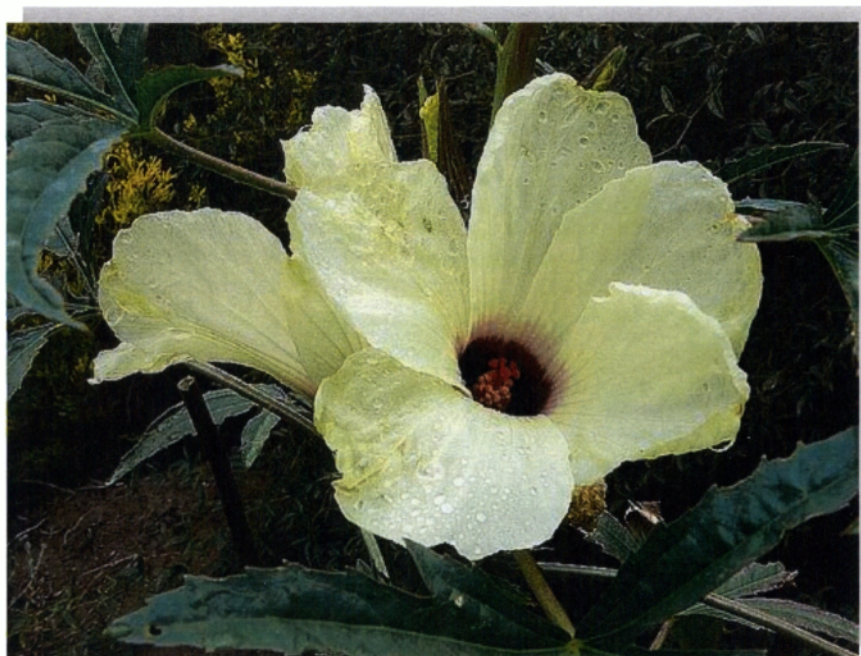


Α.Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (ΤΕ.ΓΕΠ)



**ΤΙΤΛΟΣ: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΝΑΦ
(HIBISCUS CANNABINUS L.) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.**



ΚΕΛΓΙΩΡΓΗ ΑΡΙΣΤΕΑ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΡΖΑΚΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΪΟΣ 2011

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (ΤΕ.ΓΕΠ)

**ΤΙΤΛΟΣ: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΝΑΦ
(HIBISCUS CANNABINUS L.) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.**

ΚΕΛΓΙΩΡΓΗ ΑΡΙΣΤΕΑ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΡΖΑΚΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ
ΚΑΛΑΜΑΤΑ, ΜΑΪΟΣ 2011

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον εισηγητή μου Επίκουρο Καθηγητή κ. Βαρζάκα Θεόδωρο, για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξή του, για την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου.

Επίσης την οικογένειά μου για την πολύτιμη στήριξη όλων αυτών των χρόνων.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με το θέμα των ενεργειακών καλλιεργειών και ειδικότερα το φυτό ΚΕΝΑΦ (HIBISCUS CANNABINUS L.).

Στο πρώτο μέρος της εργασίας γίνεται αναφορά στα ενεργειακά φυτά και τα οφέλη τους. Παρουσιάζονται τα σημαντικότερα από αυτά. Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση του όρου της βιομάζας, ειδικότερα, παραγωγή αυτής, ποια είναι τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματά της και ποιες είναι οι μετατροπές και οι χρήσεις της.

Στο επόμενο κεφάλαιο, ειδικευόμαστε στο ενεργειακό φυτό ΚΕΝΑΦ. Γίνεται λόγος για την καλλιέργεια, την παραγωγή, καθώς και τα χαρακτηριστικά του. Ακολουθούν οι παλαιότερες και νέες χρήσεις του ΚΕΝΑΦ, αλλά και ποιες είναι οι παραγωγές του.

Καθώς αναπτύσσεται η πτυχιακή εργασία, γίνεται αναφορά στη σημερινή περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική κατάσταση στην Ελλάδα και την Ευρώπη. Επίσης, εξετάζονται τα οφέλη από τη χρήση του ΚΕΝΑΦ στους τομείς αυτούς.

Στο τέλος παρουσιάζονται οι προτάσεις και οι προοπτικές της βιομάζας, καθώς επίσης και τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	σελ 6
1. Ενεργειακά φυτά	σελ 7
1.1 Οφέλη	σελ 8
1.2 Ελαιοκράμβη	σελ 10
1.3 Ηλίανθος	σελ 10
1.4 Γλυκό σόργο	σελ 10
1.5 Σιτάρι – Κριθάρι	σελ 11
1.6 Ζαχαρότευτλα	σελ 12
1.7 Αραβόσιτος	σελ 12
1.8 Ευκάλυπτος	σελ 12
1.9 Ψευδακακία	σελ 13
1.10 Καλάμι	σελ 13
1.11 Μίσχανθος	σελ 14
1.12 Αγριαγκινάρα	σελ 14
1.13 Switchgrass	σελ 14
1.14 Κιταρινούχο Σόργο	σελ 15
1.15 Κενάφ	σελ 15
2. Τι είναι βιομάζα	σελ 16
3. Η βιομάζα ως ενεργειακός πόρος	σελ 18
3.1 Ενεργειακό δίκτυο κενάφ	σελ 18
4. Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα	σελ 21
5. Πλεονεκτήματα της βιομάζας	σελ 22
6. Μειονεκτήματα της βιομάζας	σελ 24
7. Μετατροπές της βιομάζας	σελ 25
8. Βιοκαύσιμα και χαρτοπολτός	σελ 27
9. Τι είναι το ΚΕΝΑΦ	σελ 29
9.1 Ριζικό σύστημα	σελ 32

9.2 Βλαστός	σελ 32
9.3 Φύλλα	σελ 33
9.4 Άνθη	σελ 33
9.5 Καρπός	σελ 34
9.6 Ίνες	σελ 34
9.7 Κατάλληλες συνθήκες	σελ 35
10. Κύκλος ζωής του ΚΕΝΑΦ	σελ 36
11. Παλαιότερες και νέες χρήσεις του ΚΕΝΑΦ	σελ 37
12. Παραγωγή χαρτιού	σελ 39
12.1 Ενεργειακή καλλιέργεια για την παραγωγή βιομάζας και χαρτοπολτού	σελ 40
13. Παραγωγή μοριοσανίδων	σελ 42
14. Παραγωγή σύνθετων πλαστικών και μονωτικών	σελ 43
15. Παραγωγή συσσωματωμάτων (pellets)	σελ 44
16. Παραγωγή βιοαερίου και βιοελαίου	σελ 46
17. Πολιτική παραγωγής γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή βιοκαυσίμων	σελ 47
18. Ενεργειακές καλλιέργειες	σελ 48
19. Περιβαλλοντικές απαιτήσεις	σελ 49
20. Σημερινή κατάσταση και προοπτικές	σελ 53
20.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα	σελ 54
21. Περιβαλλοντικά οφέλη	σελ 57
22. Κοινωνικο - Οικονομικά οφέλη	σελ 59
23. Προτάσεις	σελ 60
24. Προοπτικές για τη βιομάζα	σελ 61
25. Συμπεράσματα	σελ 62
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ 65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ	σελ 67

Εισαγωγή

Μετά την ενεργειακή κρίση του 1973 η ραγδαία αύξηση της τιμής του αργού πετρελαίου οδήγησε στην διαπίστωση ότι η σημερινή πετρελαιοβόρα τεχνολογία πρέπει σταδιακά να προσανατολιστεί στην αξιοποίηση άλλων συμβατικών, αλλά κυρίως ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. (Παπάζογλου και Κυρίτσης, 2000) Οι σύγχρονες πολιτικές των αναπτυγμένων χωρών επιβάλλουν την χάραξη μιας ορθής ενεργειακής πολιτικής.

Η βιομάζα είναι μια από τις αρχαιότερες πηγές πρωτογενούς ενέργειας. Καλύπτει περίπου το 4% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται στις Η.Π.Α. και το 45% των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι αντίστοιχες τιμές της Ε.Ε. είναι 3% και 68%, ενώ αυτές τις Ελλάδας είναι 3,3% και 50%, αντίστοιχα για το έτος 2000. (ΚΑΠΕ, 2004) Η βιομάζα, λοιπόν, αποτελεί μια από τις πλέον υποσχόμενες εναλλακτικές μορφές ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον. Με την κατάλληλη διαχειριστική πρακτική η βιομάζα μπορεί να παράγεται ανανεώσιμα. Η ανάγκη για τη χρήση της βιομάζας έναντι του πετρελαίου και των προϊόντων του έχει αρχίσει να παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στον αναπτυγμένο κόσμο τόσο για περιβαλλοντικούς, όσο για οικονομικούς και διαχειριστικούς λόγους.

Η ενεργειακή κρίση του 1973, καθώς και ανυπολόγιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής, καθιστούν τη βιομάζα -και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας- ικανές να λύσουν το πρόβλημα της εξασφάλισης της ενέργειας. Συγκεκριμένα, η βιομάζα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενεργειακό δυναμικό και κατά συνέπεια έχει ουσιαστική σημασία μια εκστρατεία προώθησης και στήριξης αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων παραγωγής ισχύος από βιομάζα σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση. Επιπρόσθετα, έχει αρχίσει η προσπάθεια παραγωγής νέων προϊόντων, με έμφαση στην ποιότητα αλλά και την ασφάλεια για το περιβάλλον. Νέα πηγές χαρτοπολτού, νέα υλικά φτιαγμένα σε μεγάλο ποσοστό από φυτικούς οργανισμούς, βιοπλαστικά, αποτελούν μελλοντικές πεποιθήσεις για τον σύγχρονο κόσμο. Για την εξασφάλιση της αειφορίας των δασικών οικοσυστημάτων αλλά και τον περιορισμό της εισαγωγής πρώτης ύλης, η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί και στηρίζει καλλιέργειες για παραγωγή βιομάζας και χαρτοπολτού.

1. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι φυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή στερεών και υγρών βιοκαυσίμων. Είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς, όπως η παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, η παραγωγή υγρών καυσίμων κλπ. Τα ενεργειακά φυτά μπορεί να είναι παραδοσιακές καλλιέργειες, όπως ζαχαρότευτλα και καλαμπόκι για την παραγωγή βιοαιθανόλης, ή φυτά που δεν καλλιεργούνται προς το παρόν εμπορικά, όπως η αγριαγκινάρα και το καλάμι 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 αγροχημικά, μεταφορικά, αλλά και τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας παρέχει πολλαπλά οφέλη. Ωστόσο, παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες στον ελληνικό αγροτικό τομέα. Οι καλλιέργειες αυτές αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση, τόσο για την παραγωγή ενέργειας κι υγρών καυσίμων, όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος.

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.

1.1 Οφέλη

Οι ενεργειακές καλλιέργειες παρουσιάζουν οφέλη και στο περιβάλλον, αλλά και στον κοινωνικο-οικονομικό τομέα. Όσον αφορά τα περιβαλλοντικά οφέλη:

- **Θετική συνεισφορά σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.** Η αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιομάζα που είναι ουδέτερη σε εκπομπές CO₂, καθώς και η ποσότητα του CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά την καύση της, αφομοιώνεται από το φυτό κατά τη φωτοσύνθεση.
- **Προστασία έναντι της διάβρωσης του εδάφους.** Το πλούσιο υπέργειο τμήμα και το ριζικό σύστημα των ενεργειακών καλλιεργειών, ελαχιστοποιεί τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους και βελτιώνει τη δομή του.
- **Διαχείριση νερού.** Στο πλαίσιο της ενεργειακής γεωργίας δίνεται η ευκαιρία να επιλέγουν 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.
- **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, άρα η χρήση των 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.

Όσον αφορά τα κοινωνικο-οικονομικά οφέλη για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, είναι τα εξής:

- **Προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων.** Μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για τους αγρότες, λαμβάνοντας υπόψη ότι ήδη υπάρχουν κάποια είδη επιδοτήσεων.
- **Ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου.** Με την 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 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 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 αιιφόρου 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.

1.2 Ελαιοκράμβη

Η ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L.) είναι ετήσιο φυτό κι ανήκει στην οικογένεια των Σταυρανθών ή Βρασσικίδων. Καλλιεργείται κυρίως ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ελαίου και σε μικρότερη έκταση για τα φύλλα της. Μετά την εξαγωγή του ελαίου, τα υπολείμματά της χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, καθώς έχουν πλούσια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη. Μετά τη σόγια και το φοινικέλαιο, η ελαιοκράμβη θεωρείται παγκοσμίως ως το τρίτο σημαντικότερο ελαιοπαραγωγικό φυτό.

Το φυτό είναι πολύ ευαίσθητο στα ζιζάνια, ιδιαίτερα στα πρώτα στάδια της ανάπτυξής του, γι' αυτό και πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων. Επίσης, πρέπει να προσέξουμε και κατά το στάδιο της συγκομιδής, ώστε η υγρασία του σπόρου να κυμαίνεται από 9%-12%. Από ένα στρέμμα ελαιοκράμβη παράγονται κατά μ.ο. 150 έως 300 κιλά σπόρος, τα οποία παράγουν αντίστοιχα 60 έως 115 λίτρα βιοντίζελ.

1.3 Ηλίανθος

Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.) είναι ετήσιο φυτό, το οποίο ανήκει στην οικογένεια Compositae. Στην Ελλάδα έχει μειωθεί σημαντικά η καλλιέργεια του ηλίανθου τα τελευταία χρόνια. Η παραγωγή του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό τμήμα της χώρας. Η κυριότερη καλλιέργειά του αφορά το φυτικό έλαιο διατροφής.

Ο ηλίανθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Το μεγαλύτερο τμήμα παραγωγής βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο προέρχεται από τον ηλίανθο. Από ένα στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 150 έως 300 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 60 έως 115 λίτρα βιοντίζελ.

1.4 Γλυκό σόργο

Το γλυκό σόργο (*Sorghum bicolor* L. Moench) είναι 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.

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

Το σόργο καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα επί σειρά ετών με σκοπό τη μελέτη της παραγωγικότητάς τους σε διάφορους τύπους εδαφών, καθώς και την επίδραση διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών στις τελικές αποδόσεις. Μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης, απομένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος, υψηλής θερμογόνου δύναμης, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες της παραγωγής και της μετατροπής του σόργου σε αλκοόλη.

1.5 Σιτάρι – Κριθάρι

Το σιτάρι (*Triticum aestivum* L.) και το κριθάρι (*Hordeum sativum/Vulgare* L.) είναι ετήσια φυτά, τα οποία ανήκουν στην οικογένεια των δημητριακών. Το σιτάρι θεωρείται παγκοσμίως ως το σημαντικότερο φυτό μεταξύ των άλλων δημητριακών, με συνολική παραγωγή πάνω από 600 εκατομμύρια τόνους. Το κριθάρι χρησιμοποιείται κυρίως σα ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών, ενώ η συνολική παγκόσμια παραγωγή είναι πάνω από 137 εκατομμύρια τόνους.

Στην Ελλάδα το σιτάρι είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό κι η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Οι ποσοστιαίες αποδόσεις σε σπόρο του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού και του σκληρού και του μαλακού τύπου κυμαίνονται από 30% - 56%. Η καλλιέργεια του κριθαριού είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα, ενώ οι αποδόσεις κυμαίνονται από 23% - 54%.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτης ύλης για παραγωγή βιοαιθανόλης. Από ένα στρέμμα σιτάρι παράγεται κατά μέσο όρο 150 έως 800 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή βιοαιθανόλη.

1.6 Ζαχαρότευτλα

Τα ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.) είναι ένας διετής τύπος τεύτλου, το οποίο καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρα. Οι ρίζες των τευτλών περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρα, κάνοντάς το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Οι μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα ανέρχονται σε 6.000 κιλά ανά στρέμμα. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή. Από ένα στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται 550 έως 700 λίτρα βιοαιθανόλης.

1.7 Αραβόσιτος

Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος (*zea mays* L.) θεωρείται σημαντικό φυτό κι η καλλιέργειά του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Τα τελευταία χρόνια ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κι ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις Η.Π.Α. Από ένα στρέμμα αραβόσιτο, παράγονται 240 έως 360 λίτρα βιοαιθανόλης.

1.8 Ευκάλυπτος

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης μετά τη συγκομιδή. Το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, το οποίο πληροί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. Camaldulensis*, καθώς παρουσιάζει:

- τη μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου
- ταχυσυξία
- εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους
- μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα

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

1.9 Ψευδακακία

Η ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.) είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δειδρώδες, το οποίο χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας και εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Εξαιτίας του ταχύτατου ρυθμού ανάπτυξης, της υψηλής πυκνότητας του ξύλου και της χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία θεωρείται πολύ παραγωγικό φυτό σε βιομάζα.

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 ανά έτος. Συνήθως χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας.

1.10 Καλάμι

Το καλάμι (*Arundo donax* L.) 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 πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα. Μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα.

Έπειτα από πειράματα, παρατηρήθηκε ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δε 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.

Το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού μπορεί να φτάσει τα 18 έως 36 GJ/στρέμμα ανά έτος. Πιθανότερες χρήσεις του φυτού είναι η παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολλτού και δομικών υλικών.

1.11 Μίσχανθος

Ο μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU) 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.

Οι αποδόσεις του μίσχανθου διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή και τις κλιματικές συνθήκες. Μια γενική εκτίμηση αποτελεί το γεγονός ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η πιθανότητα χρησιμοποίησής του ως ενεργειακής καλλιέργειας, αλλά και για την κατασκευή δομικών υλικών.

1.12 Αγριαγκινάρα

Η αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.) είναι ένα πολυετές είδος που καλλιεργείται παραδοσιακά σε κάποιες περιοχές της μεσογειακής ζώνης. Είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών. Επειδή είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων ακόμη και χωρίς άρδευση.

Η χρήση ζιζανιοκτόνων είναι απαραίτητη μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας. Στη συνέχεια, η μεγάλη φυλλική επιφάνειά της δεν επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν. Η παραγωγή ξηράς ουσίας κυμαίνεται από 1,7 έως 3,3 τόνους ανά στρέμμα. Επίσης, ένα στρέμμα αγριαγκινάρας μπορεί να παράγει 28 έως 40 λίτρα βιοντίζελ.

1.13 Switchgrass

Είναι ένα πολυετές, αγροστώδες φυτό, το οποίο συναντάται κυρίως στη βόρειο και κεντρική Αμερική, αλλά επίσης έχει βρεθεί στη νότιο Αμερική και την Αφρική. Η καλλιέργειά του παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών.

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

καθώς και η άρδευση έχουν σημαντική επίπτωση στην παραγωγικότητα του φυτού, η οποία κυμαίνεται μεταξύ ενός και δύο τόνων ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα.

1.14 Κιταρινούχο Σόργο

Το κυτταρινούχο σόργο είναι ετήσιο φυτό με υψηλές αποδόσεις σε βιομάζα. Παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στο πλάγιασμα, το οποίο αποτελεί φαινόμενο που επιφέρει σημαντικά προβλήματα στην καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

Η εκτιμώμενη ενεργειακή απόδοση του φυτού μπορεί να κυμανθεί από 36 έως 63 GJ/στρέμμα ανά έτος. Τέλος, διάφορα υβρίδια που καλλιεργούνται στη Γαλλία, την Ιταλία και την Ελλάδα με σκοπό την αξιολόγηση της παραγωγικότητας και της πιθανότητας χρήσης τους ως πρώτης ύλης για την παραγωγή χαρτοπολτού και για ενεργειακούς σκοπούς.

1.15 Κενάφ

Το κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.) είναι ετήσιο φυτό μικρής ημέρας, με κυτταρίνες υψηλής ποιότητας. Είναι φυτό των τροπικών και υποτροπικών κλιμάτων που ευδοκίμει σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Ωστόσο, μπορεί να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφοκλιματικών συνθηκών.

Διάφορα υβρίδια καλλιεργούνται στη Γαλλία, την Ιταλία και την 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.

2. Τι είναι βιομάζα

Ως βιομάζα ορίζεται *η ύλη που έχει βιολογική, δηλαδή οργανική, προέλευση* (Στοιμενίδης, *et al*, 2005). Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών, αέριων καυσίμων καθώς και άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Πρόκειται, μάλιστα, για μία πηγή ενέργειας η οποία ανανεώνεται συνεχώς λόγω της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτικών οργανισμών.

Με τον όρο βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κλπ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση.

Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ο πρωτόγονος άνθρωπος προκειμένου να ζεσταθεί χρησιμοποίησε την ενέργεια που προερχόταν από την καύση των ξύλων –που είναι ένα είδος βιομάζας. Η ενέργεια αυτή είναι θερμότητα που προερχόταν από την καύση. Η ενέργεια της βιομάζας ή αλλιώς βιοενέργεια ή πράσινη ενέργεια, είναι δευτερογενής ηλιακή ενέργεια. Οι βασικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται είναι το νερό και ο άνθρακας, τα οποία είναι άφθονα στη φύση. Η μόνη φυσικά ευρισκόμενη πηγή ενέργειας με άνθρακα που τα αποθέματά της είναι ικανά ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο ορυκτών καυσίμων είναι η βιομάζα. Αντίθετα από αυτά, η βιομάζα είναι ανανεώσιμη καθώς απαιτείται μόνο μια σύντομη χρονική περίοδος για να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας.

Βασικό πλεονέκτημα της βιομάζας είναι ότι είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και ότι παρέχει ενέργεια αποθηκευμένη με χημική μορφή. Η αξιοποίησή της μπορεί να γίνει με μετατροπή της σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων, με διάφορες μεθόδους και τη χρήση σχετικά απλής τεχνολογίας. Σαν πλεονέκτημά της καταγράφεται και το ότι

κατά την παραγωγή και τη μετατροπή της δε δημιουργούνται οικολογικά και περιβαλλοντολογικά προβλήματα. Από την άλλη πλευρά σε μορφή ενέργειας η βιομάζα χαρακτηρίζεται από πολυμορφία, χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο, σε σύγκριση με ορυκτά καύσιμα, λόγω χαμηλής πυκνότητας και υψηλής περιεκτικότητας σε νερό και άλλα στοιχεία της φύσης.

Στην πράξη υπάρχουν δύο τύποι βιομάζας. Η μια από αυτούς είναι οι υπολειμματικές μορφές, δηλαδή, τα κάθε είδους φυτικά υπολείμματα, ζωικά απόβλητα και τα απορρίμματα και ο άλλος τύπος βιομάζας είναι αυτός που παράγεται από ενεργειακές καλλιέργειες. Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- Υπολείμματα που παραμένουν στον αγρό ή το δάσος μετά την συγκομιδή του κύριου προϊόντος. Τέτοιου είδους υπολείμματα είναι το άχυρο σιτηρών, τα βαμβακοστελέχη, τα κλαδοδέματα, κ.α.
- Υπολείμματα γεωργικών και δασικών βιομηχανιών όπως ελαιοπυρήνες, υπολείμματα εκκοκκισμού, πριονίδια, κ.α.
- Απορρίμματα, βιομηχανικά και αστικά απόβλητα (το οργανικό τμήμα τους).

Η βιομάζα αποτελεί το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης των φυτικών οργανισμών με πρώτες ύλες το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. Σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι το περιβάλλον δεν επιβαρύνεται από τις εκπομπές αερίων κατά την παραγωγή ενέργειας από τα βιοκαύσιμα ή την βιομάζα. Με άλλα λόγια, κατά την διαδικασία μετατροπής σε **πράσινη ενέργεια** όλα σχεδόν τα στοιχεία επιστρέφουν ως στάχτη στο έδαφος.

3. Η βιομάζα ως ενεργειακός πόρος

Σε γενικότερα πλαίσια, το μέλλον της βιομάζας στην Ε.Ε. προμοινείται ευνοϊώνω. Η μεγαλύτερη παραγωγή αλλά και η καλύτερη αξιοποίηση της βιομάζας στη Σουηδία, τη Φιλανδία και την Αυστρία, όπου βιομηχανία ξύλου και χαρτιού είναι ιδιαίτερα ενεργή. Εκεί έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που εξασφαλίζουν μεγάλες αποδόσεις σε μεγάλες μονάδες συμπαραγωγής αλλά και σε καυστήρες οικιακής χρήσης.

Οι προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την συνολική κατανάλωση στη χώρα μας θα φθάσει τους 40,5 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου το 2020 (από περίπου 28 εκατομμύρια που είναι σήμερα). Και όμως, όπως αναφέρει η Ευρωπαϊκή έκθεση, *«η Ελλάδα είναι μια χώρα με σχετικά ήπιες ενεργειακές ανάγκες. Χωρίς βαριά βιομηχανία, με το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης να αντιστοιχεί στις μεταφορές, το 34,4% στα νοικοκυριά, το εμπόριο, τους τομείς υπηρεσιών και της γεωργίας και μόνο το 25,6% να αντιστοιχεί στη βιομηχανία».*

3.1 Ενεργειακό δίκτυο κενάφ

Τον Μάρτιο του 2003, αναπτύχθηκε το ενεργειακό δίκτυο του κενάφ με την ονομασία «Biokenaf-Biomass Production Chain and Growth Simulation Model for Kenaf - QLK5-CT-2002-01729» και παρουσιάζει πρωτογενή ερευνητικά δεδομένα μέρος των οποίων έχουν παρουσιαστεί στα Διεθνή Συνέδρια Βιομάζας (Ρώμη 2004, Ισπανία 2005) και στο 14ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο Βιομάζας (Παρίσι 2005). Με την υλοποίηση του συνέβαλλε στην εφαρμογή των τριών κύριων πολιτικών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, την ΚΑΠ, της Ατζέντας 2000 και της Λευκής Βίβλου.

Το κύριο αντικείμενο του έργου ήταν η εισαγωγή του κενάφ ως μια καλλιέργεια μη τροφικής χρήσης μέσα από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για εναλλακτική χρήση γης στην νότια Ευρώπη που θα προσφέρει στους αγρότες αλλά και στις βιομηχανίες του μέλλοντος με την παραγωγή υλικών φυτικής προέλευσης. Αν και το κενάφ έχει εκτιμηθεί από την ΕΕ (από το 1993) ως ένα υψηλής απόδοσης φυτό για παραγωγή βιομάζας και ίνας, η έρευνα είχε επικεντρωθεί μόνο όσον αφορά τις βιομηχανικές χρήσεις, ενώ οι αποδόσεις της καλλιέργειας δεν είχαν εξακριβωθεί.

Βάσει του έργου, το κενάφ αποτελεί μια σημαντική καλλιέργεια για τις μεσογειακές χώρες, αφού:

Έχει πολλές τελικές χρήσεις και μπορεί να δώσει πρώτη ύλη για βιομηχανικά προϊόντα και εφαρμογές παραγωγής ενέργειας.

- Έχει υψηλές αποδόσεις στην Μεσόγειο.
- Προσφέρει εναλλακτική χρήση γης και μπορεί να ενσωματωθεί σε συστήματα αμειψισποράς.

Το κύριο έργο δομείται σε οκτώ πακέτα εργασίας: (Alexoroulou, et al 2004):

- Αναφέρεται στο συντονισμό του έργου και στην δημιουργία ενός συνδέσμου του έργου με τον οργανισμό «American Kenaf Society – AKS» .
- Καθορισμός του δυναμικού παραγωγής βιομάζας του κενάφ σαν ενεργειακή καλλιέργεια σε διάφορες περιοχές των χωρών της νοτίου Ευρώπης (Ελλάδα, Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία και Γαλλία).
- Δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου εξομοίωσης της ανάπτυξης του κενάφ.
- Καθορισμός του κατάλληλου χρόνου και τρόπου συγκομιδής καθώς και καθορισμός των κατάλληλων μεθόδων αποθήκευσης (με ή χωρίς κάλυψη).
- Αξιολόγηση της καταλληλότητας του κενάφ τόσο για επιλεγμένες βιομηχανικές όσο και για θερμοχημικές ενεργειακές χρήσεις (καύση, αεριοποίηση και πυρόλυση) χρησιμοποιώντας είτε ολόκληρο το στέλεχος του κενάφ είτε την εντεριώνη του στελέχους που μένει μετά την απομάκρυνση του φλοιού.
- Πραγματοποίηση περιβαλλοντικής μελέτης της αλυσίδας παραγωγής βιομάζας και ανάλυση του κύκλου ζωής του φυτού (AKZ).
- Οικονομική ανάλυση του κενάφ σαν καλλιέργεια μη τροφικής χρήσης και σύγκριση του με τις συμβατικές ετήσιες καλλιέργειες.
- Σύνταξη ενός βιβλίου και ενός εγχειριδίου για το κενάφ.

Το συνολικό αποτέλεσμα της έρευνας επιτυγχάνεται με την υλοποίηση των παρακάτω στόχων:

- Καθορισμός των κατάλληλων τεχνικών καλλιέργειας που θα οδηγήσουν στην μεγιστοποίηση της απόδοσης σε βιομάζα με το μικρότερο δυνατό κόστος παραγωγής.
- Ανάπτυξη ενός δυναμικού μοντέλου παραγωγής βιομάζας το οποίο θα είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για πρόβλεψη της παραγωγής σε βιομάζα του κενάφ.

- Συγκέντρωση σημαντικών πληροφοριών σχετικά με την συγκομιδή και σύγκριση διαφόρων μεθόδων συγκομιδής και αποθήκευσης που θα έχουν τις μικρότερες απώλειες στην ποιότητα και στην ποσότητα του αποθηκευμένου υλικού.
- Αύξηση ή δημιουργία ευρωπαϊκών αγορών για βιομηχανικά προϊόντα από κενάφ.
- Περιβαλλοντική αξιολόγηση που θα καλύπτει όλα τα στάδια παραγωγής του κενάφ.
- Ανάλυση κύκλου ζωής για την δυνατότητα χρήσης του κενάφ σαν στερεό βιοκαύσιμο για θερμοχημικές τεχνολογίες μετατροπής.
- Ανάπτυξη σεναρίων για εναλλακτική χρήση γης στις γεωργικές περιοχές στην νότια Ευρώπη.
- Κόστος παραγωγής του κενάφ στο χωράφι και στην είσοδο του εργοστασίου συμπεριλαμβανόμενου του κόστους συγκομιδής, αποθήκευσης και μεταφοράς).
- Σύνταξη βιβλίου και εγχειριδίου για το κενάφ.

Η χώρα μας δραστηριοποιήθηκε στο δεύτερο και τρίτο πακέτο εργασιών, το οποίο αφορούσε την ανάπτυξη της καλλιέργειας και την αποδοτικότητά της σε βιομάζα (Εργαστήριο Γεωργίας Π.Θ.). Η εκτίμηση αυτή καθορίστηκε σύμφωνα με την συλλογή πληροφοριών από πραγματικές δοκιμές σε πειραματικά τεμάχια (έως και δύο εκτάρια), την επίδραση της απόδοσης σε σχέση με την εποχή σποράς, το μέγεθος πληθυσμού του φυτού (σε δύο ποικιλίες) και την επίδραση του επιπέδου λίπανσης και άρδευσης.

Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που συνδέονται στενά με τις παραπάνω εκτιμήσεις. Το ύψος του φυτού κάθε δύο εβδομάδες (σε πέντε διαφορετικά σημεία κάθε πειραματικού τεμαχίου), η διάμετρος του βλαστού κάθε τέσσερις εβδομάδες και ο δείκτης LAI (ποσοστό καλύψεως φυλλώματος) κάθε τρεις εβδομάδες ήταν οι σημαντικότερες μετρήσεις για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν συγκομιδές κάθε τρεις εβδομάδες (Ιούλιο μέχρι Δεκέμβριο) για να εκτιμηθεί η απόδοση σε βιομάζα σε νωπή και ξηρή βιομάζα, τόσο από το σύνολο του φυτού όσο και από τα τμήματα αυτού (φύλλα, εξωτερικός φλοιός, πυρήνας).

4. Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα

Γενικά ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, ωστόσο, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Η βιομάζα είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών. Οι βασικές πρώτες ύλες γι' αυτό είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα τα οποία αφθονούν στη φύση. Οι θεμελιώδεις αντιδράσεις πραγματοποιούνται στους χλωροπλάστες, οι οποίοι συλλαμβάνουν τα φωτόνια και στη συνέχεια ενεργοποιούν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που ανάγει το CO₂ σε υδατάνθρακες.

Κατά την πορεία της φωτοσύνθεσης σχηματίζονται οργανικές ενώσεις, δηλαδή τη βιομάζα, η οποία ανέρχεται στα 172 δις τόνους ξηρού υλικού ετησίως, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Αυτό το ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος του ανεκμετάλλευτο, καθώς μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της.

5. Πλεονεκτήματα της βιομάζας

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της βιομάζας είναι το μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) το οποίο δε συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.

Επίσης, κατά την καύση της βιομάζας υπάρχει μηδαμινή ύπαρξη θείου, η οποία συμβάλλει στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO₂) το οποίο είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνο για την δημιουργία όξινης βροχής. Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια συμβάλλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου, στην εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού και στην εξοικονόμηση του συναλλάγματος.

Τέλος, η ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας σε μια περιοχή αυξάνει την απασχόληση στις αγροτικές περιοχές με τη χρήση εναλλακτικών καλλιεργιών, τη δημιουργία εναλλακτικών αγορών για τις παραδοσιακές καλλιέργειες και τη συγκράτηση του πληθυσμού στις εστίες τους, συμβάλλοντας έτσι στην κοινωνικο – οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.

Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

- α) θέρμανση θερμοκηπίων και κτηνοτροφικών μονάδων
- β) ξήρανση γεωργικών προϊόντων
- γ) κάλυψη αναγκών θερμότητας και ηλεκτρισμού σε γεωργικές ή άλλες βιομηχανίες, που βρίσκονται κοντά σε πηγές παραγωγής βιομάζας
- δ) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στους τόπους παραγωγής της βιομάζας για κάλυψη τοπικών αναγκών
- ε) κάλυψη αναγκών τηλεθέρμανσης χωριών και πόλεων, που βρίσκονται κοντά σε τόπους παραγωγής βιομάζας.

Οι δύο τελευταίες χρήσεις φαίνεται ότι μελλοντικά θα αποτελέσουν τους κύριους τομείς αξιοποίησης των τεράστιων ποσοτήτων βιομάζας από γεωργικά και δασικά υπολείμματα, καθώς και ενός σημαντικού μέρους της βιομάζας των ενεργειακών καλλιεργειών.

Η αξιοποίηση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς είναι υλικό ανεξάντλητο. Ακόμη, θεωρείται καύσιμο «CO₂ – ουδέτερο» αφού το CO₂ που παράγεται, δεσμεύεται και πάλι από τα φυτά με τη φωτοσύνθεση. Επίσης, αποφεύγεται η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με το διοξείδιο του θείου (SO₂) που παράγεται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων. Η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα.

Στον οικονομικοκοινωνικό τομέα, η βιομάζα μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης. Η εισαγωγή καυσίμων μειώνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, έχοντας ως συνέπεια αντίστοιχη εξοικονόμηση συναλλάγματος. Σημαντικό όφελος της χρήσης της βιομάζας η εξασφάλιση εργασίας και η συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις παραμεθόριες και στις άλλες γεωργικές περιοχές. Η δημιουργία αγοράς για παραγωγή βιοκαυσίμων, θερμότητας ηλεκτρισμού και άλλων προϊόντων παρέχει νέες θέσεις εργασίας και εξασφαλίζει πρόσθετα εισοδήματα στην τοπική κοινωνία.

6. Μειονεκτήματα της βιομάζας

Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα υπάρχουν κι ορισμένα μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας. Πρώτα απ' όλα, ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.

Επίσης, η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν τη συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας. Βάσει αυτών παρουσιάζονται λοιπόν δυσκολίες κατά τη συλλογή, τη μεταφορά και την αποθήκευση της βιομάζας τα οποία αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.

Τελευταίο, αλλά όχι λιγότερο σημαντικό πλεονέκτημα είναι οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων. Παρόλα αυτά, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και κατάλληλες οικονομοτεχνικές αναλύσεις, η αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να αποφέρει σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, ιδιαίτερη στην σημερινή εποχή, όπου οι τιμές των συμβατικών καυσίμων τείνουν σε ανοδική και συγχρόνως ασταθή πορεία.

Κατά την καύση της βιομάζας συμβαίνει το αντίστροφο φαινόμενο της φωτοσύνθεσης.

- Έτσι οξυγόνο από την ατμόσφαιρα ενώνεται χημικά με τον άνθρακα της βιομάζας και κατά την καύση αυτή παράγεται θερμότητα, διοξείδιο του άνθρακα και νερό.
- Η διαδικασία αυτή είναι κυκλική και αποτελεί ουσιαστικά την έννοια της 'ανακυκλώσιμης η ανανεώσιμης ενέργειας'.
- Κεντρικό σημείο της είναι η κατ'αρχάς απόδοση στην ατμόσφαιρα, μέσω της φωτοσύνθεσης, του οξυγόνου που θα δεσμευτεί αργότερα με την καύση της βιομάζας.

7. Μετατροπές της βιομάζας

Οι μέθοδοι της ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας διακρίνονται σε θερμοχημικές και βιοχημικές. Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την μέθοδο είναι η σχέση C/N και η περιεχόμενη υγρασία της βιομάζας κατά την συλλογή. Οι θερμοχημικές χρησιμοποιούνται για είδη βιομάζας με σχέση C/N > 30 και υγρασία <50% , και είναι οι εξής:

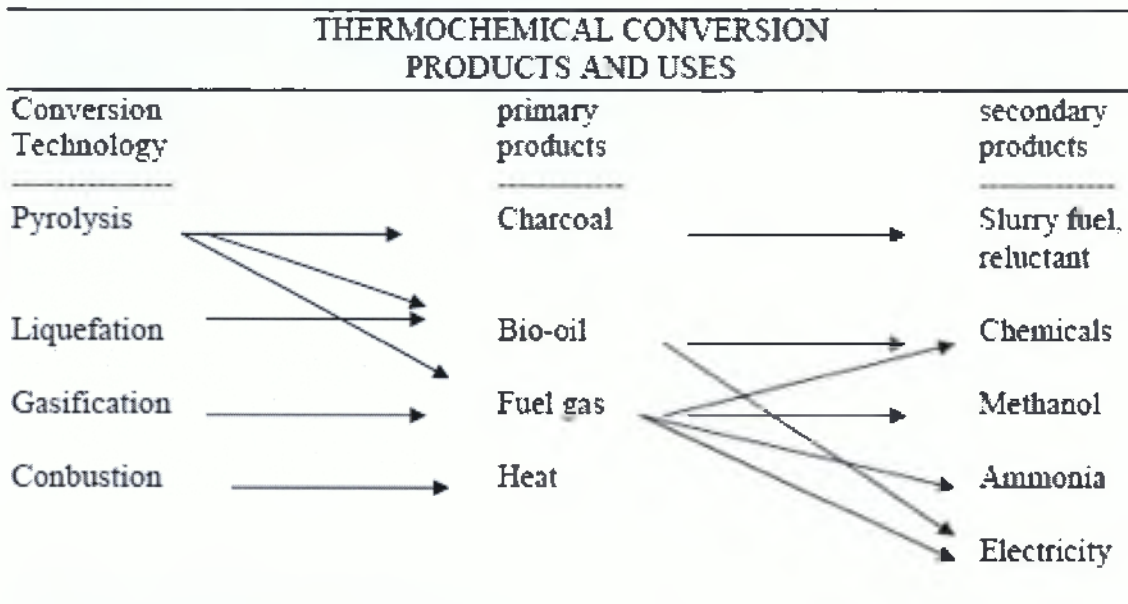
- Η απ' ευθείας **καύση**, η οποία μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης, όταν η βιομάζα περιέχει περίπου 20% υγρασία.
- Η **αεριοποίηση**, στην οποία το τελικό προϊόν είναι το βιοαέριο. Κατά την διεργασία αυτή, χρησιμοποιούνται ειδικοί αντιδραστήρες, οι οποίοι θερμαίνουν τη βιομάζα σε περιβάλλον φτωχό σε οξυγόνο και σε θερμοκρασία περί τους 850°C. Αναλόγως με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία, μπορεί να δώσει σχεδόν τη μισή θερμιδική αξία του φυσικού αερίου.
- Η **πυρόλυση**, κατά την οποία η βιομάζα θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες απουσία αέρα, χωρίς να καεί για παραγωγή στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων. Πιο συγκεκριμένα, η βιομάζα μετατρέπεται σε υγρό πυρόλυσης, το βιοέλαιο που καίγεται για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Με την ίδια διεργασία, μπορούν να παραχθούν διάφορα προϊόντα όπως υγρή φαινόλη, κόλλες, μονωτικοί αφροί κ.α.
- Η **υγροποίηση**, η οποία αποτελεί μια σχετικά νέα μέθοδο, με σκοπό τη δημιουργία καυσίμων υψηλής θερμαντικής αξίας. Για την διεργασία αυτή απαιτείται καταλύτης ή υδρογόνο σε συνθήκες υψηλής πίεσης και σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

Οι βιοχημικές μέθοδοι εφαρμόζονται σε φυτικά είδη που παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό υγρασίας άνω των 50%. Οι μέθοδοι αυτοί, οι οποίοι στηρίζονται κυρίως σε μικροβιακές δράσεις, είναι:

- Η **αναερόβια χώνευση**, όπου τα απορρίμματα και τα διάφορα λύματα με αναερόβιες διαδικασίες παράγουν βιοαέριο.
- Η **αλκοολική ζύμωση**, όπου παράγεται κυρίως βιοαιθανόλη με ζύμωση των αμυλούχων, κυταρρινούχων και σακχαρούχων συστατικών και διαχωρισμός της από τα λοιπά συστατικά με απόσταξη.

- Η **μετεστεροποίηση**, η οποία είναι μια χημική επεξεργασία των ελαίων για την παραγωγή βιοντίζελ.

Σχήμα 1. Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας



Πηγή: *Biomass, Green energy for Europe, EE.*

8. Βιοκαύσιμα και χαρτοπολτός

Η **βιοαιθανόλη** είναι ευρέως παραγόμενο βιοκαύσιμο με περισσότερα από 20 εκατομμύρια τόνους παγκόσμια παραγωγή ετησίως (κυρίως σε χώρες Βραζιλία και ΗΠΑ). Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα, κυτταρινούχα κι αμυλούχα φυτά. Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές, όπως σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος και ζαχαρότευτλα. Ενδιαφέρον για την παραγωγή βιοαιθανόλης στον ελλαδικό χώρο έχει εκφράσει η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης

Το **βιοντίζελ** είναι μεθυλεστέρας, ο οποίος παράγεται κυρίως από φυτικά έλαια με μετεστεροποίηση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μόνο του ή σε μείγμα στους πετρελαιοκινητήρες. Κύριες πρώτες ύλες στην Ε.Ε. είναι το κραμβέλαιο και το ηλιέλαιο ενώ δοκιμάζονται και άλλα φυτικά λάδια όπως βαμβακέλαιο, φοινικέλαιο, κ.ά. Η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο κύριος παραγωγός βιοντίζελ σε παγκόσμιο επίπεδο, με κύρια πρωταγωνίστρια την Γερμανία. Η Ελλάδα παρουσιάζει μια ικανοποιητική αυξητική τάση με παραγωγή που φθάνει στους 42 χιλιάδες τόνους για το έτος 2006 (European Commission, 2006). Έχει διαπιστωθεί, από μελέτες, ότι η χρήση ενός κιλού βιοντίζελ οδηγεί στην μείωση 3 κιλών CO₂, δηλαδή εξασφαλίζεται μείωση των εκπομπών κατά 65-90% σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα (European Biodiesel Board).

Η **στερεή βιομάζα** μπορεί να καεί ως έχει (π.χ. καυσόξυλα, κλαδέματα, πυρηνόξυλο κ.ά.) ή μετά από μηχανική τροποποίηση (θρυμματισμό ή παραγωγή συσσωματωμάτων). Η μηχανική τροποποίηση μετατρέπει τη βιομάζα σε καύσιμο με τυποποιημένα χαρακτηριστικά για λόγους διαχείρισης (ευκολότερη μεταφορά και τροφοδοσία), που έχει μικρότερη φαινομενική πυκνότητα (μεγαλύτερο βάρος ανά μονάδα όγκου) και μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα. Σύγχρονα ερευνητικά αποτελέσματα έχουν αποδείξει την χαμηλή επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε σχέση με το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. (Δαναλάτος, 2006).

Το **χαρτί** είναι ένα προϊόν που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην καθημερινή ζωή. Αν και μερικούς αιώνες πριν το χαρτί παράγονταν σε σημαντικό ποσοστό και από άλλες πρώτες ύλες, σήμερα προέρχεται κυρίως από ξύλα (δέντρα) αλλά όχι αποκλειστικά από αυτά. Περίπου τα 2/3 του χαρτιού προέρχονται από ξύλο, το 1/3

προέρχεται από ανακυκλωμένο χαρτί και το 5% προέρχεται από πηγές άλλες. Σε παγκόσμιο επίπεδο για την παραγωγή χαρτοπολτού με πρώτη ύλη ίνες, χρησιμοποιείται σε ποσοστό 90% το ξύλο δηλ. ίνες κυτταρίνης (σελουλόζη). Η ανακύκλωση έχει αναπτυχθεί κυρίως στις βιομηχανικές χώρες (π.χ. Γερμανία, Αυστρία, Β. Αμερική κλπ), ενώ το χαρτί από πηγές άλλες (non-wood), όπως για παράδειγμα από μπαμπού, στάχια, φύκια, κενάφ κυριαρχεί κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η αποψίλωση, αλλά και η καταστροφή των δασών από τις πυρκαγιές λαμβάνουν χώρα σε αρκετά υψηλό βαθμό τα τελευταία χρόνια. Απαραίτητη κρίνεται η παραγωγή χάρτου από νέες εναλλακτικές πηγές (π.χ. κενάφ).

Ειδικότερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση ερευνήθηκε η καλλιέργεια του κενάφ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χάρτου, αφού στο άμεσο μέλλον προβλέπεται έλλειψη σε πρώτες ύλες ξυλείας, χαρτιού και ειδικότερα ανακυκλώσιμων υλικών συσκευασίας, φιλικών προς το περιβάλλον. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής χαρτοπολτού, επομένως η παραγωγή χαρτιών που έχουν ως πρώτη ύλη το χαρτοπολτό είναι εξαρτημένη σε σημαντικό βαθμό από τις αγορές του εξωτερικού. Αυτή η εξάρτηση θα συνεχίσει να υπάρχει, παρά την ολοένα και αυξανόμενη τάση που επικρατεί για χρησιμοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού «παλιόχαρτου» ως πρώτη ύλη, αφού για ορισμένα προϊόντα χάρτινης συσκευασίας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση συγκεκριμένου τύπου χαρτιού, το οποίο δεν παράγεται εντός της επικράτειας. Σημαντικού ύψους εισαγωγές πραγματοποιούνται, επίσης, σε πρωτογενή χαρτιά – χαρτόνια, τα οποία έχουν παραχθεί από πρωτογενή ύλη 100% (χαρτοπολτός). Η καλλιέργεια των ενεργειακών φυτών υποστηρίζεται έμμεσα ή άμεσα από την νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική (2006-2013). Η πολιτική αυτή μεταξύ άλλων, επιδιώκει να διευρύνει τις δυνατότητες της γεωργίας πέρα από τα παραδοσιακά προϊόντα, (λ.χ. τρόφιμα, ζωοτροφές, ξυλεία, κλπ.) σε νέα, υψηλής προστιθέμενης αξίας (π.χ. ενεργειακά, φαρμακευτικά, χημικά κλπ.).

9. Τι είναι το ΚΕΝΑΦ

Το κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.) είναι τροπικό φυτό το καρποφωρεί ετησίως και το οποίο ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστούν τα τμήματά του κάθε φορά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές βιομηχανικές και ενεργειακές εφαρμογές. (Webber et al., 2002). Το κενάφ ανήκει στην οικογένεια Malvaceae και είναι συγγενές φυτό με το βαμβάκι, τη μπάμια και τον ιβίσκο. Ανάλογα την περιοχή έχουν δοθεί διάφορες ονομασίες. Υπάρχουν 129 ονομασίες παγκοσμίως για το κενάφ. Για παράδειγμα, στην Αγγλία είναι *kenaf*, στην Ινδία *mest* (Bengal), *palungi* (Mandras), *deccan hemp* (Βομβάη), *Bimli jute* (Andhra Pradesh), στην Ταϊβάν είναι γνωστό ως *ambary*, στη Βόρεια Αφρική *til*, *teel* ή *teal*, στη Νότια Αφρική *stokroos*, στη Δυτική Αφρική *dah*, *gambo* και *rama*, στην Ινδονησία *java jute*, στη Βραζιλία *paroula de Sao Francisco*. (Taylor, 1995).

Η ακριβής προέλευσή του, όμως, δεν είναι γνωστή. Τα περισσότερα βιβλιογραφικά στοιχεία αναφέρουν ότι προήλθε από την Βόρεια Αφρική, συγκεκριμένα κοντά στο Σουδάν. Η χρήση του είναι γνωστή για περισσότερα από 6.000 χρόνια. Κυρίως για την κατασκευή σπάγκου και δευτερευόντως ως τροφή και στρωμή των ζώων (Webber et al., 2002; Dempsey., 1975). Συγκεκριμένα, οι ίνες του εξωτερικού φλοιού (bark) χρησίμευαν για την παραγωγή σχοινού (Charles L., 2002). Τα φύλλα και οι κορυφές του φυτού, πριν η μετά την συγκομιδή εξασφάλιζαν την τροφή των ζώων. Η καλλιέργεια του κενάφ και οι χρήσεις του ήταν ίδιες για χιλιάδες χρόνια στην Αφρική, στην Ινδία πριν διακόσια χρόνια, στην Ρωσία μέχρι το 1902 και την Κίνα μέχρι το 1935 (Dempsey, 1975). Αναλύσεις έδειξαν ότι αποτελεί μια άριστη πηγή κυτταρίνης, η οποία μπορεί να δώσει μεγάλη γκάμα προϊόντων χαρτιού. Το κενάφ, έχει ένα μοναδικό συνδυασμό ινών μικρού και μεγάλου μήκους, που μπορεί να εξασφαλίσει μια ποικίλη παραγωγή προϊόντων χαρτιού και μονωτικών.

Ο βλαστός του φυτού αποτελείται από τον εξωτερικό φλοιό (bark), που αποτελεί το 35-45% του βάρους του στελέχους με μακριές και ανθεκτικές ίνες, ενώ το 60-65% αποτελεί τον εσωτερικό φλοιό (core) με κοντές ίνες (Roseberg, 1996). Η περιεκτικότητα σε ίνες στον εξωτερικό φλοιό φθάνει το 50-55% και εξαρτάται από την πυκνότητα φύτευσης, ενώ οι λιγότερο πολύτιμες (κοντές) ίνες του εσωτερικού φλοιού φθάνουν σε περιεκτικότητα 45-50% (Clark and Wolff 1969; Wood et al. 1983;

Roseberg, R.J., 1996). Ο βλαστός του φυτού αποτελεί το μεγαλύτερο οικονομικό προϊόν, αφού αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα του και φθάνει από 74% έως 90% του βάρους του, αναλόγως το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Webber, 1993b). Το ύψος των φυτών μπορεί να φθάσει και τα 5 μέτρα, όταν πυκνότητα φύτευσης είναι πολύ αραιή και το έδαφος αρκετά γόνιμο. Ελληνική μελέτη για την ανάπτυξη του κενάφ στον Παλάμα Καρδίτσας έδειξε ότι μπορεί να φθάσει σε ύψος έως και 4 μέτρα (Danalatos and Archontoulis, 2004).

Το κενάφ μπορεί να καλλιεργηθεί σε πολλές περιοχές με μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών. Με εξαίρεση κάποιους ασιατικούς τύπους, οι περισσότερες ποικιλίες αναπτύσσονται σε χαμηλά υψόμετρα. Η βέλτιστη παραγωγή σύμφωνα με διάφορες μελέτες επιτυγχάνεται σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία την περίοδο ανάπτυξης, δηλαδή Μάιο και Ιούνιο και με μέτρια επίπεδα βροχόπτωσης. (Taylor, 1995). Η άριστη ανάπτυξη του επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες μεταξύ 15° και 27°C. Το κενάφ είναι πολύ ευαίσθητο στον παγετό με αποτέλεσμα την καταστροφή του, ενώ εξίσου ευαίσθητο είναι στις δυνατές βροχές και στους υψηλής ταχύτητας ανέμους (Duke, 1983). Ωστόσο, το κενάφ έχει μεγάλη προσαρμοστικότητα σε διάφορα είδη εδαφών, κυρίως σε εδάφη καλής ευθρυπτότητας, καλά στραγγιζόμενα.

Είναι φυτό προερχόμενο από τροπικό κλίμα, γι' αυτό και έχει μεγάλη απαίτηση σε υγρασία. Η έλλειψη υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ανάπτυξης του φυτού, στην μείωση της παραγωγής σε βιομάζα αλλά και την υποβάθμιση της ποιότητας της ίνας. Η παραγωγικότητα του μειώνεται, αφού το ύψος του φυτού σε τέτοιες συνθήκες είναι χαμηλό, ενώ η άνθηση πραγματοποιείται πρόωρα. Καλλιεργείται σε μεγάλο εύρος κλιματικών και εδαφικών συνθηκών και μπορεί λόγω των περιορισμένων απαιτήσεών του σε σύγκριση με άλλα βιομηχανικά φυτά, μπορεί να αποτελέσει μια καλή επιλογή ως καλλιέργεια ενεργειακής χρήσης και παραγωγής προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον. Όλα τα τμήματα του φυτού, βλαστοί, φύλλα, σπόροι χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές και ενεργειακές εφαρμογές (Taylor, C.S., 1992).

Δεκαετίες πριν, καλλιεργείται για τις υψηλής ποιότητας και αντοχής ίνες του ως στρωμή των ζώων και την παραγωγή υφασμάτων, σχοινού, σάκων, επιπλοποιίας και χαλιών, με πλεονεκτήματα στην αντοχή και στη διατήρηση των χρωμάτων τους. Αποτελεί κύρια καλλιέργεια σε όλη την Δυτική Ασία, από Ινδία μέχρι Τουρκία, με αρκετά εκατομμύρια στρέμματα (Dempsey., 1975; Duke, 1983). Τελευταία, το κενάφ

έχει μελετηθεί σε διάφορες χώρες ως πηγή φυτικών ινών και χαρτοπολλτού για την παραγωγή κυρίως άριστης ποιότητας δημοσιογραφικού χαρτιού. Το χαρτί αυτό παρουσιάζει άριστη κατακράτηση μελάνης και μεγάλη αντοχή στην τυπογραφική πρέσα, ενώ δεν κίτρινίζει (Webber, 1993). Επιπρόσθετα, η διαδικασία μετατροπής και λεύκανσης του χαρτοπολλτού που προέρχεται από το κενάφ απαιτεί λιγότερη ενέργεια και χημικά έναντι του χαρτοπολλτού από δασικές πρώτες ύλες (Recourse Conversation Alliance, 2002).

Η χρήση του κενάφ επεκτείνεται πλέον και σε νέα υλικά, όπως μονωτικά, χημικά, μοριοσανίδες (Grigoriou et al., 2000), στην αντικατάσταση του fiberglass καθώς και στην παραγωγή συνθετικών υλικών (βιοπλαστικά) ή σε συνδυασμό με συμβατικά πλαστικά (USDA, 2000). Στα τέλη του 1978 το τμήμα ερευνών ARS (Agricultural Research Service) της USDA (United States Department of Agriculture), μετά από λεπτομερή ανάλυση πολλών φυτών (πάνω από 500 φυτά) με έμφαση στην παραγωγή ινών και κυτταρίνης κατέληξε στο κενάφ, λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων του φυτού στις διάφορες επεξεργασίες του (Charles, 2002). Από το 1979 μέχρι το 1985, η αμερικάνικη ένωση εκδοτικών οίκων συνέχισαν την έρευνα του κενάφ για την παραγωγή δημοσιογραφικού χαρτιού (Roseberg, 1996). Μετά το 1981, ακολούθησαν και συστήθηκαν νέες ερευνητικές ομάδες και εταιρίες που μελέτησαν την ανάπτυξη του φυτού αλλά και την επεξεργασία του για την παραγωγή χαρτοπολλτού, με σκοπό την παραγωγή χαρτιού χωρίς την προσθήκη χλωρίου (Taylor, 1993). Μέχρι σήμερα το τμήμα ερευνών ARS προσπαθεί να βρει νέες χρήσεις για το κενάφ, αλλά και τα παράγωγά του. Συγκεκριμένα, ερευνητές βρήκαν νέα χρήση ενός παραπροϊόντος που δημιουργείται από την παραγωγή χαρτιού. Το υγρό υπόλειμμα μπορεί, εκτός από την καύση του, μπορεί να μετατραπεί σε ξηρή ουσία και να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα (Weller, ARS, 2002).

Η ανάπτυξη και η έρευνα του κενάφ πραγματοποιήθηκε κυρίως στην Αμερική, ενώ πρόσφατα ξεκίνησε να πραγματοποιείται στην Ευρώπη. Η καλλιέργεια του είναι γεγονός από το 1990, ενώ παράλληλα υπάρχουν σχέδια για την κατασκευή συστήματος πολτοποίησης αποκλειστικά για τα δεδομένα και χαρακτηριστικά του κενάφ. Η κατασκευή, όμως, παραμένει ημιτελής, αφού η χρηματοδότηση θεωρείται ανεπαρκής. Ωστόσο, το ενδιαφέρον παραμένει για την ολοκλήρωση του έργου, ιδιαίτερα σήμερα όπου παρατηρείται αύξηση της ζήτησης και της τιμής χαρτιού.

Η τιμή του χαρτοπολτού αυξήθηκε εντυπωσιακά και συγκεκριμένα διπλασιάστηκε μέσα σε διάστημα πενταετίας. Οι οικονομικοί αναλυτές αποδίδουν αυτή την δραματική αύξηση στην αυξημένη ζήτηση, στην σταθερή παραγωγή και στην μειωμένη διαθεσιμότητα του ξύλου σε ορισμένες χρονικές περιόδους. Οι τάσεις αυτές στην ζήτηση χαρτιού και ξύλου δεν πρόκειται να αλλάξουν. Έτσι, εμφανίζεται στο μέλλον η ανάγκη για παραγωγή χαρτιού από εναλλακτικές κυτταρινούχες πηγές, όπως το κενάφ (Roseberg, 1996).

Η αμερικανική κυβέρνηση υποστήριξε την έρευνα του κενάφ με την χρηματοδότηση ερευνητικών προγραμμάτων με σκοπό την διάδοσή του ως καλλιέργεια. Παρόλο την μικρή ακόμη έκταση που καταλαμβάνει, νέες εταιρίες δημιουργούνται με σκοπό την δημιουργία νέων προϊόντων από κενάφ (Kugler, 1996)

9.1 Ριζικό σύστημα

Το ριζικό σύστημα του κενάφ αποτελείται από την κύρια πασαλώδη ρίζα και τις δευτερεύουσες πλευρικές ρίζες. Η ανάπτυξη της κύριας ρίζας πραγματοποιείται με γρήγορους ρυθμούς, πριν την εμφάνιση των κοτυληδόνων στο έδαφος. Το βάθος της μπορεί να φθάσει μόνο 30-40 εκατοστά και εξαρτάται από τα είδος του εδάφους, την υγρασία και τον αερισμό. Σε περίπτωση έλλειψης υγρασίας, η κεντρική ρίζα αναπτύσσεται σε βάθος δύο και παραπάνω μέτρων (Πασχαλίδης, 1997).

Από τις δευτερεύουσες ρίζες σχηματίζονται και οι υπόλοιπες ρίζες με τελευταίες τις διακλαδώσεις των ριζικών τριχιδίων. Με αυτά το φυτό απορροφά το νερό και τα θρεπτικά συστατικά. Για την κανονική ανάπτυξη του ριζικού συστήματος, απαιτούνται εδάφη με καλή διαπερατότητα, καλό αερισμό, ικανοποιητική υδατοχωρητικότητα, υψηλή θερμοκρασία από 15° C έως 27° C (Duke, 1983).

9.2 Βλαστός

Αποτελεί το μεγαλύτερο οικονομικό προϊόν, αφού αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα του φυτού και φθάνει από 74% έως 90% του βάρους του, αναλόγως το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (Webber, 1993b; Archontoulis et al, 2007). Το στέλεχος είναι κυλινδρικό, ενώ το μέγεθος και το ύψος του επηρεάζεται από τις συνθήκες ανάπτυξης. Οι όψιμες ποικιλίες αναπτύσσονται περισσότερο σε ύψος από τις

πρώιμες και φθάνουν τα 2,5-3,5 μέτρα. Το ύψος των φυτών μπορεί να φθάσει και τα 5 μέτρα, όταν πυκνότητα φύτευσης είναι πολύ αραιή και το έδαφος αρκετά γόνιμο.

Εξίσου σημαντική θεωρείται και η διάμετρος του φυτού, η οποία εξαρτάται από τις υπάρχουσες συνθήκες και την ποικιλία. Η τελική επεξεργασία και χρήση του φυτού θα καθορίσει και την διάμετρο του βλαστού, η οποία συνήθως κυμαίνεται από 8-25 χιλιοστά. Έτσι όταν το κενάφ καλλιεργείται για την παραγωγή ινών, η διάμετρος δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 13-15 χιλιοστά (Πασχαλίδης, 1997).

Ο βλαστός του φυτού αποτελείται από τον εξωτερικό φλοιό (bark), που αποτελεί το 35-45% του βάρους του στελέχους με μακριές και ανθεκτικές ίνες, ενώ το 60-65% αποτελεί τον εσωτερικό φλοιό (core) με κοντές ίνες (Roseberg, 1996). Η περιεκτικότητα σε ίνες στον εξωτερικό φλοιό φθάνει το 50-55% και εξαρτάται από την πυκνότητα φύτευσης, ενώ οι λιγότερο πολύτιμες (κοντές) ίνες του εσωτερικού φλοιού φθάνουν σε περιεκτικότητα 45-50% (Clark and Wolff 1969; Wood et al. 1983; Roseberg, R.J., 1996). Το χρώμα του βλαστού είναι συνήθως πράσινο, αλλά υπάρχουν ορισμένες ποικιλίες όπου το στέλεχος είναι κόκκινο ή πορφυρό (LeMahieu et al., 1991). Το χρώμα δεν έχει ιδιαίτερη σημασία στην επεξεργασία των στελεχών.

9.3 Φύλλα

Ανάλογα με το είδος και την ποικιλία του κενάφ, τα φύλλα του είναι διαφορετικά σε μέγεθος και σχήμα. Επίσης το στάδιο ανάπτυξης και η ηλικία του φυτού επηρεάζουν σημαντικά το σχήμα του φύλλου. Γενικά αποτελούνται από το έλασμα και τον μίσχο και αναλόγως το σημείο έκφυσης στον βλαστό το μέγεθος ποικίλει με τα μεσαία φύλλα να εμφανίζονται μεγαλύτερα. Τα νεαρά φύλλα στο αρχικό στάδιο της ανάπτυξης σε όλα τα είδη είναι απλά και σε σχήμα καρδιάς. Κατά την ωρίμανση παράγονται διαφορετικά φύλλα και τα ήδη υπάρχοντα διαφοροποιούνται αναλόγως την ποικιλία.

9.4 Άνθη

Το κενάφ έχει μεγάλα και ανοιχτά άνθη, χρώματος άσπρο ή κρεμ. Το κέντρο του άνθους έχει συνήθως σκούρο κόκκινο ή μωβ χρώμα. Τα άνθη έχουν 5 πέταλα, ενώ η διάμετρος κυμαίνεται από 8-13 εκατοστά. Έχουν πολυάριθμους στήμονες, ενώ

η ωοθήκη από πέντε σπερμοφόρα καρπόφυλλα. Αν και τα φυτά αυτά παρουσιάζουν υψηλή γονιμότητα από το ίδιο άνθος, μπορούν να γονιμοποιηθούν και από διαφορετικό άνθος. Η γονιμοποίηση του κενάφ μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μέσω δραστηριότητας του εντόμου είτε αυτογονιμοποίηση με την κίνηση (άνοιγμα-κλείσιμο) των πετάλων από τον άνεμο (Webber et al., 2002). Οι περισσότερες ποικιλίες του κενάφ είναι ευαίσθητες στην φωτοπερίοδο.

9.5 Καρπός

Ο καρπός του φυτού είναι μια κάψα, η οποία αποτελείται από 5 καρπίδια και σε κάθε καρπίδιο περιέχονται 5 σπόρους, με συνολική ποσότητα σε κάθε κάψα από 20-26 σπόρους (Dempsey 1975; Webber et al., 2002). Η κάψα φέρει εξωτερικά μικρά και σκληρά τριχίδια, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ερεθισμό στο δέρμα του ανθρώπου. Οι διαστάσεις της κάψας κυμαίνονται από 1,9-2,5 εκατοστά μήκος, ενώ η διάμετρος φθάνει τα 1,3-1,9 εκατοστά.

Ο σπόρος έχει σχήμα τριγωνικό-σφηνοειδές και χρώμα μαύρο-γκρι. Οι διαστάσεις του σπόρου είναι αρκετά μικρές, με μήκος μόλις 3-5 χιλιοστά και πλάτος 2,5-4 χιλιοστά. Εκτιμάται ότι το βάρος ενός κιλού σπόρου αριθμεί περίπου 35.000 - 40.000 χιλιάδες σπόρους (Webber et al., 2002). Η υγρασία του σπόρου είναι 9,6%, νιτρικές ουσίες 21,4% και 20,4% έλαιο (Duke A., 1983).

Η παραγωγή σπόρου εξαρτάται από την ποικιλία, την περιοχή καλλιέργειας, το γεωγραφικό πλάτος και τις καλλιεργητικές πρακτικές. Στην Αμερική έρευνες έδειξαν ότι η σποροπαραγωγή περιορίζεται σε νότιες περιοχές, όπου το κλίμα είναι θερμότερο. Ομοίως στην Ελλάδα, η παραγωγή του 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 et al., 2002).

9.6 Ίνες

Οι ίνες του φλοιού κυμαίνονται σε μήκος πάνω από 5 χιλιοστά (μέσος όρος 2,6 χιλιοστά), ενώ οι ίνες του εσωτερικού ξυλώδους βλαστού έχουν μικρό μήκος της

τάξεως των 0,5-1 χιλιοστών (Webber et al., 2002; Francois et al. 1992; Angelini et al. 1998). Οι ίνες του εξωτερικού φλοιού μοιάζουν με αυτές του μαλακού ξύλου, ενώ οι ίνες του εσωτερικού φλοιού μοιάζουν με αυτές του σκληρού ξύλου. Λόγω των άριστων ιδιοτήτων αυτών των ινών, το κενάφ παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα για την παραγωγή καλής ποιότητας χαρτιού. Οι μέθοδοι πολτοποίησης της φυτομάζας του κενάφ και η χημική επεξεργασία θα αναλυθεί σε επόμενα κεφάλαια, ενώ αρχικά αναφέρεται ότι η χαρτοβιομηχανία χρησιμοποιεί είτε ολόκληρα τα στελέχη του κενάφ είτε τον εξωτερικό φλοιό, έπειτα από ειδική επεξεργασία διαχωρισμού. Γενικότερα, η πολτοποίηση του κενάφ παρουσιάζει περιβαλλοντικά προνόμια, αφού η διαδικασία επεξεργασίας απαιτεί λιγότερα χημικά και λιγότερη ενέργεια σε σχέση με αυτή του ξύλου (Stricker, 1998).

9.7 Κατάλληλες συνθήκες

Όπως έχει διαπιστωθεί από τις έρευνες, η πρόιμη σπορά για το ΚΕΝΑΦ, δηλαδή η περίοδος κατά τις αρχές Μαΐου, η λίπανση με 50 kg N/ha, φώσφορο και κάλιο, η σπορά σε πυκνότητα 20 φυτά/m² και η άρδευση η οποία είναι ισοδύναμη με το 50% της εξατμισοδιαπνοής, μπορεί να αποφέρει μέγιστες παραγωγικότητες περί τους 22 τόνους.

Για την ίδια ενεργειακή καλλιέργεια, σύμφωνα με έρευνα που έγινε σε διάφορες μεσογειακές χώρες, όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία, η Πορτογαλία και η Νότια Γαλλία, η υψηλότερη παραγωγή σημειώθηκε στην Ελλάδα, ενώ η χαμηλότερη στη Νότια Γαλλία. Σε περιοχές με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού, όπως είναι στη Δυτική Θεσσαλία, βρέθηκε πως πολύ σημαντική είναι η επιλογή της εποχής σποράς, καθώς η αργοπορημένη σπορά μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα 35% έως 40% χαμηλότερη παραγωγή.

10. Κύκλος ζωής του ΚΕΝΑΦ

Η ανάλυση κύκλου ζωής (Life Cycle Analysis), φαίνεται ότι καθορίζει το περιβαλλοντικό επίπεδο για την ύπαρξη ενός προϊόντος, από την «γέννησή» του μέχρι το «τάφο» του. Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει αξιόπιστη και ολοκληρωμένη ανάλυση για το κενάφ είτε ως πρώτη ύλη για χαρτοπολτό είτε ως στερεό καύσιμο για θέρμανση. Συγκεκριμένα η υπάρχουσα διεθνής βιομηχανία χαρτιού δεν υποστηρίζει τις θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κενάφ, κυρίως για οικονομικούς λόγους. Η κυρία διαφωνία είναι ότι η δασική εκμετάλλευση έχει ελάχιστο περιβαλλοντικό αντίκτυπο από την καλλιέργεια ετήσιων φυτών παραγωγής βιομάζας.

Η ενέργεια που απαιτεί η καλλιέργεια τέτοιων φυτών είναι μεγαλύτερη από αυτή της φυσικής ανάπτυξης του δάσους. Όμως ο ισχυρισμός αυτός χαρακτηρίζεται ανεπαρκής. Για την ορθή ανάλυση απαιτείται η μελέτη και η αναθεώρηση πολύπλοκων παραγόντων. Αντικείμενα μελέτης και ανάλυσης θεωρούνται η προσφορά της γεωργίας στην κοινωνία, όλες τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το στάδιο της συγκομιδής και της επεξεργασίας (Rymsza, 2005).

Με την παραπάνω ανάλυση θα προσδιοριστεί το ενεργειακό ισοζύγιο της παραγωγικής αλυσίδας και της ενεργειακής αποδοτικότητας της βιομάζας του κενάφ. Ο εντοπισμός της πλέον ευνοϊκής επιλογής θα γίνει λαμβάνοντας υπ' όψη πλήθος τεχνικών, οικονομικών, περιβαλλοντικών και νομοθετικών/πολιτικών κριτηρίων. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές του CO₂, το ενεργειακό ισοζύγιο, το κόστος παραγωγής, η ύπαρξη προτύπου και η νομοθεσία είναι κριτήρια «κλειδιά» για την κατάδειξη των πιο σημαντικών πτυχών και των δυναμικών της αλυσίδας της παραγωγής.

Μια πρόσφατη μελέτη στην Ιαπωνία, προσδιορίζει την περιβαλλοντική επίπτωση για την παραγωγή χαρτιού με πρώτη ύλη το κενάφ σε σύγκριση με άλλες κутταρινούχες πηγές εκτός του ξύλου (Life Cycle Impact Assessment). Για την επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι φιλικές προς το περιβάλλον και όλοι έδειξαν την υπεροχή του χαρτοπολτού από κενάφ. Επίσης διαπιστώθηκε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρέαζε τα δεδομένα ήταν οι εκπομπές του CO₂, προερχόμενο κυρίως από τα παρα-προϊόντα επεξεργασίας. Σχεδόν όλοι οι μέθοδοι επεξεργασίας του χαρτοπολτού έδειξαν ότι η κατανάλωση ενέργειας για την παραγωγή χαρτιού από κενάφ ήταν 1,8 φορές λιγότερη από άλλα είδη χαρτιού (Nakazawa et al., 2004).

11. Παλαιότερες και νέες χρήσεις του ΚΕΝΑΦ

Στην αρχαία εποχή ήταν γνωστή η χρήση του κενάφ για την παρασκευή υφασμάτων προϊόντων. Ιστορικά, ως πρώτη χρήση του κενάφ αναφέρεται από τους Ιθαγενείς Ινδιάνους. Στα μέσα του 1700 πολλοί Βρετανοί ερευνητές, μελέτησαν τον τρόπο καλλιέργειας και διάδοσής του σε διαφορετικούς τοπικούς πληθυσμούς της Ινδίας. Ο Dempsey αναφέρει ότι η εισαγωγή του κενάφ στην Ευρώπη έγινε περίπου το 1900 - 1902, γνωστό με μία από τις πολλές τοπικές ονομασίες του. Μετά από μια δεκαετία έγινε για πρώτη φορά η ταξινόμηση του φυτού, ενώ το 1958 δημιουργήθηκε το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής σακίων αποκλειστικά από κενάφ. Η παραγωγή σακίων από κενάφ εξαπλώθηκε σε πολλές χώρες της Ασίας. Στην Αμερική, αναζητούσε νέες πηγές ίνας για την παραγωγή σακίων και άλλων εξαρτημάτων για τον εξοπλισμό του στρατού. Μετά το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, εγκατέλειψαν τις έρευνες για το κενάφ. Πρόσφατα άρχισαν και πάλι να ανακαλύπτουν νέες χρήσεις για το κενάφ και τα παράγωγά του.

Πρόσφατα, οι ερευνητές δοκίμασαν διάφορες τεχνικές παραγωγής χαρτοπολτού, με σκοπό να διαπιστώσουν την ικανότητα του κενάφ να μετατραπεί σε κάθε είδους χρήση χαρτιού. Η κορυφή του βλαστού του κενάφ δεν χρησιμοποιείται για πολτοποίηση. Με υψηλό ποσοστό σε πρωτεΐνη (πάνω από 20%), αποτελεί ικανοποιητική διατροφική αξία για την κτηνοτροφία. Σε πολλές περιοχές, τα πάνω φύλλα και οι τρυφεροί βλαστοί του κενάφ, ήταν μέρος της διατροφής και του ανθρώπου (LeMahieu et al., 1991). Οι χρήσεις του κενάφ επεκτείνονται με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ο καταναλωτής μπορεί να βρει προϊόντα με βάση το κενάφ. Οι ίνες μπορούν να αντικαταστήσουν το fiberglass για την κατασκευή πάνελ. Ακόμη, το παράγωγο από την επεξεργασία πολτοποίησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλέον ως λίπασμα αφού περιέχει 22% άζωτο (ARS, 2004).

Τα στάδια της επεξεργασίας και διαχωρισμού του εξωτερικού φλοιού του κενάφ με την σημερινή τεχνολογία είναι:

- Συλλογή - Δεματοποίηση: με συμβατική συλλεκτική μηχανή το κενάφ συγκομίζεται και μεταφέρεται στο κοντινότερο σταθμό επεξεργασίας. Επιθυμητή απόσταση είναι περίπου σε ακτίνα 40-50 χλμ. Για την ομαλή και σταθερή επεξεργασία του σταθμού επεξεργασίας απαιτούνται 1000 εκτάρια καλλιέργειας και περίπου 50 άτομα προσωπικό εργασίας.

- Ανάλυση φυτού: επιδιώκονται τα καλύτερα τεχνολογικά χαρακτηριστικά με κατάλληλες μετρήσεις (ποιότητα, βάρος, υγρασία). Έπειτα, τα δέματα του κενάφ αποθηκεύονται.
- Τροφοδοσία: Τα δέματα του κενάφ ανοίγονται, τοποθετούνται σε ιμάντες μεταφοράς και το υλικό προωθείται στο σύστημα τροφοδοσίας.
- Καθαρισμός: το κενάφ καθαρίζεται από τη σκόνη και άλλες φυτικές προσμίξεις.
- Διαχωρισμός: το κενάφ περνά από διάφορες αποφλοιωτές και μετρητικές συσκευές.
- Έξοδος: οι ίνες του φλοιού, συμπιέζονται σε μπάλες και αποθηκεύονται.

12. Παραγωγή χαρτιού

Για την παρασκευή του χαρτοπολτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολόκληρο το στέλεχος του κενάφ. Η επεξεργασία πραγματοποιείται με διάφορες διαδικασίες, όπως η μέθοδος Kraft και άλλες χημικομηχανικές, θερμομηχανικές και μηχανικές μεθόδους. Ο χαρτοπολτός αυτός επεξεργάστηκε και έδωσε ικανοποιητικής ποιότητας χαρτί για χρήσεις σε εφημερίδες, διαφημιστικά έντυπα, συσκευασίες, γκραβούρες και χαρτί εκτυπώσεως. Για δημιουργία άριστης ποιότητας χαρτιού, επεξεργάζεται μόνο ο φλοιός του κενάφ. Οι ιδιότητες του πολτού αυτού μπορούν να συγκριθούν με εκείνου που παράγεται από μαλακό ξύλο, έχοντας παρόμοια ελαστικότητα και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Ο χαρτοπολτός από τον εξωτερικό φλοιό απαιτεί λιγότερα χημικά και ενέργεια σε σχέση με τον χαρτοπολτό από ξύλο (Webber et al., 2002).

Ακόμη, ο ξυλώδης εσωτερικός φλοιός μπορεί να υποστεί χημική επεξεργασία για την παραγωγή χαρτοπολτού χαμηλής ποιότητας. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή ελαστικότητα, αλλά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύονται και από μια πρόσφατη ελληνική έρευνα, στην οποία μελετήθηκαν οι διαστάσεις της ίνας, το ποσοστό της λιγνίνης και της κυτταρίνης καθώς και η καταλληλότητα για την παραγωγή χαρτιού. Το κενάφ και το καλάμι έδωσαν καλής ποιότητας ίνες, σε σχέση με το βαμβάκι, τον μίσχανθο και το switchgrass, την ελιά και την αμυγδαλιά. Ακόμη από την χημική ανάλυση όλων των φυτών που εξετάστηκαν, το κενάφ περιέχει σε μεγαλύτερα επίπεδα την α -cellulose (κυτταρίνη) περίπου 40% και το μικρότερο ποσοστό λιγνίνης που κυμαίνεται σε λιγότερο από 30%. Αυτό σημαίνει όπως επισημαίνεται παρακάτω μικρότερο χρόνο και συνεπώς και κόστος επεξεργασίας του χαρτοπολτού (Ververis et al., 2003).

Η παρασκευή χαρτοπολτού από κενάφ, επικεντρώνεται κυρίως στην Ιαπωνία και την Αμερική. Η πολτοποίηση γίνεται συνήθως σε μικρούς μύλους, λόγω της περιορισμένης ποσότητας σε πρώτη ύλη. Η περιεκτικότητα σε εξωτερικό φλοιό κυμαίνεται σε 80% και σε εσωτερικό φλοιό 20%. Η υγρασία είναι περίπου 10%. Η επεξεργασία γίνεται συνήθως με την μέθοδο Kraft. Αμέσως μετά ακολουθεί η λεύκανση μετά την χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2). Η διεργασία αυτή δίνει καλά επίπεδα λεύκανσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς (Ahmed et al., 1998).

Σημαντικό είναι ότι μπορεί να γίνει ανακύκλωση του χαρτιού από κενάφ, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες, ενώ οι ιδιότητες του χαρτιού παραμένουν αναλλοίωτες και στην επόμενη γενεά χαρτιού.

12.1 Ενεργειακή καλλιέργεια για την παραγωγή βιομάζας και χαρτοπολτού

Η βιομάζα αποτελεί μια από τις πλέον υποσχόμενες εναλλακτικές μορφές ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, η οποία μπορεί με καλή διαχειριστική πρακτική να παράγεται ανανεώσιμα. Η ανάγκη για τη χρήση της βιομάζας έναντι του πετρελαίου και των προϊόντων του έχει αρχίσει να παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στον αναπτυσσόμενο κόσμο τόσο για περιβαλλοντικούς, όσο για οικονομικούς και διαχειριστικούς λόγους.

Η ενεργειακή κρίση του 1973 καθώς και ανυπολόγιστες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθιστούν την βιομάζα και άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ικανές να λύσουν το πρόβλημα της εξασφάλισης της ενέργειας. Συγκεκριμένα, η βιομάζα παρουσιάζει το μεγαλύτερο ενεργειακό δυναμικό και κατά συνέπεια έχει ουσιαστική σημασία μια εκστρατεία προώθησης και στήριξης αποκεντρωμένων εγκαταστάσεων παραγωγής ισχύος από βιομάζα σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Επιπρόσθετα, έχει αρχίσει η προσπάθεια παραγωγής νέων προϊόντων, με έμφαση στην ποιότητα αλλά και την ασφάλεια για το περιβάλλον. Νέα πηγές χαρτοπολτού, νέα υλικά φτιαγμένα σε μεγάλο ποσοστό από φυτικούς οργανισμούς, βιοπλαστικά, αποτελούν μελλοντικές πεποιθήσεις για τον σύγχρονο κόσμο. Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην συνεχή και αλόγιστη καταστροφή του δασικού οικοσυστήματος είτε από πυρκαγιές είτε από την παράλογη επεκτατικότητα του ανθρώπου. Κατά συνέπεια το δασικό ενεργειακό δυναμικό μειώνεται και παράλληλα παρατηρείται έλλειψη πρώτης ύλης για την παραγωγή χαρτοπολτού. Για την εξασφάλιση της αειφορίας των δασικών οικοσυστημάτων αλλά και τον περιορισμό της εισαγωγής πρώτης ύλης, η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί και στηρίζει καλλιέργειες για παραγωγή βιομάζας και χαρτοπολτού.

Η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, θεωρείται μία πολύ καλή λύση για την υπέρβαση του οικονομικού αδιεξόδου που αισθάνονται οι Ευρωπαίοι και ιδιαίτερα οι Έλληνες γεωργοί, που οφείλεται στην ελεύθερη εισαγωγή αγροτικών

προϊόντων και στην κατάργηση των κλασικών επιδοτήσεων. Επίσης η ανάγκη για καλλιέργειες που απαιτούν χαμηλές εισροές και προστατεύουν το περιβάλλον, δείχνει να αποτελεί σημαντική λύση για την μείωση του ενεργειακού κόστους παραγωγής αγροτικών προϊόντων και την αύξηση των εισοδημάτων κυρίως σε άγονες περιοχές.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει για την χώρα μας η καλλιέργεια μη διατροφικών φυτών με πολλαπλές χρήσεις όπως είναι το κενάφ για την παραγωγή βιομάζας και βιοενέργειας. Η διεύρυνση της βιβλιογραφίας έδωσε ανεπαρκή δεδομένα για την Ευρωπαϊκή Ένωση και κυρίως για την Ελλάδα. Το ενδιαφέρον αυτής της καλλιέργειας είναι πρόσφατο, για αυτό και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά ερευνητικά προγράμματα, εκ των οποίων μεγάλο μέρος αυτών και στην χώρα μας.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με την καλλιέργεια του κενάφ και τις χρήσεις του. Αρχικά, γίνεται μία εκτενή αναφορά σχετικά με την βιομάζα και τις ενεργειακές καλλιέργειες καθώς και στην Ελληνική νομοθεσία και πολιτική για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Ακολούθως, παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία που αφορούν την γενική περιγραφή του κενάφ, την βιολογία του, των καλλιεργητικών τεχνικών του, των οικολογικών απαιτήσεων, των καλλιεργητικών φροντίδων και του τρόπου συγκομιδής. Επίσης αναφέρονται νέα πειραματικά στοιχεία που αφορούν την ποιότητα καύσης, την ποιότητα του χαρτοπολτού και τις αποδόσεις σε βιομάζα.

Με βάση νέων στοιχείων από πρόσφατα πειραματικά προγράμματα και μια στοιχειώδης οικονομική ανάλυση εισροών – εκροών τυπικών αγροκτημάτων, φαίνεται ότι το κενάφ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την χώρα μας. Η άποψη αυτή στηρίζεται αρκετά από την εναλλακτική γεωργία χαμηλών εισροών που προωθεί η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική και από την τάση αύξησης παραγωγής της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

13. Παραγωγή μοριοσανίδων

Η έρευνα σχετικά με την χρήση των στελεχών του κενάφ είναι περιορισμένη και λίγες εταιρίες κατασκευάζουν μοριοσανίδες, σε αναλογία 92% ίνες και 8% από εσωτερικό φλοιό. Τα χαρακτηριστικά τους ικανοποιούν τα καθορισμένα επίπεδα ασφαλείας και αντοχής. Η μηχανική αντοχή αυξήθηκε περισσότερο, όταν συνδυάστηκαν με πολυμερή. Οι ίνες του κενάφ μπορούν ακόμη να αντικαταστήσουν το fiberglass, αυξάνοντας την αντοχή του τελικού προϊόντος. Σε περιπτώσεις όπου ο παράγοντας υγρασία δεν παίζει σημαντικό ρόλο, οι ίνες του κενάφ ως συστατικό των μοριοσανίδων αποτελεί αποτελεσματική λύση.

Σε σχετική έρευνα για την κατασκευή μοριοσανίδων προσδιορίστηκε η αναλογία των ινών με τεμαχίδια από τον εσωτερικό φλοιό του κενάφ. Τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά αντοχής και κάμψης ήταν ικανοποιητικά όταν το ποσοστό των ινών κυμάνθηκε πάνω από 50% (Grigoriou et al 2000). Για χώρες με μεγάλο έλλειμμα σε ξυλεία, όπως η Ελλάδα, είναι σημαντική η χρήση άλλων πηγών κυτταρίνης εκτός του ξύλου για την αντικατάσταση ή τον συνδυασμό του τελευταίου για την κατασκευή μοριοσανίδων.

14. Παραγωγή σύνθετων πλαστικών και μονωτικών

Σύμφωνα με νέες έρευνες, το κενάφ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενισχυτικό υλικό για την κατασκευή πλαστικών. Οι ίνες του κενάφ μπορούν να αναμειχθούν με πλαστικό και να δημιουργηθούν υλικά με νέες ιδιότητες. Οι ιδιότητες και η χημική σύσταση των στελεχών του κενάφ εξασφαλίζουν την εφαρμογή τους ως ενδιάμεσο υλικό σε πλαστικά. Το USDA-ARS πραγματοποίησε πειράματα και μετρήσεις και έδειξε ότι το κενάφ μπορεί να αντικαταστήσει τα υπολείμματα και τα πριονίδια του ξύλου.

Η αντοχή στις καταπονήσεις (π.χ. κάμψη, θλίψη, διάτμηση) διαπιστώθηκε ότι σε πλαστικά με 40% ίνες κενάφ ήταν μεγαλύτερη από αυτά με ξύλο. Ενώ η ελαστικότητα ήταν υψηλότερη, παρατηρήθηκε χαμηλή απόδοση σε εφελκυσμό και γι'αυτό δε προτείνεται σε συστήματα υψηλής καταπόνησης σε εφελκυσμό. Η εξαιρετική ικανότητα απορρόφησης του κενάφ έδωσε την ευκαιρία για την δημιουργία, θερμομονωτικών και ηχομονωτικών υλικών. Ειδικότερα ο εσωτερικός φλοιός χαρακτηρίζεται και από μεγάλη απορροφητικότητα υγρών με ικανότητα απορρόφησης τέσσερις φορές μεγαλύτερη από το βάρος του. Τα μονωτικά υλικά κατασκευάζονται με συνδυασμό άλλων ινών ή από πολυεστέρα και αναλόγως τα ποσοστά συμμετοχής καθορίζονται και τα φυσικό-μηχανικά χαρακτηριστικά, όπως η ηχητική και θερμική αγωγιμότητα (Webber et al., 2002).

15. Παραγωγή συσσωματωμάτων (pellets)

Παρόλο που η βιομάζα είναι μια σημαντική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας, δεν αποτελεί πολύ καλό καύσιμο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το περισσότερο από το 70% του όγκου της είναι συνήθως αέρας και νεκρός όγκος. Αυτή η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, δυσχεραίνει τη συλλογή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και τη χρήση της. Για τη βελτίωση του ενεργειακού περιεχόμενου ανά μονάδα όγκου της βιομάζας, χρησιμοποιείται η μέθοδος της μηχανικής αύξησης της πυκνότητάς της. Η αύξηση της πυκνότητας της βιομάζας είναι μια νέα διαδικασία κατά τη οποία με τη χρήση υψηλών πιέσεων συμπιέζεται η βιομάζα σε μικρά συσσωματώματα –κοινώς pellets-, σε μπάλες καθώς και σε μεγαλύτερα συσσωματώματα, δηλαδή τις μπρικές βιομάζας.

Η εκτίμηση του δυναμικού ενέργειας της βιομάζας από το κενάφ, αποτέλεσε μέρος του ερευνητικού προγράμματος Biokeprof. Οι μετρήσεις έδειξαν ότι το δυναμικό ενέργειας, επηρεάστηκε από τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και την εποχή σποράς. Σε πλήρως αρδευόμενα πειραματικά τεμάχια διαπιστώθηκε αύξηση του δυναμικού, αφού η απόδοση σε βιομάζα ήταν μεγαλύτερη. Επίσης η τιμή της δεν επηρεάστηκε από τα επίπεδα λίπανσης και την πυκνότητα της φυτείας (Fernando et al., 2006).

Βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή αποτελούν το πριονίδι και τα κλαδέματα των ελαιοδέντρων. Τα τελικά προϊόντα θα διατίθενται τόσο στην Ελληνική όσο και Ευρωπαϊκή αγορά σε εξαιρετικά ανταγωνιστικές τιμές. Οι μπριγκέτες, οι οποίες προορίζονται κυρίως σε ιδιώτες, θα διατίθενται στη λιανική αγορά συσκευασμένες σε εύχρηστους σάκους μεταφοράς. Αντίθετα τα pellets με μέγεθος 10x6mm θα διατίθενται τόσο συσκευασμένα σε σάκους όσο και χύμα για χρήση σε καυστήρες εσωτερικής καύσης π.χ. για θέρμανση.

Το pellet είναι μια εναλλακτική λύση για το πρόβλημα της θέρμανσης. Προσφέρει οικονομία σε σχέση με τα υπόλοιπα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για θέρμανση, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, ακόμα και πριν την αναμενόμενη εξίσωση των φόρων του πετρελαίου θέρμανσης και κίνησης, ενώ ταυτόχρονα έχει σταθερότερη τιμή και είναι φιλικό προς το περιβάλλον.

Η ποιότητα των pellets είναι κάτι που αλλάζει δραματικά τη συμπεριφορά των συσκευών καύσης της βιομάζας. Η κακή ποιότητα του καυσίμου μπορεί να οδηγήσει

σε μια σειρά προβλημάτων τα οποία μπορεί να ξεκινούν από μικρές δυσλειτουργίες και μείωση του χρόνου ανάμεσα στους περιοδικούς καθαρισμούς για να καταλήξουν ακόμη και σε σοβαρές βλάβες ή και αδυναμία λειτουργίας της συσκευής.

16. Παραγωγή βιοαερίου και βιοελαίου

Το κενάφ, ως φυτό πλούσιο σε κυτταρίνη, μπορεί να αξιοποιηθεί ενεργειακά για την παραγωγή στερεών καυσίμων. Η τεχνολογία όμως δίνει δυνατότητες για την παραγωγή βιοαερίου αλλά και υγρών καυσίμων. Με την θερμοχημική μέθοδο, δηλαδή την πυρόλυση και την αεριοποίηση μπορεί να παραχθεί ικανοποιητική ποσότητα βιοαερίου και βιοελαίου. Με την βιοχημική μέθοδο και συγκεκριμένα με χημική επεξεργασία των ελαίων, δηλαδή τη μετεστεροποίηση παράγεται βιοντήζελ. Οι αναφερθείσες διαδικασίες αναφέρονται για την επεξεργασία του εσωτερικού φλοιού του κενάφ, που παρουσιάζει χαμηλής ποιότητας ίνες και χαρακτηριστικά μαλακού ξύλου.

17. Πολιτική παραγωγής γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή βιοκαυσίμων

Η καλλιέργεια της γεωργικής πρώτης ύλης για παραγωγή των βιοκαυσίμων στην Ευρωπαϊκή Ένωση επηρεάζεται άμεσα από τα συναφή μέτρα πολιτικής, όπως είναι οι κανόνες χρήσης της γης, η ενίσχυση καλλιέργειας ενεργειακών φυτών, η αγρανάπαυση εκτάσεων γης, κλπ. Σύμφωνα με τη νέα πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στοχεύει στην αποδέσμευση της γεωργικής παραγωγής από τις οικονομικές ενισχύσεις. Για την ικανοποίηση του στόχου αυτού προβλέπει τη χορήγηση οικονομικής ενίσχυσης στους παραγωγούς οι οποίοι καλλιεργούσαν επιδοτούμενες καλλιέργειες κατά την περίοδο 2000 έως 2002, με βάση τη μέση στρεμματική απόδοση και ποσοστά αποδέσμευσης από την παραγωγή μέχρι 100%. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα με το είδος της καλλιέργειας που ο παραγωγός θα εγκαταστήσει τα επόμενα χρόνια στους αγρούς όπου καλλιεργούσε επιδοτούμενο προϊόν, θα του χορηγείται το ποσοστό αποδεσμευμένης ενίσχυσης της παρελθούσης επιδοτούμενης καλλιέργειας.

Παρά το γεγονός ότι το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης δεν έχει ορίσει ακόμη ποσοστά αποδέσμευσης για τις διάφορες καλλιέργειες, επιχειρήθηκε να εκτιμηθεί η καθαρή πρόσδοδος στον παραγωγό που θα αποφασίσει να εγκαταστήσει ενεργειακές καλλιέργειες σε αντικατάσταση καλλιεργειών βαμβακιού, αραβοσίτου, μαλακού και σκληρού σιταριού και ποσοστά αποδεσμευμένης ενίσχυσης από 50% έως 100%.

18. Ενεργειακές καλλιέργειες

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. Η βιομάζα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύση ή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού με γαιάνθρακες, για ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση σαν πρώτη ύλη για θερμοχημικές διεργασίες, όπως πυρόλυση και αεριοποίηση για παραγωγή μεθανόλης, βιοαερίου και πυρολυτικών ελαίων και για βιοχημικές διεργασίες για παραγωγή αιθανόλης ή μεθανίου.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες όπως είναι το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλιάνθος, κλπ. Οι νέες ενεργειακές καλλιέργειες είναι είδη με υψηλή παραγωγικότητα σε βιομάζα, ανά μονάδα γης και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις γεωργικές και τις δασικές. Οι γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται περαιτέρω σε ετήσιες και πολυετείς.

Γενικότερα, τα κριτήρια για την τελική επιλογή της κατάλληλης ενεργειακής καλλιέργειας σε μια περιοχή είναι:

- α) η προσαρμογή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες
- β) η ευκολία εισαγωγής στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών
- γ) οι σταθερές αποδόσεις (ποσοστικά και ποιοτικά) που να προσφέρουν ανταγωνιστικό εισόδημα έναντι των παραδοσιακών καλλιεργειών
- δ) θετικό ενεργειακό ισοζύγιο εισροών – εκροών (καθαρό ενεργειακό κέρδος)
- ε) καλλιεργητικές τεχνικές σύμφωνες με την αειφόρο γεωργία
- στ) ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες
- ζ) χρήση των υπάρχοντων μηχανημάτων ή με μικρές μετατροπές αυτών
- η) διαθεσιμότητα κατάλληλου γενετικού υλικού, όπως σπόροι και ριζώματα

19. Περιβαλλοντικές απαιτήσεις

Ο χρόνος και ο ρυθμός εμφάνισης των φυτικών οργάνων παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές συνθήκες που καθορίζουν την ανάπτυξη αυτών, είναι η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος. Εξίσου καθοριστικοί παράγοντες για την εξασφάλιση ικανοποιητικής παραγωγής είναι το έδαφος, το ποσοστό υγρασίας και η ακτινοβολία που προσλαμβάνει το φυτό.

Κατά κανόνα, η περίοδος από το φύτευμα μέχρι την ανθοφορία μιας καλλιέργειας επιταχύνεται από την υψηλή θερμοκρασία. Το κενάφ είναι πολύ απαιτητικό σε θερμό κλίμα και όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 0ο C, επηρεάζει αρνητικά το φυτό. Συγκεκριμένα, θερμοκρασίες κάτω από -1ο C, καταστρέφουν τα μικρά βλαστίδια αλλά και τα μεγάλα φυτά. Το φύτευμα επιτυγχάνεται άριστα σε θερμοκρασία 18° C - 20° C, με τα βλαστίδια να παρουσιάζονται σε τρεις ή τέσσερις ημέρες (Πασχαλίδης, 1997).

Η τελική παραγωγή σε βιομάζα, σύμφωνα με ελληνικές πειραματικές μετρήσεις, καθορίζεται σημαντικά από την περίοδο ανάπτυξης του φυτού. Για τον λόγο αυτό, η εποχή σποράς είναι πολύ σημαντική και οι αποδόσεις μπορεί να μειωθούν δραστικά κατά 30-40% με αργοπορημένη σπορά. Έχει διαπιστωθεί ότι, σε θερμοκρασία κάτω από 20° C, η ανάπτυξη πρακτικά σταματά. Η περαιτέρω ανάπτυξη του φυτού απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες, με βέλτιστη θερμοκρασίας ημέρας 23-25ο C, χωρίς απότομες διακυμάνσεις. Ο ρυθμός ανάπτυξης του φυτού μειώνεται σε πιο χαμηλές θερμοκρασίες. Η υψηλή θερμοκρασία των 30° C - 35° C είναι ανεπιθύμητη, προς το τέλος της ανάπτυξης του φυτού. Στο στάδιο της ανάπτυξης των καρπών (κάψες) οι απαιτήσεις του φυτού σε υψηλές θερμοκρασίες μειώνονται, ενώ η ωρίμανση των σπόρων απαιτεί περίπου 16° C έως 18° C (Πασχαλίδης, 1997).

Εκτός από την θερμοκρασία, ο ρυθμός ανάπτυξης μιας καλλιέργειας επηρεάζεται και από το μήκος της ημέρας (ή ορθότερα από το μήκος της νύχτας) για μερικές καλλιέργειες ή ποικιλίες. Το κενάφ είναι ένα φυτό όπου αντιδρά στο μήκος της ημέρας και συγκεκριμένα αποτελεί φυτό βραχείας ημέρας (short day, 12 h). Η άνθιση του προκαλείται από την ύπαρξη βραχέων ημερών (και επομένως μακρών νυχτών).

Είναι γνωστό ότι το βόρειο και νότιο γεωγραφικό πλάτος σε σχέση με τον ισημερινό καθορίζει και το μήκος της ημέρας. Βάσει αυτού του γεγονότος, επιλέγεται η επιθυμητή ποικιλία για κάθε περιοχή για την καλλιέργεια του κενάφ και η προτεινόμενη χρήση του. Σύμφωνα με δημοσιεύσεις του Dempsey, χώρισε τις καλλιέργειες του κενάφ σε τρεις κατηγορίες ωρίμανσης: πολύ πρώιμη, πρώιμη και όψιμη (Webber, et al., 2002). Όταν η διάρκεια ηλιοφάνειας υπερβεί τις 12 ώρες ανά ημέρα, η ανάπτυξη των φυτών επιβραδύνεται, ενώ με μικρή διάρκεια το ύψος των φυτών σχεδόν σταμάτα και η άνθιση πραγματοποιείται νωρίς. (Πασχαλίδης, 1997)

Το κενάφ ευδοκίμει σε εδάφη αμμοπηλώδη, ουδέτερης αντίδρασης, καλά στραγγιζόμενα και με οργανική ουσία καλής ποιότητας. Μπορεί ωστόσο να προσαρμοστεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφικών συνθηκών (LeMahieu et al 1991). Πολύ ικανοποιητικά εδάφη θεωρούνται αυτά, τα οποία η υπόγεια στάθμη των υδάτων βρίσκεται σε μεγάλο βάθος σε σχέση με τον εδαφικό ορίζοντα (Duke, 1983).

Τα αργιλώδη εδάφη δεν αποτελούν άριστη επιλογή, γιατί δεν προσφέρουν αρκετό αερισμό (ειδικά τα μη επαρκώς καλλιεργούμενα) και συνεπώς εμποδίζουν την ανάπτυξη του φυτού. Επίσης, ακατάλληλα θεωρούνται τα αμμώδη, αφού παρουσιάζουν αδυναμία συγκράτησης της υγρασίας, ενώ παράλληλα είναι φτωχά σε θρεπτικά στοιχεία.

Επίσης, αλατούχα εδάφη είναι ακατάλληλα για την καλλιέργεια του κενάφ, ενώ αντίθετα σε εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα (εκτός του Zn) δείχνει αρκετά την ανθεκτικότητα του (Francois et al., 1990). Η παραγωγικότητα επηρεάστηκε σημαντικά από την παρουσία του Zn. Σε άλλα στοιχεία (όπως Hg, Cd, Cu και Cr), παρατηρήθηκε ιδιαίτερη αντοχή του κενάφ και συμπεραίνεται ότι μπορεί να απομακρύνει και να απορροφά αυτά, ακόμη και όταν βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία σε τέτοια εδάφη (Catroga et al., 2004).

Η γονιμότητα του εδάφους μπορεί να επηρεάσει τις αποδόσεις σε όλα τα τμήματα του φυτού. Σχετική έρευνα στην Φλόριντα, παρατηρήθηκαν διαφορές στην παραγωγή του βλαστού και της ίνας, όταν η ποικιλία Everglades καλλιεργήθηκε σε έδαφος με αρκετή οργανική ουσία και αμμώδες έδαφος φτωχό σε θρεπτικά συστατικά. Εξίσου καλές αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν και σε αυτά τα εδάφη, αλλά οι εισροές είναι ιδιαίτερα αυξημένες σε λίπανση και άρδευση, το οποίο αντιτίθεται με την έννοια της αειφορίας και της χρήσεως γης (Webber and Bledsoe V,

2002). Τα λιπάσματα, που εφαρμόζονται σε αυτά μετακινούνται σε βαθύτερα στρώματα, με συνέπεια την ελλιπή λίπανση του κενάφ αλλά και την μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με νιτρικά.

Το κενάφ είναι φυτό προερχόμενο από τροπικό κλίμα, γι' αυτό και έχει μεγάλη απαίτηση σε υγρασία. Όπως προαναφέρθηκε, η καλλιέργειά του συνίσταται σε περιοχές με αρκετή βροχόπτωση, χαμηλής εντάσεως, που κυμαίνεται περίπου σε 500-600 χιλιοστά σε περίοδο 4-5 μηνών (Duke, 1983). Στις μεσογειακές περιοχές, κάτω από ημιξηρικές συνθήκες, απαιτούνται 250-400 χιλιοστά για την εξασφάλιση υψηλών αποδόσεων που ξεπερνούν τους 26 τόνους ανά εκτάριο (Alexoroulou et al. 1999). Είναι κατανοητό, ότι τα επίπεδα άρδευσης είναι πολύ πιο χαμηλά από εκείνα συμβατικών καλλιεργειών (καλαμπόκι, ζαχαρότευτλο κ.α.) και ακόμη πιο πολύ από το βαμβάκι, το οποίο παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις σε νερό.

Η έλλειψη υγρασίας έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ανάπτυξης του φυτού, στην μείωση της παραγωγής σε βιομάζα αλλά και την υποβάθμιση της ποιότητας της ίνας. Η παραγωγικότητα του μειώνεται, αφού το ύψος του φυτού σε τέτοιες συνθήκες είναι χαμηλό, ενώ η άνθηση πραγματοποιείται πρόωρα.

Έκτος από την διάρκεια της ηλιοφάνειας, σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη του κενάφ αποτελεί και η ένταση του φωτός, η οποία καθορίζει τον ρυθμό φωτοσύνθεσης. Η μικρή ένταση φωτός επιβραδύνει την ανάπτυξη του φυτού. Για την άριστη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι αναγκαία η ρύθμιση της πυκνότητας της καλλιέργειας. Σύμφωνα, με σχετική ελληνική μελέτη ερευνήθηκε η επίδραση της έντασης του φωτός στην φωτοσυνθετική ικανότητα του κενάφ. Σε τρεις διαφορετικές ημέρες (και διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και εντάσεως της ακτινοβολίας) μετρήθηκε το ποσό αφομοίωσης του CO₂. Τα αποτελέσματα έδειξαν μέγιστο ρυθμό αφομοίωσης 50-55 kg CO₂/ha-1/h-1, κυρίως στα αρχικά στάδια της ανάπτυξης, το οποίο επιτυγχάνεται σε επίπεδο φωτός 1500 μmol/ m²s-1 (Archontoulis et al., 2005; 2006a; 2006b).

Ο ρυθμός διαπνοής (transpiration) αυξάνει εκθετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας ανεξαρτήτως της εντάσεως της ακτινοβολίας. Σε θερμοκρασίες πάνω από 35ο C , σε ένα μόνο φύλλο (πλήρως ανοιχτό) η διαπνοή μπορεί να φθάσει έως 18 mol*m⁻²*s⁻¹. Η υψηλή φωτοσυνθετική ικανότητα του κενάφ μπορεί να εξηγήσει την μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα υπό ελληνικές και κατ' επέκταση σε μεσογειακές συνθήκες (Archontoulis et al., 2005).

Η οδηγία για τα βιοκαύσιμα επηρεάζει τη ζήτηση ποικιλίας καλλιεργειών στην Ευρώπη. Δηλαδή, καλλιεργειών ελαιούχων προϊόντων (ελαιοκράμβη, ηλίανθος και σόγια για τη μετατροπή τους σε ντίζελ βιολογικής προέλευσης –βιοντίζελ-) και καλλιεργειών αμύλου (σίτους και ζαχαρότευτλα που παρέχουν πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης, η οποία είναι υποκατάστατο του πετρελαίου).

Η τρέχουσα διάρθρωση τιμών και η ζήτηση προϊόντων διατροφής στην Ευρώπη και παγκοσμίως συνεπάγεται ότι η αυξημένη ζήτηση για βιοκαύσιμα μπορεί να ικανοποιηθεί μόνο εν μέρει, με τη μείωση της παραγωγής προϊόντων διατροφής από ενδεχόμενες καλλιέργειες για την παραγωγή βιοκαυσίμων.

Αν οι εκτάσεις σε μακροχρόνια αγρανάπαυση χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή για την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να ικανοποιηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα αποδεσμευτούν μεγάλες ποσότητες CO₂, οι οποίες είναι πιθανό να ανατρέψουν για αρκετά χρόνια τα οφέλη από τη στροφή στα βιοκαύσιμα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο την ανάσχεση της απώλειας βιοποικιλότητας στην Ευρώπη πριν από το 2010. Η προστασία των γεωργικών γαιών υψηλής φυσικής αξίας στην Ευρώπη, οι οποίες χαρακτηρίζονται κυρίως από εκτατικές γεωργικές πρακτικές, έχει αναγνωρισθεί ως βασικός παράγοντας για την επίτευξη του στόχου αυτού. Η χρησιμοποίηση των εκτάσεων που έχουν χρησιμοποιηθεί για εκτατική καλλιέργεια για την παραγωγή ενεργειακών καλλιεργειών ή την εντατική παραγωγή προϊόντων διατροφής, προκειμένου να εξυπηρετηθεί η αυξημένη ζήτηση γης, θα οδηγήσει στην απώλεια βιοποικιλότητας, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις η μετατροπή αυτή συνεπάγεται πρότυπα εντατικοποίησης της παραγωγής.

20. Σημερινή κατάσταση και προοπτικές

Στον πρωτογενή τομέα, η Ευρωπαϊκή επιτροπή επεκτείνει την πριμοδότηση των ενεργειακών καλλιεργειών με αποτέλεσμα οι χώρες της ένωσης να δικαιούνται συνολικά ενίσχυση 2 εκατομμύρια εκτάρια, ενθαρρύνοντας έτσι την παραγωγή πρώτων υλών για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Τα δεδομένα για την εξέλιξη της παραγωγής βιοαιθανόλης και βιοντίζελ, καθώς και οι πρόσφατα κατασκευασθείς παραγωγικές μονάδες δείχνουν ραγδαία αύξηση της ζήτησης ενεργειακών καλλιεργειών μέσα στα επόμενα έτη.

Όμως η παραγωγή, η μεταφορά και η διάχυση τεχνογνωσίας και καινοτομιών στον ελληνικό αγροτικό τομέα παρουσιάζει ανεπάρκειες και δυσκολίες προσαρμογής στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών αγροτικών εκμεταλλεύσεων. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ανεπάρκεια των μηχανισμών σύνδεσης της έρευνας με την παραγωγή, με αποτέλεσμα η τεχνογνωσία και οι καινοτομίες να μην βρίσκουν πρόσφορο έδαφος για την πραγματοποίηση νέων εξελίξεων στο χώρο της γεωργίας, των τροφίμων και της ενέργειας (πηγή, ΕΣΣΑΑ).

Στην Ευρώπη το ενδιαφέρον ξεκίνησε σχετικά αργά, με πειραματικές καλλιέργειες κυρίως στην νότιες χώρες, μέσω ερευνητικών προγραμμάτων, όπως του Biokeanf (Alexoroulou et al., 2004). Ο βασικότερος λόγος εγκατάστασης και επέκτασης της καλλιέργειας του κενάφ είναι το κοινοτικό ενδιαφέρον που προκλήθηκε, λόγω της έλλειψης που προβλέπεται να παρατηρηθεί σε πρώτες ύλες ξυλείας, χαρτιού και ειδικότερα ανακυκλώσιμων υλικών συσκευασίας, φιλικών προς το περιβάλλον (Πασχαλίδης Χ., 1997). Η εξασφάλιση των δασικών αποθεμάτων, ο έλεγχος των εκπομπών του CO₂, και η παραγωγή βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς, αποτελούν νέες πολιτικές για την ΕΕ η οποία αναζητά νέες καλλιέργειες, όπως αυτή του κενάφ, η οποία χαρακτηρίζεται από καλλιέργεια υψηλών αποδόσεων σε βιομάζα.

20.1 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Το κενάφ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την χώρα μας, ως ετήσια καλλιέργεια για την παραγωγή της πρώτης ύλης της χαρτοποιίας και ως στερεή καύσιμη ύλη (Alexoroulou et al., 2004). Διάφορες ποικιλίες του κενάφ μελετήθηκαν από το 1989 σε διάφορες περιοχές της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας, κάτω από διαφορετικές μεταχειρίσεις, από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), τον Οργανισμό Βάμβακος και το Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.). Ένα μέρος του ερευνητικού προγράμματος του Biokenaf, πραγματοποιήθηκε από το ΚΑΠΕ και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και αφορούσε την προσαρμοστικότητα, την αύξηση και την παραγωγή βιομάζας της καλλιέργειας του κενάφ (Alexoroulou, et al., 2000).

Στην Ελλάδα, οι υψηλότερες αποδόσεις καταγράφηκαν τόσο σε χλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία επίσης σε όψιμες ποικιλίες, όπως των Tainung 2 και Everglades 41. Αν και παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στην μορφολογία τους και οι δύο ποικιλίες έδειξαν παρόμοιους ρυθμούς φωτοσύνθεσης, αναπνοής και διαπνοής (Archontoulis et al., 2006a,b). Στην Ευρώπη, αποτέλεσμα του ερευνητικού προγράμματος Biokenaf ανέλυσε και προσδιόρισε περιοχές με τις παραπάνω εδαφοκλιματικές ιδιότητες. Οι νότιες, μεσογειακές χώρες της Ευρώπης και ειδικότερα οι περιοχές της Θεσσαλίας και της Στερεάς Ελλάδας (Danalatos et al., 2006), στην Μαδρίτη και τις ευρύτερες κεντρικές περιοχές της Ισπανίας (De Andres et al., 2004), στις βόρειες περιοχές της Ιταλίας (Di Virgilio et al., 2004), έδωσαν ικανοποιητικές αποδόσεις σε βιομάζα, ενώ η ανάπτυξη του φυτού απαιτούσε χαμηλές εισροές σε λίπανση και νερό.

Ξεκινώντας με ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό, περίπου 0,7%, είναι αμφίβολο αν θα υπάρξει επαρκές ενδιαφέρον για επενδύσεις σε βιοκαύσιμα για την κάλυψη του στόχου του 5,75% εάν δεν δοθούν ισχυρά επενδυτικά κίνητρα. Παράλληλα, με ειδική διάταξη (βλ. άρθρο 34, Νόμος 3340/2005), προβλέπεται ότι «ο συντελεστής του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης ορίζεται σε 0 ευρώ ανά χιλιόλιτρο» για καθορισμένες ετήσιες συνολικές ποσότητες βιοντήζελ για τα έτη 2005 (51 εκατομμ. λίτρα), 2006 (91 εκατομμ. λίτρα) και 2007 (114 εκατομμ. λίτρα).

Ειδικότερα, για την Ελλάδα, τον Δεκέμβριο του 2005 ψηφίστηκε από την Βουλή ένας νέος νόμος (βλ. άρθρο 8, ΝΟΜΟΣ ΥΠ'ΑΡΙΘ.3423) για την εισαγωγή βιοκαυσίμων

στην ελληνική αγορά (βασισμένος στο σχέδιο δράσης για τη βιομάζα), ο οποίος ενσωμάτωσε στην ελληνική νομοθεσία τον στόχο της Ε.Ε. για συμμετοχή των βιοκαυσίμων με ποσοστό 5,75% για το έτος 2010. Επίσης, υπουργικές αποφάσεις, κοινές υπουργικές αποφάσεις (όπως η Κ.Υ.Α 163/95) συντελούν σε μια προσπάθεια ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ελληνικό χώρο.

Αυτή την στιγμή στην Ελλάδα υπάρχουν έντεκα εργοστάσια παραγωγής βιοντίζελ, τα οποία ήδη παραδίδουν ποσότητες βιοντίζελ για ανάμιξη με το συμβατικό ντίζελ στα διυλιστήρια. Από αυτά τα εργοστάσια δύο είναι σε πλήρη λειτουργία. Το πρώτο εδρεύει στην Φθιώτιδα και το δεύτερο στην Πάτρα. Όμως τα υπάρχοντα εργοστάσια, λόγω χαμηλότερων τιμών προτιμούν πρώτες ύλες εισαγωγής και αυτό αποτελεί ένα μελλοντικό πρόβλημα που μπορεί να κλονίσει το εισόδημα των παραγωγών.

Πρόσφατα αναλύθηκε και προτάθηκε σενάριο από την Ομάδα Εργασίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης για τον εντοπισμό των διαθέσιμων εκτάσεων για την ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών. Το πόρισμα καταδεικνύει ότι μια καλή ενεργειακή καλλιέργεια μπορεί να προσφέρει εισόδημα καλύτερο από τις συμβατικές ξηρικές καλλιέργειες. Το σενάριο προβλέπει την αντικατάσταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων σιτηρών κατά 15-20% (περίπου 1,8 εκατομμ. στρέμματα) και την παραγωγή έως και 180.000 χιλιόλιτρα βιοντίζελ.

Τέλος, όσον αφορά την παραγωγή μη ενεργειακών προϊόντων όπως χαρτί, πολυμερή, χημικά, κόλλες και οργανικοί διαλύτες στην χώρα μας δεν υπάρχει προς το παρόν επιχειρηματικό ενδιαφέρον. Σε ερευνητικό επίπεδο πρόσφατα έχουν ανακοινωθεί αποτελέσματα από ευρωπαϊκά ενεργειακά δίκτυα και προγραμμάτων όπως αυτό του Biokeprof, στην τομέα της έρευνας νέων κυταρρινούχων καλλιεργειών για την παραγωγή χαρτοπολτού.

Η ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών, θεωρείται μία πολύ καλή λύση για την υπέρβαση του οικονομικού αδιεξόδου που αισθάνονται οι Ευρωπαίοι και ιδιαίτερα οι Έλληνες γεωργοί, που οφείλεται στην ελεύθερη εισαγωγή αγροτικών προϊόντων και στην κατάργηση των κλασικών επιδοτήσεων. Επίσης η ανάγκη για καλλιέργειες που απαιτούν χαμηλές εισροές και προστατεύουν το περιβάλλον, δείχνει να αποτελεί σημαντική λύση για την μείωση του ενεργειακού κόστους παραγωγής αγροτικών προϊόντων και την αύξηση των εισοδημάτων κυρίως σε άγονες περιοχές.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει για την χώρα μας η καλλιέργεια μη διατροφικών φυτών με πολλαπλές χρήσεις όπως είναι το κενάφ για την παραγωγή βιομάζας και βιοενέργειας. Η διεύρυνση της βιβλιογραφίας έδωσε ανεπαρκή δεδομένα για την Ευρωπαϊκή Ένωση και κυρίως για την Ελλάδα. Το ενδιαφέρον αυτής της καλλιέργειας είναι πρόσφατο, για αυτό και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετά ερευνητικά προγράμματα, εκ των οποίων μεγάλο μέρος αυτών και στην χώρα μας.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται μια βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με την καλλιέργεια του κενάφ και τις χρήσεις του. Αρχικά, γίνεται μία εκτενή αναφορά σχετικά με την βιομάζα και τις ενεργειακές καλλιέργειες καθώς και στην Ελληνική νομοθεσία και πολιτική για την εκμετάλλευση της βιομάζας. Ακολούθως, παρουσιάζονται αναλυτικά στοιχεία που αφορούν την γενική περιγραφή του κενάφ, την βιολογία του, των καλλιεργητικών τεχνικών του, των οικολογικών απαιτήσεων, των καλλιεργητικών φροντίδων και του τρόπου συγκομιδής. Επίσης αναφέρονται νέα πειραματικά στοιχεία που αφορούν την ποιότητα καύσης, την ποιότητα του χαρτοπολτού και τις αποδόσεις σε βιομάζα.

Με βάση νέων στοιχείων από πρόσφατα πειραματικά προγράμματα και μια στοιχειώδης οικονομική ανάλυση εισροών – εκροών τυπικών αγροκτημάτων, φαίνεται ότι το κενάφ παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την χώρα μας. Η άποψη αυτή στηρίζεται αρκετά από την εναλλακτική γεωργία χαμηλών εισροών που προωθεί η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική και από την τάση αύξησης παραγωγής της βιομάζας για ενεργειακούς σκοπούς από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από τυπικό Μεσογειακό κλίμα με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και κρύους χειμώνες με υγρασία. Κατά την περίοδο της ανάπτυξης το 2003 παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία κυμαίνονταν μεταξύ 23° C και 25° C μέχρι τα τέλη Αυγούστου. Η θερμοκρασία άρχισε να μειώνεται κατά τις πρώτες μέρες του Σεπτέμβρη, αλλά παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα (18,6° C – 21° C) μέχρι και τα μέσα Οκτώβρη. Κατά τη διάρκεια της ζεστής περιόδου (Ιούνιος – Σεπτέμβριος), τα επίπεδα της βροχής έφτασαν τα 120 mm.

Τα κατ' έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3 έως 4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί να ξεπεράσει άνετα εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30% έως 40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως στην Ελλάδα.

21. Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την επεξεργασία του κενάφ για χαρτοπολτό είναι σημαντικά. Οι αμερικανικές εταιρίες παρασκευής χαρτιού χρησιμοποιούν πάνω από 350 εκατομμύρια κιλά διοξίνες και άλλα τοξικά στοιχεία (κυρίως οργανοχλωρικά), τα οποία καταλήγουν στους υπόγειους υδροφορείς κάθε χρόνο. Η ρύπανση αυτή προκαλεί σοβαρά προβλήματα υγείας. Η πολτοποίηση του κενάφ απαιτεί λιγότερες τέτοιες ουσίες, γιατί περιέχει 68% λιγότερη λιγνίνη, η οποία είναι υπεύθυνη για την συγκράτηση των ινών μεταξύ τους. Έτσι πολύ λιγότερα χημικά απαιτούνται και κατά την διαδικασία της πολτοποίησης αλλά και κατά την διαδικασία της λεύκανσης. Ακόμη, η επεξεργασία του κενάφ απαιτεί λιγότερο νερό κατά την πολτοποίηση και καταναλώνει 30% λιγότερη ενέργεια από τις άλλες συμβατικές επεξεργασίες (RCA, 2002).

Η απόφαση έχει ως σκοπό την μείωση των τοξικών ουσιών στα ύδατα, την μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας, τον περιορισμό των κινδύνων για το περιβάλλον που συνδέονται με την χρήση επικίνδυνων χημικών ουσιών και την εφαρμογή των αρχών της αειφορίας στη διαχείριση για την προστασία των δασών. Τα κριτήρια συνοψίζονται κυρίως στην μέτρηση των εκπομπών από την παραγωγή του χαρτοπολτού, της ενέργειας και του ποσοστού των χλωριωμένων ενώσεων. Για την παρασκευή οικολογικού χαρτιού αναφέρεται ότι η προέλευση των ινών μπορούν εκτός από ξύλο, να είναι άλλες ίνες κυτταρίνης. Επίσης δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται επικίνδυνες χημικές ουσίες, όπως χλώριο, μονομερή, τασιενεργά, αζωτοχρώματα και άλλες ουσίες που θεωρούνται τοξικά και επιβλαβή για τον άνθρωπο και περιβάλλον. Το χαρτί από κενάφ μπορεί να χαρακτηριστεί ως οικολογικό, αφού ακολουθεί διαδικασίες παρασκευής εξασφαλίζοντας «*χαμηλά επίπεδα ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και υδάτων, χαμηλή χρήση ενέργειας και περιορισμένες επιβλαβείς ουσίες*» (2002/741/ΕΚ).

Σχήμα 2 : Δέσμευση CO₂ με την παραγωγή βιοκαυσίμων



22. Κοινωνικο - Οικονομικά οφέλη

Η ανάπτυξη της παραγωγής βιοκαυσίμων αναμένεται ότι θα προσφέρει νέες ευκαιρίες διαφοροποίησης του εισοδήματος και απασχόλησης σε αγροτικές περιοχές. Ήδη από το 2006 εφαρμόζεται στην Ελλάδα η νέα κοινή αγροτική πολιτική σύμφωνα με την οποία οι επιδοτήσεις αποσυνδέονται από το ύψος της παραγωγής και μεταφέρονται στον ίδιο το γεωργό, με αποτέλεσμα πολλές από τις παραδοσιακές καλλιέργειες να καθίστανται αντικοινωνικές, χωρίς να υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις. Οι ενεργειακές καλλιέργειες φαίνεται πως είναι μια ομάδα καλλιεργειών που μπορούν να δώσουν διέξοδο στα προβλήματα που αναμένεται να αντιμετωπίσει σύντομα ο Έλληνας αγρότης.

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 και υγρών καυσίμων όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος.

Η προσφορά εναλλακτικών καλλιεργειών και η ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου είναι κάποια από τα σημαντικότερα οφέλη σε οικονομικό και κοινωνικό επίπεδο από τη χρήση της βιομάζας. Επίσης, η αύξηση του αγροτικού εισοδήματος και η μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και η αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών. Τέλος, η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και η εξασφάλιση της αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης θέτουν τις ενεργειακές καλλιέργειες πολύ υψηλά.

23. Προτάσεις

- Ενημέρωση και παροχή πληροφόρησης για την οικονομικότητα των καλλιεργειών και αποδόσεων
- Βεβαίωση ότι υπάρχει αγορά για να απορροφήσει την βιομάζα (Προσφορά και ζήτηση) και η καλλιέργεια να είναι κοντά στο σημείο που θα αξιοποιηθεί η βιομάζα.
- Κυρίαρχη κατεύθυνση ο συνδυασμός την γεωργικής πολιτικής, της προστασίας του περιβάλλοντος με αποφυγή δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Η επίδραση της νέας καλλιέργειας στη διαθεσιμότητα του νερού θα 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.
- Επιστημονική συγκομιδή απαιτούμενος εξοπλισμός, δημιουργία τρόπων πρόσβασης. Συνιστάται να αποφευχθούν περιοχές με έντονες κλίσεις όπου η εγκατάσταση και η συγκομιδή θα είναι δύσκολες.
- Η αποθήκευση, καθώς στόχος είναι η ξηρή κατάσταση, η μειωμένη υγρασία και ημείωση του χρόνου αποθήκευσης
- Η μεταφορά, καθώς πρέπει να μεταφέρεται σε εξευγενισμένη μορφή (δέματα, pellets), έτσι ώστε να διευκολύνονται οι συνθήκες μεταφοράς. Η επιλογή εξαρτάται από πού θα γίνει ευκολότερα ο εξευγενισμός αυτός.

24. Προοπτικές για τη βιομάζα

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα προηγούμενα αντιλαμβανόμαστε τον ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει μελλοντικά και σε παγκόσμιο επίπεδο η αξιοποίηση της βιομάζας σε εφαρμογές ενέργειας.

Η αντίληψη αυτή επιβεβαιώνεται από τα συμπεράσματα του τελευταίου συνεδρίου των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, (United Nations Conference on Environment and Development), με βάση τα οποία η βιομάζα, με τα σημερινά δεδομένα πηγών, ποσοτήτων και δυνατοτήτων αξιοποίησης, έχει την δυνατότητα να καλύψει το 50 % της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας.

Το συμπέρασμα αυτό είναι μεγαλύτερης σημασίας αν ληφθεί υπ' όψιν η δυνατότητα επέκτασης των ενεργειακών καλλιεργειών και η δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης της βιομάζας μέσα από έρευνα και βελτίωση των μεθόδων χρήσης, μετατροπών και εφαρμογών.

25. Συμπεράσματα

Η στροφή προς τη χρήση βιοκαυσίμων είναι πλέον πραγματικότητα. Η χρήση τους όμως συνδέεται άμεσα αλλά και εξαρτάται από την προμήθεια των απαραίτητων πρώτων υλών. Η πραγματική πρόκληση όμως από εδώ και πέρα θα είναι η αξιοποίηση των νέων ευνοϊκών συνθηκών που έχουν διαμορφωθεί προς όφελος της ελληνικής γεωργίας και της εγχώριας παραγωγής η οποία αναμένεται και πρέπει να παίξει καθοριστικό ρόλο στην παραγωγή των πρώτων υλών με τις καλλιέργειες ενεργειακών φυτών.

Οι πειραματικές καλλιέργειες του κενάφ είτε μέσω του προγράμματος Biokeprof είτε μέσω διεθνών ερευνητικών εργασιών έδειξαν ότι είναι φυτό υψηλών αποδόσεων βιομάζας. Ειδικότερα, για τα μεσογειακά εδαφοκλιματικά δεδομένα, οι ποικιλίες Tainung 2 και Everglades 41 παρουσίασαν μεγάλους ρυθμούς αύξησης που κυμαίνονται σε 250 κιλά/ εκτάριο/ημέρα και τελικές αποδόσεις από 12,5 τόνους ανά εκτάριο έως 22,75 τόνους για τις πρώιμες ποικιλίες.

Επίσης το κενάφ είναι γενικά μια καλλιέργεια χαμηλών εισροών. Οι απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό κυμαίνονται από 300-500 χιλιοστά, οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή βιομάζας. Η απόδοση σε βιομάζα μειώνεται έως και 20% του δυναμικού της, όταν η εισροή νερού καλύπτει έως και το μισό της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής. Αντίθετα με την άρδευση, η λίπανση κυρίως σε άζωτο, δεν φαίνεται να επηρέασε σημαντικά τα χαρακτηριστικά και τις αποδόσεις του κενάφ, σύμφωνα με τις μελέτες. Η ποσότητα που συνιστάται ανέρχεται σε 5 κιλά ανά στρέμμα για την ανάπτυξη του και εξαρτάται από το είδος και την γονιμότητα του εδάφους που καλλιεργείται.

Η πυκνότητα των φυτών δεν προκαλούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αύξηση και την παραγωγή της βιομάζας και συνεπώς ικανοποιητικές αποδόσεις μπορούν να επιτευχθούν και με την μικρότερη πυκνότητα των 20 φυτά/m². Όμως ανάλογα την τελική χρήση, το κενάφ σπέρνεται σε διαφορετικές πυκνότητες. Αν το τελικό προϊόν προορίζεται για την παραγωγή χαρτοπολτού τότε η πυκνότητα είναι συνήθως 40-60 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο, διότι απαιτούνται στελέχη με μικρή διάμετρο και καλή ποιότητα ίνας. Στην περίπτωση παραγωγής βιοενέργειας η σπορά πραγματοποιείται με πυκνότητα 15-35 φυτά ανά τετραγωνικό μέτρο.

Η εποχή σποράς προκαλεί σημαντικές διαφορές στην αύξηση των φυτών του κενάφ. Η πρώιμη σπορά εξασφαλίζει τις μέγιστες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα, έναντι των όψιμων φυτών. Αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη περίοδο αύξησης που έχουν τα φυτά στην διάθεση τους για την παραγωγή βιομάζας. Σύμφωνα με τις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες η σπορά συνίσταται να γίνει από τα μέσα Απριλίου έως και τα μέσα Μαΐου, διαφορετικά παρουσιάζεται 40% μειωμένη παραγωγή.

Γενικότερα, το κενάφ έχει μελετηθεί αρκετά από διάφορους οργανισμούς και ερευνητικά ινστιτούτα και απέδειξε ότι υπάρχει ελπίδα για την παραγωγή χαρτιού και άλλων οικολογικών προϊόντων. Όμως οι ελπίδες αυτές κατά καιρούς διαψεύδονται γιατί παρουσιάζονται άλλα προβλήματα, όπως οι υπάρχουσες ανταγωνιστικές τιμές του χαρτιού από συμβατικές πηγές αλλά και η καχυποψία των αγροτών για τα νέα αυτά είδη των καλλιεργειών.

Παρόλα αυτά, το φυτό αυτό έχει διάφορες ιδιότητες που είναι πολύ χρήσιμες που εκμεταλλεύτηκαν διάφορες χώρες με την χρήση νέων τεχνολογιών για ενεργειακά και μη προϊόντα. Η πραγματικότητα είναι ότι η αγροτική παραγωγή μπορεί να επιτευχθεί, όμως η κατάλληλη βιομηχανία είναι ελάχιστη στην Ευρώπη και ανύπαρκτη στην Ελλάδα. Η μελλοντική και πιθανή επιτυχία της καλλιέργειας του κενάφ θα είναι η εξαγωγή της πρώτης ύλης με τις ικανοποιητικές τιμές για την βιομηχανία αυτοκινήτου, την βιομηχανία μονωτικών και νέων υλικών. Σε εθνικό επίπεδο, το κενάφ αρχικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή βιοενέργειας με την κατασκευή μικρών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μονάδων παραγωγής μικρών και μεγάλων συσσωματωμάτων με σκοπό την θέρμανση κτιριακών εγκαταστάσεων.

Κάθε καινοτομία σε οποιοδήποτε επιστήμη ή τεχνολογία απαιτεί για την εδραίωση της, την πολιτική και οικονομική υποστήριξη. Η επιδότηση των 4,5 € ανά στρέμμα που ισχύει δεν αρκεί για θεωρηθεί το κενάφ βιώσιμη καλλιέργεια. Είναι βέβαιο ότι κανείς παραγωγός δεν θα καλλιεργήσει κενάφ ή γενικότερα ενεργειακά φυτά από ευαισθησία και μόνο για την προστασία του περιβάλλοντος, αν η καλλιέργεια αυτή δεν του εξασφαλίζει βιώσιμο εισόδημα.

Με βάση τις βιβλιογραφικές αναφορές και αναλύσεις, τις συνεντεύξεις, τα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού προγράμματος και μια στοιχειώδη οικονομική εκτίμηση εισροών-εκροών σε τυπικά αγροκτήματα συμπεραίνεται ότι το κενάφ προσαρμόζεται πολύ καλά στις Ελληνικές και κατ' επέκταση στις μεσογειακές

συνθήκες. Στο άμεσο μέλλον θα παίξει σημαντικό ρόλο ως εναλλακτική καλλιέργεια για την παραγωγή βιοενέργειας και χαρτοπολτού, στα πλαίσια της εναλλακτικής γεωργίας χαμηλών εισροών που προωθείται από την νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική αλλά και την τάση της αύξησης της παραγωγής βιομάζας και βιοκαυσίμων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Τέλος, με την ορθή πολιτική βούληση για διαμόρφωση τιμών, επιδοτήσεων και διάθεσης του προϊόντος και των παραγώγων της καλλιέργειας του κενάφ μπορεί να αποφευχθεί το αδιέξοδο των βιομηχανικών συμβατικών καλλιεργειών και της μονοκαλλιέργειας. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η ενδυνάμωση του γεωργικού χώρου, η σταθεροποίηση του γεωργικού εισοδήματος, η εξασφάλιση αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης, η ελάττωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές πετρελαίου και η αύξηση της απασχόλησης με την δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alexopoulou, E., Christou, M., Cosentino SL., Danalatos NG, Archontoulis SV, Veccheit M, Picco, D., Venturi, G, Virgillo, N., Fernando, AL., Tenorio, JL, Gonzalez, J., Gosse, G., Lips, S., van Berg, D., Heaton, R., (2005), *Biokenaf, a European Network for Biomass Production Chain of Kenaf*, 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 14th European Biomass Conference, 17-21 October, Paris, France, pp 290 – 293

Bhangoo, M.S., Tehrani, H.S., Henderson, J., (1986), *Effect of planting date, nitrogen levels, row spacing and plant population on kenaf performance in the San Joawunin Valley, CA*. Agron. J. 78, 600–604.

Campbell, T and White, G., (1982), *Production density and planting date effects on kenaf performance*, Agron. J., 74: 74-77.

Clark, T.F., Wolff, I.A., (1969), *A search for new fiber crops, XI. Compositional characteristics of Illinois kenaf at several population densities and maturities*. TAPPI 52 (11), 211–216

Taylor, C.S. (1993). Kenaf: An emerging new crop industry. p. 402-407. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.

Danalatos, N.G., and Archontoulis S.V., 2004. *Potential growth and biomass productivity of kenaf under central Greek conditions: I. the influence of fertilization and irrigation*. 2nd World Conference and Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Roma 10-14 May

Manzanares, M., Tenorio, J. and Ayerbe, L., (1997), *Sowing time, cultivar, plant population and application of N fertilization on kenaf in Spain's central plateau*, Biomass and Bioenergy, Elsevier, Vol. 12, 4, 263-271.

Nieschlag, H., Nelson, G., Wolff, I. & Perdue, R., (1960), *A search for new fiber crops*, Tappi 43, 193-201.

USDA, (1975). *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agric. Handbook 466. Washington DC, p. 754

White, G.A., Cummins, D.G., Whiteley, E.L., Fike, W.T., Greig, J.K., Martin, J.A., Killinger, G.B., Higgins, J.J., Clark, T.F., 1970. *Cultural and Harvesting Methods for Kenaf*. USDA Production Research Report 113, Washington, DC.

World agriculture: towards 2015/2030 – An FAO perspective, Jelle Bruinsma, Earthscan, London, May 2003

Webber, C.L. III and R.E. Bledsoe. (1993). Kenaf: Production, harvesting, and products. p. 416–421. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops*. Wiley, New York.

www.kenaf-fiber.com

Κ.Α.Π.Ε., *Ενεργειακές καλλιέργειες για την παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα*,

Καλκάνης, Γ., (1997), *Η ενέργεια και οι πηγές της*, Υπουργείο Ανάπτυξης, Κ.Α.Π.Ε.

Στοιμενίδης, Α. Κωτσόπουλος, Θ. και Μαρτζόπουλος, Γ. (2005). Βιομάζα: Εναλλακτική πηγή ενέργειας για την μείωση κόστους παραγωγής αγροτικών προϊόντων. Εργαστήριο Εναλλακτικών Πόρων στη Γεωργία. Πρακτ. του συνεδρίου 'Νέες τεχνολογίες και καινοτομίες στη γεωργική παραγωγή και την αγροτική ανάπτυξη', Λάρισα.

Πασχαλίδης, Χ. (1997). Το κενάφ: μια νέα καλλιέργεια με προοπτική ανάπτυξης στη χώρα μας. Εκδόσεις Αγρότυπος, Αθήνα.

Παράρτημα Φωτογραφιών



Φυτό ΚΕΝΑΦ (HUBISCUS CANNABINUS I.) με άνθος
Και κάψα.



Ποικιλία ΚΕΝΑΦ με έλλοβα φύλλα.



Καλλιέργια ΚΕΝΑΦ στον αγρό.



Βλαστός ΚΕΝΑΦ .



Συγκομιδή και μεταφορά του ΚΕΝΑΦ .



Μηχανικός διαχωρισμός του ΚΕΝΑΦ (ΚΕΦΙ,
Βιομηχανία Ιταλίας) .



Μηχανικός διαχωρισμός του ΚΕΝΑΦ (ΚΕΦΙ, Βιομηχανία Ιταλίας).



Τελικό στάδιο παραγωγής μονωτικού υλικού.