά η τελική επιλογή θα εξαρτηθεί από το που είναι ευκολότερο να πραγματοποιηθεί ο εξευγενισμός της βιομάζας: στο πεδίο συγκομιδής/συλλογής ή κοντά στη μονάδα ενεργειακής επεξεργασίας.



Με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμοσμένης έρευνας κι επίδειξης, οι ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν εξετασθεί μέχρι σήμερα παρουσιάζουν πολύ καλή προσαρμοστικότητα κι αρκετά ικανοποιητικές αποδόσεις στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες.

Πρέπει να τονισθεί ότι οι συγκεκριμένες καλλιέργειες έχουν μεγάλα περιθώρια αύξησης των αποδόσεών τους, αφού στο σύνολό τους πρόκειται για αβελτίωτους πληθυσμούς.

Ακόμη, οι ενεργειακές καλλιέργειες πλεονεκτούν έναντι των συμβατικών στο ότι μπορούν να εκμεταλλευτούν λιγότερο γόνιμα εδάφη, καθώς και χαμηλής ποιότητας νερό (π.χ. νερό από μονάδες βιολογικού καθαρισμού ή επεξεργασμένα απόβλητα κτηνο-πτηνο-τροφικών μονάδων). Τέλος, οι πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες, με το μόνιμο εκτεταμένο ριζικό τους σύστημα, μπορούν να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της διάβρωσης των εδαφών και της απορροής των λιπασμάτων σε κατώτερα εδαφικά στρώματα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη, λόγω των πλεονεκτημάτων των ενεργειακών καλλιεργειών, δείχνουν μεγάλο ενδιαφέρον για την είσοδό τους στην ευρωπαϊκή γεωργία. Εκτός των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ενεργειακές καλλιέργειες έχουν εξίσου σημαντικά κοινωνικο-οικονομικά οφέλη. Μερικά απ' αυτά είναι η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο, η αύξηση του αγροτικού εισοδήματος, η συγκράτηση του αγροτικού πληθυσμού στις εστίες του, η αναζωογόνηση των λιγότερο αναπτυγμένων περιοχών, η δημιουργία νέων αγορών για τα αγροτικά προϊόντα κ.ά.

Λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων, σε ευρωπαϊκό κι εθνικό επίπεδο, έχουν ληφθεί μια σειρά μέτρων με στόχο την προώθηση και στήριξη των ενεργειακών καλλιεργειών. Ενδεικτικά αναφέρονται, η θέσπιση οικονομικών κινήτρων (Κοινοτική Οδηγία 1782/ 2003) για την παραγωγή τους, καθώς και ανάλογων κινήτρων για τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα.

Τέλος, ενδεικτικό της σημασίας που δίδει η Ε.Ε. στις ενεργειακές καλλιέργειες είναι το σενάριο της Λευκής Βίβλου για την Ενέργεια βάσει του οποίου προβλέπεται ότι το 2010, 45 εκατομμύρια ΤΙΠ (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου) θα παράγονται από ενεργειακές καλλιέργειες. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η παραγωγή της παραπάνω ποσότητας ενέργειας θα απαιτούσε την καλλιέργεια 100 εκατομμυρίων στρεμμάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Το ΚΑΠΕ, εναρμονιζόμενο, τόσο με την ευρωπαϊκή πολιτική, όσο και με τις ελληνικές κατευθύνσεις για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και την ανάπτυξη βιώσιμων σχημάτων παραγωγής ενέργειας από βιομάζα, έχει αναπτύξει αξιολογη δραστηριότητα, τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, κι έχει αποκτήσει σημαντική τεχνογνωσία μέσα από τη συστηματική του συμμετοχή σε σχετικά ερευνητικά έργα κι ανθρώπινα δίκτυα.

Η τεχνογνωσία αυτή, σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό και τις υποδομές που διαθέτει, επιτρέπει στο ΚΑΠΕ αφ' ενός μεν να στηρίζει τον εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό στο τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών, αφ' ετέρου να υποστηρίξει τεχνικά την εσωτερική αγορά και να συνδράμει στην ανάπτυξή της.

- Καθορισμός των "κατάλληλων αγορών" για τα ενεργειακά φυτά, ανά τύπο παραγόμενου καυσίμου (βιοκαύσιμα για οδικές μεταφορές και θερμικές εφαρμογές, στερεά καύσιμα για συνδυασμένη καύση με άνθρακα, κ.λπ.), καθώς επίσης και των εδαφικών τύπων που είναι διαθέσιμοι για την καλλιέργειά τους.
- Ο συνδυασμός υπολειμματικών μορφών βιομάζας και ενεργειακών καλλιεργειών θεωρείται ως η "καταλληλότερη πρόταση" για την ασφαλή τροφοδοσία μια μονάδας παραγωγής ενέργειας, τόσο για οικονομικούς όσο και για τεχνικούς λόγους.
- Η ανάπτυξη πιλοτικών καλλιεργειών και η ενσωμάτωσή τους σε ολοκληρωμένα σχήματα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα θα δώσει αποτελέσματα όσον αφορά στα παρακάτω θέματα:
 - επιβεβαίωση των εμπορικών αποδόσεων,
 - οικονομικότητα των καλλιεργειών,
 - τεχνικές συγκομιδής και διαχείρισης της παραγόμενης πρώτης ύλης,
 - αποφυγή τυχόν δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων,
 - ευελιξία στην εποχιακή οργάνωση της συγκομιδής, ανάλογα με τις ανάγκες της αγοράς.
- Η απουσία ουσιαστικής πολιτικής για την ενθάρρυνση των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ένας από τους βασικούς περιορισμούς στη διάδοσή τους. Οι πολιτικές κινήτρων των ενεργειακών καλλιεργειών, στην πραγματικότητα, περιορίζονται από τις απαιτήσεις της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ) και συνεπώς επηρεάζονται κυρίως από τα όρια της γεωργικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Η προώθηση των ενεργειακών καλλιεργειών πρέπει να πραγματοποιηθεί με στοχευόμενες δράσεις που θα συνδυάζουν τη γεωργική πολιτική με την προστασία του περιβάλλοντος και την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Σημαντική δράση πρέπει να είναι η ενημέρωση και παροχή πληροφόρησης στους εμπλεκόμενους φορείς και πρόσωπα (αγρότες, αγροτικοί συνεταιρισμοί, επενδυτές, επιστήμονες, πολιτικές και διοικητικές τοπικές αρχές), σχετικά με τη σκοπιμότητα και τα οφέλη της χρήσης των ενεργειακών καλλιεργειών.

1. ALEXOPOULOU E., CHRISTOU M., MARDIKIS, M., PIGNIATELLI, V., PISCIONERRI, I., SHARMA, N. and W. ELBERSEN, 2000: "Switchgrass in the Mediterranean region". In Proc. of 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry. Ed Kyritsis et.al, James & James Ltd, Volume II, pp.1634-1637.
2. ALEXOPOULOU, E., KIPRIOTIS E., GEORGIADIS, S. AND M. CHRISTOU. 2002a: "Effect of variety, plant density and irrigation on kenaf bark and core yields". Presented in the 12th European Biomass Conference, 17-21 June 2002, Amsterdam, Volume I, 345-348.
3. ALEXOPOULOU, E., KIPRIOTIS E., GEORGIADIS, S. AND M. CHRISTOU. 2002b: "Effect of year and site in the productivity of three late-maturity kenaf varieties". Presented in the 12th European Biomass Conference, 17-21 June 2002, Amsterdam, Volume I, 349-352.
4. ALEXOPOULOU E. AND M. CHRISTOU. 2002c: "Nitrogen effects on kenaf varieties grown in central Greece". Presented in the 12th European Biomass Conference, 17-21 June 2002, Amsterdam, Volume I, 357-360.
5. ALEXOPOULOU, E., CHRISTOU, M. AND M. MARDIKIS. 2002d: "Evaluation of switchgrass varieties in Greece". Presented in the 12th European Biomass Conference, 17-21 June 2002, Amsterdam, Volume I, 353-356.
6. CHRISTOU, M., PAPAVALASSIOU, D., ALEXOPOULOU, E., and A. CHATZIATHANASSIOU, 1998: "Comparative studies of two potential energy crops in Greece". In "Biomass for Energy and Industry". Proc. 10th European Conference. Ed. Chartier et. al., C.A.R.M.E.N. Press. Germany. pp. 935-938.
7. CHRISTOU, M., ALEXOPOULOU, E., ZAFIRIS, C., CHATZIATHANASSIOU, A., and D. PAPAVALASSIOU. 1999. "Miscanthus growing experience in Greece". 6th Symposium on Renewable Resources and 4th European Symposium on Industrial Crops and Products, pp. 356-367.
8. CHRISTOU, M., MARDIKIS, M. and E. ALEXOPOULOU, 2000a: "Propagation material and plant density effects on the Arundo Donax yields". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M, Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James & James Ltd, pp. 1622-1625.
9. CHRISTOU, M., ALEXOPOULOU E., and M. MARDIKIS, 2000b: "Giant Reed (*Arundo donax* L.) Network Improvement, Productivity and Biomass Quality". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M, Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James & James Ltd, pp. 1803-1806.
10. DALIANIS C., DJOURAS N. and SOOTER CH., 1996. Very short rotation and dense eucalypt plantations for energy. In: "Biomass for Energy, Industry and Environment" Proc. 9th European Bioenergy conference. Ed. Chartier et al., PERGAMON Press, UK.
11. DALIANIS, C., PANOUTSOU, C., and N. DERCAS, 1996: "Spanish Thistle Artichoke, *Cynara cardunculus* L., under Greek Conditions". In "Biomass for Energy and Environment". Proc. 9th European Bioenergy Conference. Ed. Chartier et. al., Pergamon Press U.K. pp.663-668.
12. DALIANIS C. and N. DJOURAS, 1997. Improvement of eucalypts management. An integrated approach: breeding, silviculture and economics. Final Report of AIR2-CT93-1678, DG XII, CRES.
13. ELBERSEN, H. W., CHRISTIAN, D. G., BACHER, W., ALEXOPOULOU, E., PIGNIATELLI, V. and D. VAN DEN BERG, 2000: "Switchgrass variety choice in Europe". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M, Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James & James Ltd, pp. 202-205.
14. ELBERSEN, H. W., CHRISTIAN, D. G., BACHER, W., ALEXOPOULOU, E., PIGNIATELLI, V., PISCIONERRI, I. and D. VAN DEN BERG, 2000: "The European switchgrass project". In Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M, Helm, P., Grassi, A. and D. Chiaramonti, D. (Eds.), Proceedings of the 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Seville, Spain, 5-9/6/2000. James & James Ltd, pp. 379-380.
15. ΕΘΙΑΓΕ: Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης
16. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδας (ΕΣΥΕ) - 2002. Αθήνα, Ελλάδα.
17. Ευρωπαϊκό Δίκτυο για την ελαιοκράμβη. Jan. 1999 - Dec. 1999. FAIR CT96 - 1946, Brassica carinata: "The outset of a new crop for biomass and industrial non-food".
18. ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Α., ΝΑΜΑΤΟΒ, Ε., ΚΑΒΑΔΑΚΗΣ, Γ., ΤΣΙΩΤΑΣ, Κ., ΠΑΝΟΥΤΣΟΥ, Κ. και Ν. ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ, 2000: "Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενεοτύπων σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας". Βόλος. 2ο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής.
19. ΚΑΒΑΔΑΚΗΣ, Γ., ΝΙΚΟΛΑΟΥ, Α., ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ, Ε., ΝΑΤΙΩΤΗ, Ε., ΜΗΤΣΙΟΥ, Χ., ΠΑΝΟΥΤΣΟΥ, Κ. και Ν. ΔΑΝΑΛΑΤΟΣ, 2000: "Ανάπτυξη και παραγωγικότητα βιομάζας και σακχάρων καλλιέργειας γλυκού σόργου (cv. Keller) στην Κεντρική Ελλάδα". Βόλος. 2ο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής.
20. <http://bioenergy.ornl.gov/>.
21. <http://www.cordis.lu/euroabstracts/en/june04/techno03.htm>
22. Μαντζής Δ., 1980. Επιτυχία αύξηση και αντοχή στους παγετούς ειδών ευκαλύπτου ηλικίας οκτώ ετών στη Βαρετάδα Αιτωλοακαρνανίας και Πρακότιο Ευβοίας. ΔΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ 1(1) σ.59-86.
23. Μετρο Α., 1969. Έρευνα επί της καλλιέργειας των ευκαλύπτων εν Ελλάδι. Έργον UNSF/FAO/GRE-20/230 "Ενίσχυσις του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών. Ηνωμένα Έθνη και Ελλάς".
24. Πανέτσος Κ., 1975. Είδη ευκαλύπτου εις ευκαλυπτόνα λάττια. Αύξεις-Προσαρμογή. Αυτοτελείς εκδόσεις Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Νο 65, σελ. 26.
25. Πανούτσου Κ., 1996: "Ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα". Στο "Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ". ΚΑΠΕ. Τόμος Α. Σελ. 106-119.
26. PANOUTSOU, C. And A. NIKOLAOU. 2002: "A review of progress made with growing energy crops in EU. Economic appraisal of wheat and miscanthus in selected Member States". Presented in the World Renewable Energy Conference. Cologne, Germany. July 2002.
27. C. PANOUTSOU. 2004: "Strategic analysis for the future implementation of energy crops". Presented in the 2nd World Biomass Conference in Rome, 10-14 May 2004.
28. Σούτερ Χ., Καλλιβρούσης Α., Πανούτσου Κ. και Ν. Ντζούρας, 1997. Αξιοποίηση λιγνιτορυχείων ΔΕΗ. Στη: Μελέτη με τίτλο «Διερεύνηση δυνατοτήτων αξιοποίησης βιομάζας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ» Β' τόμος. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας - Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού / Διεύθυνση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας.
29. www.energies-rounvelables.org/observ-er "last accessed in June 2004"
30. www.fao.org "last updated February 2006"
31. www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy
32. www.novem.nl. Final Report September 2000.
33. www.ufop.de/download/FlowerPower.pdf