

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

για την παραγωγή
υγρών και στερεών βιοκαυσίμων
στην ΕΛΛΑΔΑ

Οδηγίες
για την ανάπτυξη
μιας αειφόρου
Βιομηχανίας



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Ενεργειακές
καλλιέργειες
για την παραγωγή
υγρών και στερεών
βιοκαυσίμων
στην Ελλάδα



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	5
Τι είναι Βιομάζα	6
Ενεργειακές καλλιέργειες	7
Περιβαλλοντικά οφέλη	8
Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη	10
Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών Βιοκαυσίμων	11
Υγρά βιοκαύσιμα	12
Ευρωπαϊκή κατάσταση	12
Βιοντήζελ	13
Ελαιοκράμβη	15
Ηλιανθος	16
Βιοαιθανόλη	17
Γλυκό σόργο	18
Σπάρη- Κριθάρι	20
Ζαχαρότευτλα	21
Αραβόσιτος	22
Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή στερεών Βιοκαυσίμων	23
Ευκάλυπτος	24
Ψευδακακία	25
Κάλαμι	26
Μισχανθος	27
Αγριοαγκινάρα	29
Switchgrass.....	30
Κυτταρινούχο Σόργο	32
Κενάφ	33
Εγκατάσταση και διαχείριση Βιομάζας από Ενεργειακές Καλλιέργειες	34
Αξιολόγηση της περιοχής εγκατάστασης	35
Προσφορά και ζήτηση	35
Καθορισμός της περιοχής	35
Επιδράσεις στο τοπίο	35
Η ισορροπία μεταξύ βροχόπτωσης και αποστράγγιση	35
Φυτικοί εκθροί και ασθένειες	35
Κλίση εδάφους	35
Σχεδιασμός της καλλιέργειας	36
Προετοιμασία εδάφους	36
Εγκατάσταση	37
Συγκομιδή	38
Χρόνος συγκομιδής	39
Αποθήκευση	40
Μεταφορά	41
Συμπεράσματα	42
Προτάσεις	44
Βιβλιογραφία	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή βιοκαυσίμων (ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για βιοαιθανόλη, ηλιανθος για βιοντήζελ, 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 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 και άλλες αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις.

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 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 επίσης ενεργειακές καλλιέργειες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα κι ο ηλιανθος όταν χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη και βιοντήζελ).

Οι «νέες» ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα ανά μονάδα γης κι 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.)

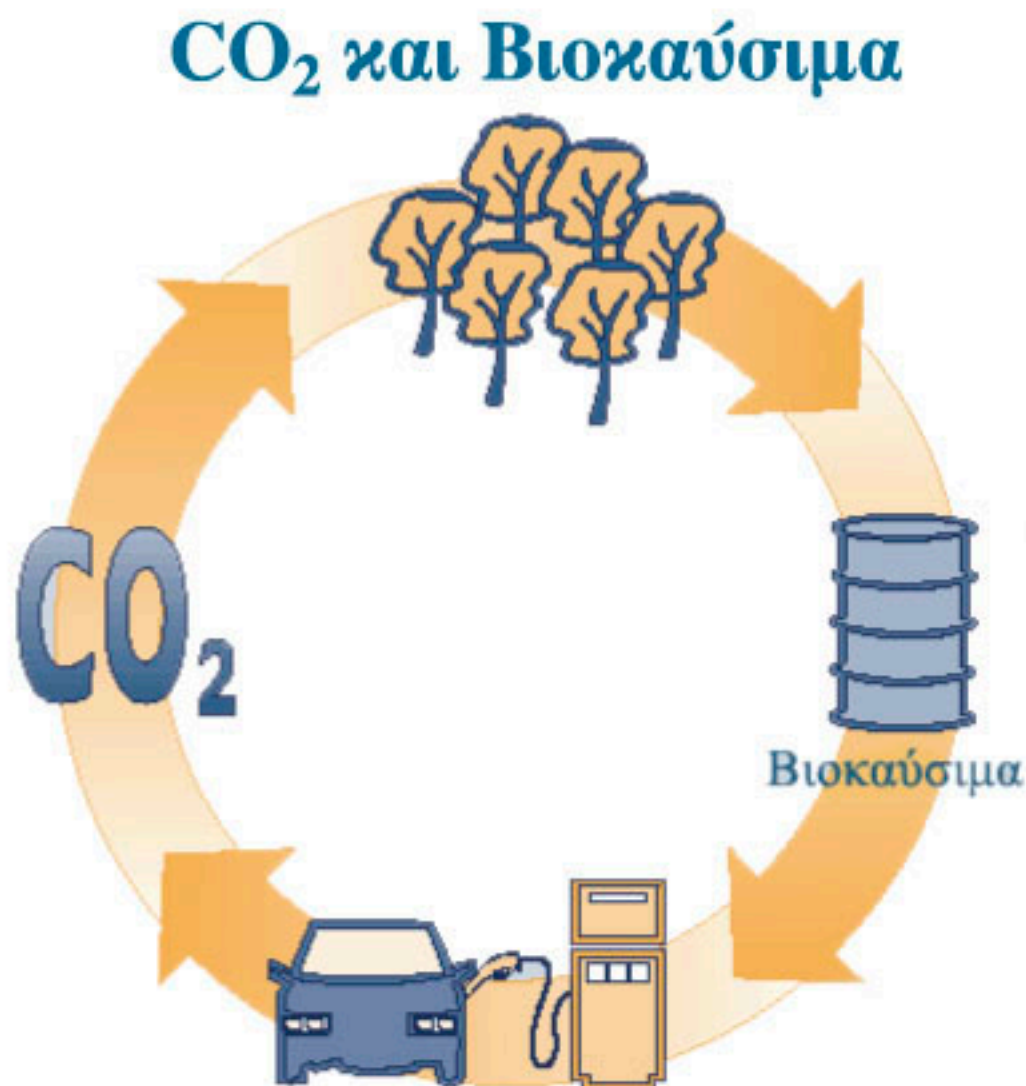
- Ετήσιες

- Γλυκό και κυτταρινούχο σόργο (*Sorghum bicolor* L.)
- Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)
- Ελαιοκράμβη (*Brassica napus*, *Brassica carinata*)
- Ηλιανθος (*Helianthus annuus* L.)
- Σιτάρι (*Triticum aestivum* L.)
- Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.)
- Αραβόσιτος (*Zea mays* L.)
- Κριθάρι (*Hordeum sativum/Vulgare* L.)

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



Πηγή: DOE

Πίνακας 1: Περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών.

<p>Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου</p>	<p>Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO₂ καθώς η ποσότητα του CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοκώνεται από το φυτό κατά την φωτοσύνθεση.</p>
<p>Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους</p>	<p>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.</p>
<p>Διαχείριση νερού</p>	<p>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. Άλλα φυτά, όπως ο ευκάλυπτος και το καλάμι, μπορούν να αναπτυχθούν ικανοποιητικά χωρίς άρδευση, αν και όταν αρδεύονται η παραγωγή τους σε βιομάζα είναι υψηλότερη. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι όλες οι ενεργειακές καλλιέργειες (που παρουσιάζονται στο έντυπο) έχουν μέτρια έως υψηλή αποτελεσματικότητα χρήσης νερού.</p>
<p>Χαμηλές εισροές σε λιπάσματα</p>	<p>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.</p>
<p>Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων</p>	<p>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.</p>
<p>Εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας</p>	<p>Οι ενεργειακές καλλιέργειες μπορούν να αποτελέσουν εναλλακτικές λύσεις σε εγκαταλελειμμένες περιοχές χαμηλής γονιμότητας καθώς προσαρμόζονται εύκολα και αποδίδουν ικανοποιητικά σε μεγάλο εύρος εδαφών.</p>

Κοινωνικο-οικονομικά οφέλη

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

Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων	Οι ενεργειακές καλλιεργείες 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 διείσδυση των ενεργειακών καλλιεργειών στην εσωτερική αγορά μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό αγροτικό εισόδημα σε σχέση με ορισμένες συμβατικές καλλιεργείες και να ενισχύσει τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων των γεωργών
Μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών	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 αιφόρου 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

Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων

Οι ενεργειακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Ελλάδα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων είναι ο ηλιανθος κι η ελαιοκράμβη για βιοντίζελ και για βιοαιθανόλη το σπάρρι, 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 (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιλά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρέμμα)
Βιοντίζελ	Ηλιανθος	120 - 210	40 - 70	43 - 75
	Ελαιοκράμβη	120 - 250	40 - 83	43 - 90
	Βαμβάκι	120 - 160	17 - 23	18 - 25
Βιοαιθανόλη	Σόγια	160 - 240	27 - 41	29 - 44
	Σπάρρι	150 - 800	36 - 190	45 - 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Τεύτλα	6.000	475	600
	Σόργο	7.000 - 10.000	553 - 790	675 - 900

Υγρά Βιοκαύσιμα

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

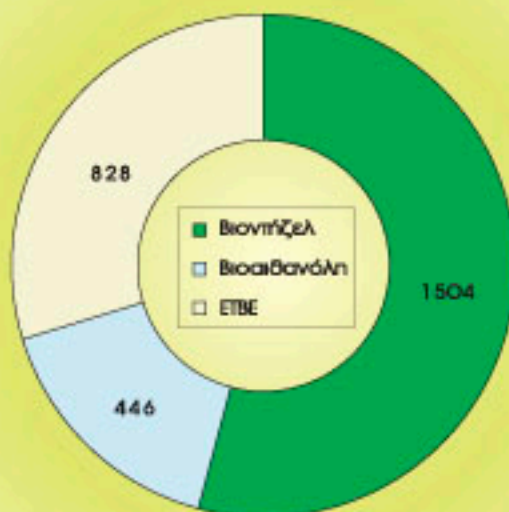
Τα βιοκαύσιμα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον από τα συμβατικά καύσιμα γιατί έχουν λιγότερες εκπομπές, χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες και συμβάλλουν στη μείωση των εισαγωγών συμβατικών καυσίμων και στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Ευρωπαϊκή κατάσταση

Το Μάιο 2003, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε νέα Οδηγία (2003/30/ΕΚ) σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές. Η οδηγία θέτει συγκεκριμένο ελάχιστο ποσοστό βιοκαυσίμων σε αντικατάσταση του ντήζελ 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%.

Η συνδυασμένη Ευρωπαϊκή παραγωγή (ΕΕ25) για το 2003 και των δύο αυτών βιοκαυσίμων ανήλθε σε 1.950.140 τόνους. Επιπλέον παρήχθησαν 828.040 τόνοι ΕΤΒΕ (αιθυλο-τριτοταγής βουτυλ-αιθέρας).

Σχήμα 2. Παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (χιλιάδες τόνοι) σε χώρες της ΕΕ25, το 2003.

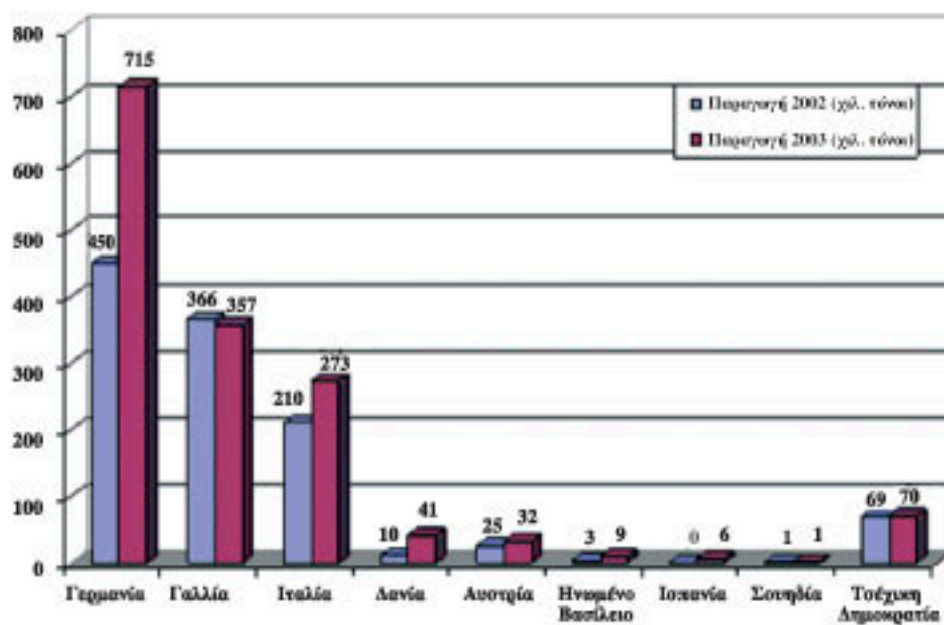


Το βιοντήζελ είναι μεθυλεστέρας ο οποίος παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους (ηλιάνθος, ελαιοκράμβη, κ.ά) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μίγμα με ντήζελ σε πετρελαιοκινητήρες.

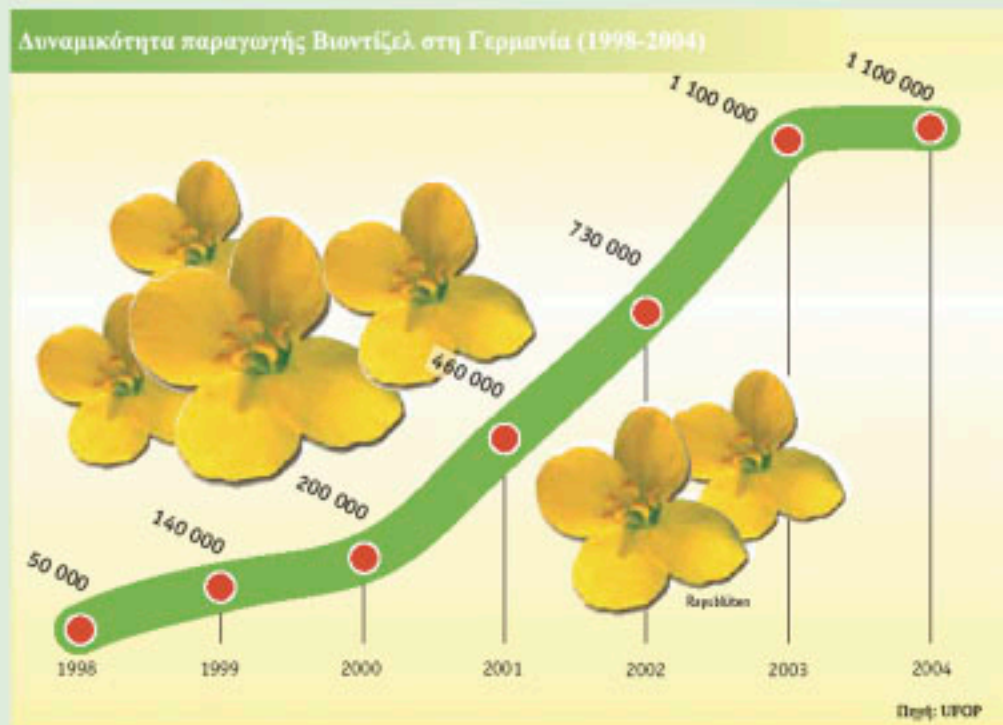
Ο κύριος τρόπος παραγωγής του βιοντήζελ είναι η μετεστεροποίηση των φυτικών ελαίων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ25) είναι ο κύριος παραγωγός βιοντήζελ σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αντίστοιχη παραγωγή σε βιοκαύσιμο ανήλθε σε 1.504.000 τόνους για το 2003 και προερχόταν από εννέα χώρες της ΕΕ25 (οκτώ από την ΕΕ15 και την Τσεχία από τα νέα κράτη μέλη). Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή βιοντήζελ παρουσίασε μέση ετήσια αύξηση 34,5% για την περίοδο 1992-2003, η οποία αντιστοιχεί σε επίπεδο παραγωγής 26 φορές μεγαλύτερο από αυτό του 1992.

Σχήμα 3. Παραγωγή βιοντήζελ (χιλ. τόνοι) σε χώρες της ΕΕ25 το 2002 και 2003.



Σχήμα 4. Δυναμικότητα παραγωγής βιοντήζελ στη Γερμανία (1998-2004).
Πηγή UFOP.



Από τις παραγωγούς χώρες ηγετικό ρόλο έχει η Γερμανία. Η δυναμικότητα παραγωγής του 2003- 2004 (1.100.000 τόνοι) είναι 58,9% περισσότερη από την αντίστοιχη του 2002. Η ραγδαία εξέλιξη οφείλεται στην ευνοϊκή νομοθεσία και στις χαμηλές τιμές των φυτικών λαδιών σε συνδυασμό με την υψηλή τιμή του ντήζελ.

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 Βρασσικιδών (Cruciferae or Brassicaceae). Πολλαπλασιάζεται με σπόρο και καλλιεργείται κυρίως σαν 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 πίτα) χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγό φυτό, μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο. Ο μικρός στρογγυλός σπόρος της έχει κατά μέσο όρο μεγάλη περιεκτικότητα σε λάδι (30-50%) και η πίτα της είναι πολύ πλούσια σε πρωτεΐνη (10-45%). Οι τεχνικές καλλιέργειες 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 ανάπτυξης 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 ανοιξιάτικη. Η *Brassica carinata* L. Braun είναι φυτό, αιθιοπικής προέλευσης, ψηλό, με μεγάλη φυλλική επιφάνεια συγγενές της ελαιοκράμβης (*Brassica napus* L.) και βάση 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 ανοιξιάτικη 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 120 έως 250 κιλά/στρέμμα και 300 ως 800 κιλά/στρέμμα, αντίστοιχα.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μέσο όρο 120-250 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-90 λίτρα βιοντήζελ.

Ηλίανθος

Επιστημονικό όνομα: *Helianthus annuus L.*

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Ο ηλίανθος, είναι ετήσιο φυτό το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατομμυρίων τόνων το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτό, περισσότερα από 100 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη και 1,7 εκατομμύρια στην Ιταλία (0,17 εκατομμύρια στρέμματα στην Ελλάδα) [www.fao.org, 2004].

Στην Ελλάδα, ο ηλίανθος θεωρείται σημαντικό φυτό, κι η καλλιέργειά του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση, καθώς και η συνολική παραγωγή με ηλίανθο σχεδόν διπλασιάστηκαν (2 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 3,6 εκατομμύρια στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή των 0,033 εκατομμυρίων τόνων και 0,050 εκατομμυρίων τόνων, αντίστοιχα (ΕΣΥΕ).

Εναλλακτική χρήση

Ο ηλίανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντήζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (EE25) είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντήζελ (1.504.000 τόνοι το 2003) σε παγκόσμιο επίπεδο, (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER), από το οποίο περισσότερο από 10% προέρχεται από τον ηλίανθο. Η Ιταλία που είναι ο τρίτος παραγωγός βιοντήζελ στην Ευρώπη χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη κυρίως τον ηλίανθο (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER).

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Από 1 στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 120-210 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-75 λίτρα βιοντήζελ.



Η βιοαιθανόλη είναι ευρέως παραγόμενο βιοκαύσιμο με περισσότερα 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 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 2003, η παραγωγή αιθανόλης ανήλθε σε 446.610 τόνους έναντι 387.960 τόνους το 2002 (με μια αύξηση 14% που οφείλεται κυρίως στην Πολωνία- 65.660 τόνους το 2002 και 131.640 τόνους το 2003) (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER).

Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα, κутταρινούχα 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, EUROBSERVER).

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι από το Μάιο 2004 λειτουργεί στη Σουηδία (Ornskoldsvik) πιλοτική μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης από κутταρίνες προερχόμενες από διάφορα είδη ξύλου, άχυρο ή υπολείμματα.

Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρό-τεύτλα κι η « νέα » καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

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, Mn1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Το κλωρό βάρος κυμαίνεται από 8,0-10,0 τόνους/στρέμμα στη Γερμανία, σε 9,2 τόνους/στρέμμα στην Ισπανία και μπορεί να φτάσει τους 14,1 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. Τα κύρια συμπεράσματα από την πολυετή έρευνα συνοψίζονται παρακάτω.

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, μέση παραγωγή 675 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 αξιοποίησης 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 573,5 εκατομμυρίων τόνων το 2002. Το κριθάρι, χρησιμοποιείται κυρίως σα ζωτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στους 136,5 εκατομμύρια τόνους το 2002, (www.fao.org, 2004).

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 (σκληρό και μαλακό) ήταν 6,3 εκατομμύρια στρέμματα το σκληρό και 2 εκατομμύρια στρέμματα το μαλακό (1999), με παραγωγή 1,50 και 0,48 εκατομμύρια τόνους, αντίστοιχα. Η συνολική παραγωγή του σιταριού στην Ελλάδα ξεπέρασε τους 2 εκατομμύρια τόνους το 2002, [ΕΣΥΕ]. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σκληρού σιταριού κυμαίνονται από 150-800 κιλά/στρέμμα, κι οι αντίστοιχες του μαλακού σιταριού 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 1,3 εκατομμύρια στρέμματα το 1999, με ετήσια παραγωγή 0,29 εκατομμυρίων τόνων, αντίστοιχα [ΕΣΥΕ]. 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 πρώτη ύλη για παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Ισπανία έχει τη σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης. Εκτιμάται ότι η δυναμικότητα παραγωγής βιοαιθανόλης θα φθάσει στα 500 εκατομμύρια λίτρα (σε τρία εργοστάσια) το 2004, με πρώτη ύλη σιτάρι και κριθάρι.

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.lnoven.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 διεικής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα (επί κλωρού βάρους), κάνοντάς το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο (Duke 1983). Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τους 257 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε περισσότερα από 60 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά 5,5 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και περισσότερο από 40 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη. (www.fao.org, 2004).

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Αν κι η συνολική παραγωγή τους μειώθηκε ελάχιστα, η συνολική καλλιεργημένη έκταση αυξήθηκε βαθμιαία (0,40 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 0,43 εκατομμύρια στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή 2,6 και 2,4 εκατ. τόνους, αντίστοιχα (ΕΣΥΕ). Σύμφωνα με τον FAO, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων ανέρχονται σε 6.250 κιλά/στρέμμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι, αυτές οι αποδόσεις είναι από τις υψηλότερες που παρατηρούνται στις ευρωπαϊκές χώρες (www.fao.org). Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για παραγωγή ζάχαρης, καθώς και για ζωτροφή.

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 κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.



Αραβόσιτος

Επιστημονικό όνομα: *Zea mays L.*

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Σύμφωνα με τον FAO (www.fao.org, 2004), η παγκόσμια παραγωγή αραβοσίτου έφθασε στους 604 εκατομμύρια τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 1.383 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά, πάνω από 280 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις ΗΠΑ και 134 εκατομμύρια στρέμματα στην Ευρώπη (2,2 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 παρέμεινε σχεδόν σταθερή την τελευταία δεκαετία (2,3 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 2,1 εκατομμύρια στρέμματα το 1999), με ετήσια παραγωγή 2,3 και 2 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβοσίτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά/στρέμμα. Οι αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο (9% του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού/Δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 35-50%.

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 στους 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 για την γεωργική οικονομία είναι 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 κατά μέσο όρο 270 λίτρα βιοαιθανόλης.



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 ο ευκάλυπτος, η ψευδακακία, το καλάμι, ο μίσχανθος, η αγριοαγκινάρα, το switchgrass (είδος κεχριού), το κυτταρινούχο σόργο και το κενάφ.

Πίνακας 4. Στρεμματικές αποδόσεις ενεργειακών καλλιεργειών για την παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων και το ενεργειακό τους περιεχόμενο.

Ενεργειακή καλλιέργεια	Θερμογόνο δύναμη (MJ/Kg)	Αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα (τόνοι/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΠΠ/στρέμμα)
Ευκάλυπτος	19,0	1,8 - 3,2	0,8 - 1,3
Ψευδακακία	19,4	0,24 - 1,34	0,1 - 0,6
Καλάμι	18,6	2 - 3	0,9 - 1,3
Μίσχανθος	17,3	0,8 - 3	0,3 - 1,2
Αγριοαγκινάρα	14,5	1,7 - 3,3	0,6 - 1,1
Switchgrass	17,4	2,6	1,1

ΤΠΠ: Τόνοι Ισοδυναμίου Πετρελαίου

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, Μαντζίρης 1980, Dalianis et al., 1996), φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί 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.

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 περιτροπών 64 τόνους/στρέμμα/έτος και 28 τόνους/στρέμμα/έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περιτροπικού χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περιτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περιτροπικού χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 τόνων/στρέμμα/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 θερμικό δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΙΠ¹/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας κι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.



Ψευδακακία

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

Σύντομη περιγραφή του φυτού

Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι 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 λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνοι/στρέμμα/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.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Το ενεργειακό δυναμικό της ψευδακακίας είναι τυπικό των πλατύφυλλων φυτών της εύκρατης ζώνης και κυμαίνεται, για το ξύλο της, γύρω στα 19,44 MJ/kg.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμότητας κι 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 (Toblez, 1940), ενώ στη νότια Ιταλία περίπου 3,5 τόνων/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 (ίστις 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 Ιανουάριο έως και τις αρχές Μαρτίου.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Η θερμογόνος αξία του φυτού ανήλθε σε 18,6 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 καλάμιου μπορεί να φτάσει τους 1,29 TΠ/στρέμμα/έτος.

Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και κλωρίου, 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, σαν καλλωπιστικό φυτό.

Χαρακτηρίζεται από σχετικά υψηλές αποδόσεις σε κλωρή 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, σε αρδευόμενες εκτάσεις, 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 το ύψος της φυτείας μπορεί να φτάσει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμαίνεται 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 λιπάσσεως 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 εκμηδενίζονται.

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

Μίσχανθος

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 17,3 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).

Πιθανές χρήσεις

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



Αγριοαγκινάρα

Επιστημονικό όνομα: *Cynara cardunculus* L.

Σύντομη περιγραφή φυτού

Η αγριοαγκινάρα, είναι ένα πολυτελές είδος αγκαθιού, που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης.

Όπως όλα τα είδη αγκαθιών, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμη και χωρίς άρδευση, 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.

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 αγριοαγκινάρα 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.

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 αγριοαγκινάρας στην Ελλάδα, εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Σεπτεμβρίου, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες.

Ενεργειακές εκτιμήσεις

Η θερμογόνος δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού της αγριοαγκινάρας, κυμαίνεται από 14,53 MJ/kg ξηρού βάρους, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 24,73 MJ/kg ξηρού βάρους, για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Τα φύλλα 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 θερμογόνου δύναμη των διάφορων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 TΠ/στρέμμα/έτος.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.

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 σπόρο και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10 - 15°C. Η σπορά δεν πρέπει να γίνει σε βάθος μεγαλύτερο του 1 cm 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 αναβλασταίνει 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 έχει παρατηρηθεί να συμβαίνει μεταξύ τέλους Ιουλίου και αρχών Αυγούστου. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλος Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο (Alexorouliou, 2000, Alexorouliou 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 αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή (Elbersen, 2000a, b).



Switchgrass

Αποδόσεις σε πειραματικό στάδιο

Η λίπανση μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή αφού η απόδοση καλλιεργειών που δε δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας το στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιέργειας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12 kg αζώτου το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα. Τέλος η άρδευση κατά τη περίοδο Μαΐου-Ιουλίου (έναρξη άνθησης) φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις του φυτού. Στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις αυτή την περίοδο είναι σπάνιες οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά έως τους 2,1 τόνους για την αρδευόμενη καλλιέργεια.

Πιθανές χρήσεις

Παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες



Κυτταρινούχο Σόργο

Επιστημονικό όνομα: *Sorghum bicolor* L.

Σύντομη περιγραφή του 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 σαρωθροποιίας.

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 (Wt_{dry}) 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 2,8 τόνους/στρέμμα.

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

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, σαν πρώτη ύλη, για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.



Επιστημονικό όνομα: *Hibiscus cannabinus* L.

Σύντομη περιγραφή του 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. Αντικείμενο της έρευνας αποτελούν η προσαρμοστικότητα του φυτού στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες, καθώς και η επίδραση διαφόρων πυκνοτήτων φυτών στην ανάπτυξη και τις τελικές αποδόσεις, όπως επίσης και η δυνατότητα χρήσης του φυτού ως στερεό καύσιμο και βιομηχανικό προϊόν (χαρτοπολτός, μορισσανίδες, κ.λπ.).

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις τόσο σε κλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία καταγράφηκαν στις όψιμες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργήθηκαν κάτω από τη μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών. 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 (Αλεχορούλου, 2002 α, β, γ).

Στην Ελλάδα η συγκομιδή του κενάφ εντοπίζεται στο διάστημα από τον Οκτώβριο έως και τον Ιανουάριο ανάλογα με την τελική χρήση.

Πιθανές χρήσεις

Οι πιθανές χρήσεις του φυτού αφορούν στην παραγωγή ενέργειας και βιομηχανικών προϊόντων, όπως χαρτοπολτού, δομικών υλικών, κ.α.



Εγκατάσταση & 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 ληφθούν υπόψη στο 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 της καλλιέργειας 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 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 χωροθέτηση του φυτού, 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, θα πρέπει να εντείνει την προσβασιμότητα 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.

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

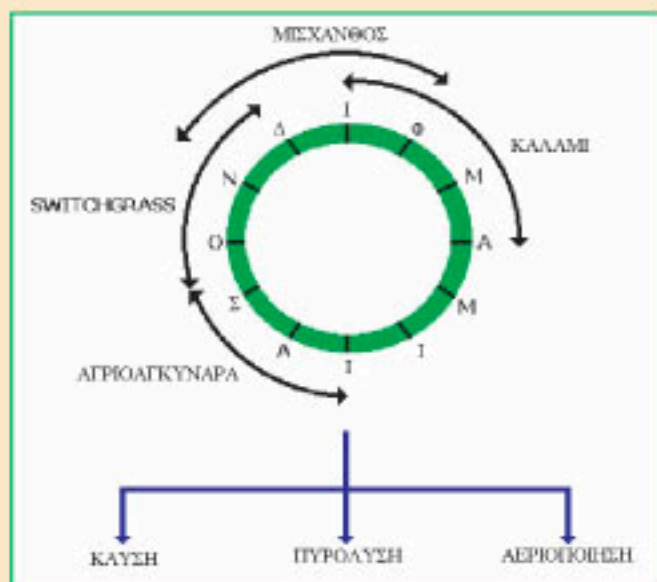


Χρόνος συγκομιδής

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 αγριοαγκινάρα συγκομίζεται το καλοκαίρι. Η χειμερινή συγκομιδή των ενεργειακών καλλιεργειών δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης εργατικού προσωπικού και μηχανημάτων σε μια περίοδο που οι γεωργικές εργασίες είναι περιορισμένες.

Η συγκομιδή της αγριοαγκινάρας γίνεται το καλοκαίρι (βούλιο 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 χρονοδιάγραμμα συγκομιδής πολυετών καλλιεργειών.

Σχήμα 5. Ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα συγκομιδής πολυετών καλλιεργειών για παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας και/ή πυρολυτικού ελαίου.



Αποθήκευση

Η αποθήκευση της βιομάζας των 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 (εσωτερικά ή εξωτερικά) 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, κίνδυνος 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 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.

Συμπεράσματα

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, μέσω της εφαρμογής κατάλληλα προσαρμοσμένων στις τοπικές εδαφο-κλιματικές συνθήκες καλλιεργητικών τεχνικών καθώς και μέσω γενετικής βελτίωσης των ήδη εξεταζόμενων φυτικών ειδών.

Ακόμη, οι ενεργειακές καλλιέργειες πλεονεκτούν έναντι των συμβατικών στο ότι μπορούν να εκμεταλλευτούν λιγότερο γόνιμα εδάφη καθώς και χαμηλής ποιότητας νερό (π.χ. νερό που έχει χρησιμοποιηθεί σε εργοστάσια ή κτηνο-πτηνο-τροφικές μονάδες). 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 εισαδό 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 TTP (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 αξιόλογη 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 στηρίξει τον εθνικό ενεργειακό σχεδιασμό στο τομέα των ενεργειακών καλλιεργειών, αφ' ετέρου δε να υποστηρίξει τεχνικά την εσωτερική αγορά και να συνδράμει στην ανάπτυξή της.

Προτάσεις

- 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, κλπ.) καθώς επίσης και τους εδαφικούς τύπους 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,
 - ▶ επίτευξη ευελιξίας στην κατά χρόνο 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 κινητήρων 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 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 τα πρόσωπα (αγρότες, αγροτικοί συνεταιρισμοί, επενδυτές, επιστήμονες, πολιτικές και διοικητικές τοπικές αρχές), προκειμένου να πεισθούν για τη σκοπιμότητα και τα οφέλη της εισαγωγής των ενεργειακών καλλιεργειών.

Βιβλιογραφία

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.). 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., PISCIONERI, 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. Μαντζίρης Δ., 1980. Επιτυχία αύξησης και αντοχή στους παγετούς ειδών ευκαλύπτου ηλικίας οκτώ ετών στη Βαρετάδα Αιτωλοακαρνανίας και Προκόπιο Ευβοίας. ΔΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ 1(1) σ.59-86.
23. Metro A., 1969. Έρευνα επί της καλλιέργειας των ευκαλύπτων εν Ελλάδι. Έργο UNSF/FAO/GRE-20/230 "Ενίσχυσις του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών. Ηνωμένα Έθνη και Ελλάδα".
24. Πανέτσος Κ., 1975. Είδη ευκαλύπτου εις ευκαλυπτόνα Λάτσα. Αύξησης-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 Λ., 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-renouvelables.org/observ-er/ "last accessed in June 2004"
30. www.fao.org/ "last updated February 2004"
31. www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/
32. www.novem.nl). Final Report September 2000.
33. www.ufop.de/download/FlowerPower.pdf.



**ΚΑΠΕ
CRES**

**ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ
ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

19ο χιλ. Λεωφ. Μαραθώνος
190 09 Πικέρμι Αττικής
Τηλ.: 210 6603300, Fax: 210 6603302
<http://www.cres.gr> - e-mail: cres@cres.gr