

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό την παρουσίαση των φυτών που καλλιεργούνται στην Ελλάδα για την παραγωγή βιοντίζελ και βιοαιθανόλης που αποτελούν τα κυριότερα βιοκαύσιμα. Η συστηματική καλλιέργεια των φυτών αυτών είναι γνωστή και ως ενεργειακή γεωργία και είναι ένας ολοένα αναπτυσσόμενος τομέας τόσο στη χώρα μας όσο και στον υπόλοιπο κόσμο. Η σημασία της χρήσης βιοκαυσίμων είναι τεράστια για το περιβάλλον όπως επίσης για το μέλλον του πλανήτη όσον αφορά στις ενεργειακές πηγές. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε σημαντικό να εκπονήσουμε την πτυχιακή μας εργασία πάνω στο θέμα αυτό. Εκτός από την παρουσίαση των ενεργειακών φυτών στην εργασία περιέχονται εισαγωγικά σχόλια για το τι ακριβώς είναι τα βιοκαύσιμα, τι είναι βιοντίζελ και βιοαιθανόλη, ιστορικές αναδρομές καθώς επίσης και για τη χρήση των βιοκαυσίμων ανα τον κόσμο.

Ευχαριστούμε θερμά τον κύριο Παλάτο Γεώργιο για την ανάθεση του θέματος αυτού και για τη συνεργασία του. Ευχαριστούμε επίσης τους γονείς μας για τη στήριξη και τη βοήθειά τους καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

ΒΟΡΡΕΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ – ΚΟΥΓΙΟΥΜΤΖΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος σελ. 1

Περιερχόμενα σελ 2

Εισαγωγή σελ 3

Κεφάλαιο 1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ σελ.4

Κεφάλαιο 2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ σελ.8

Κεφάλαιο 3 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ σελ.10

3.1 Ελαιοκράμβη

3.2 Ηλίανθος

3.3 Σόγια

3.4 Αγριαγκινάρα

3.5 Σουσαμιά

3.6 Λινάρι

3.7 Ρετινολαδιά

3.8 Αραχίδα

3.9 Ατρακτυλίδα

3.10 Ευκάλυπτος

3.11 Ψευδακακία

3.12 Ελαιοδοτικά δέντρα και θάμνοι

Κεφάλαιο 4 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ σελ.31

Κεφάλαιο 5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ σελ.35

5.1 Γλυκό σόργο

5.2 Ζαχαρότευτλα

5.3 Σιτάρι-κριθάρι

5.4 Καλάμι

5.5 Αραβόσιτος

Κεφάλαιο 6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ σελ.47

Κεφάλαιο 7 ΕΠΙΛΟΓΟΣ σελ.49

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργειακή γεωργία είναι ένας τομέας που εξελίσσεται ταχύτατα τα τελευταία χρόνια, λόγω της ιδιαίτερως ρυπογόνου επίδρασης των ορυκτών καυσίμων στο περιβάλλον, της εξάντλησης των αποθεμάτων πετρελαιοειδών και φυσικού αερίου του πλανήτη και του εξελισσόμενου αδιεξόδου της γεωργικής υπερπαραγωγής στις ανεπτυγμένες χώρες. Ενδεικτικά, στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η αύξηση της ετήσιας γεωργικής παραγωγής είναι 2%, ενώ η κατανάλωση αυξάνεται μόνο κατά 0,5%. Επιπροσθέτως, για την κάλυψη των διατροφικών αναγκών, κατ' άτομο απαιτούνται 2000-3000 Kcal ημερησίως ενώ η μέση κατ' άτομο κατανάλωση ενέργειας είναι πολλαπλάσια και ανέρχεται για παράδειγμα στην Ελλάδα σε 70.000-80.000 Kcal/ημέρα ενώ στις ΗΠΑ σε 200.000 Kcal/ημέρα, με τάση συνεχούς αυξήσεως.

Συγκρινόμενη με τη συμβατική γεωργία, η ενεργειακή γεωργία απαιτεί χαμηλότερες εισροές σε λιπάσματα και αγροχημικά για τον έλεγχο ζιζανίων και εντόμων, ενώ συγχρόνως εμποδίζεται η διάβρωση των εδαφών (κυρίως από πολυετείς καλλιέργειες) και διαφυλάττονται οι υδατικοί πόροι και η ποιότητα αυτών, κάτι που την καθιστά ως μια καλή λύση διαφοροποίησης της γεωργικής χρήσης για μείωση των περιβαλλοντικών πιέσεων. Επίσης συντελεί στην εκμετάλλευση εδαφών χαμηλής γονιμότητας.

Εκτός των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων, ως κοινωνικο-οικονομικά οφέλη από την ανάπτυξη της ενεργειακής γεωργίας αναφέρονται η προσφορά εναλλακτικών καλλιεργητικών λύσεων, η ενδυνάμωση του αγροτικού χώρου, η αύξηση του αγροτικού εισοδήματος, η μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων και η αναζωογόνηση των λιγότερο ανεπτυγμένων γεωργικών οικονομιών, η εξασφάλιση αειφόρου περιφερειακής ανάπτυξης, η μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και η ασφάλεια στον εφοδιασμό ενέργειας.

1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Περισσότερα από 100 νέα είδη φυτών μελετώνται στην Ευρώπη για γεωργική παραγωγή σε εμπορική κλίμακα, ενώ περισσότερα από 30 είδη για χρήση ως ενεργειακά φυτά.

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είναι καλλιεργούμενα ή αυτοφυή είδη, παραδοσιακά ή νέα, τα οποία παράγουν βιομάζα ως κύριο προϊόν που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους ενεργειακούς σκοπούς. 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 (πχ ζύμωση) για παραγωγή αιθανόλης ή μεθανίου.

Οι παραδοσιακές καλλιέργειες των οποίων το τελικό προϊόν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας και βιοκαυσίμων θεωρούνται επίσης ενεργειακές καλλιέργειες και τέτοιες είναι το σιτάρι, το κριθάρι, ο αραβόσιτος, τα ζαχαρότευτλα, ο ηλίανθος κ.α.

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 περεταίρω σε ετήσιες και πολυετείς.

Για να είναι ένα φυτό αποδοτικό ως ανανεώσιμος ενεργειακός πόρος, πρέπει να έχει χαμηλές ενεργειακές εισροές και υψηλές καθαρές ενεργειακές εκροές. Τα χαρακτηριστικά μιας ιδανικής ενεργειακής καλλιέργειας συνοψίζονται στα εξής:

- Υψηλή αποδοτικότητα χρήσης νερού, θρεπτικών και ηλιακής ακτινοβολίας.

- Υψηλό δυναμικό παραγωγής (μέγιστη παραγωγή ξηρής ουσίας / εκτάριο) και υψηλή ενεργειακή αξία (MJ/kg).
- Χαμηλές ενεργειακές εισροές κατά την παραγωγική διαδικασία.
- Χαμηλό κόστος παραγωγής.
- Θρεπτικές απαιτήσεις και εισροές αγροχημικών.
- Αντοχή στην έλλειψη νερού.
- Ανθεκτικότητα σε φυτικούς εχθρούς και ασθένειες.
- Μικρή περιεκτικότητα υγρασίας κατά τη συγκομιδή.
- Ελάχιστες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

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

- α)** προσαρμογή στις εδαφοκλιματικές συνθήκες,
- β)** ευκολία εισαγωγής στο υπάρχον σύστημα εναλλαγής καλλιεργειών,
- γ)** σταθερές αποδόσεις (ποσοτικά 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 (κυρίως για τη συγκομιδή) ή με μικρές μετατροπές αυτών και

η) διαθεσιμότητα κατάλληλου γενετικού υλικού (σπόροι, ριζώματα).

Η έρευνα σχετικά με τις ενεργειακές καλλιέργειες στην Ελλάδα ξεκίνησε πρόσφατα, στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας. Οι σημαντικότερες ενεργειακές καλλιέργειες που έχουν μελετηθεί και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς στην Ελλάδα για παραγωγή υγρών και στερεών βιοκαυσίμων είναι οι εξής:

A. Δασικές ενεργειακές καλλιέργειες

1. Είδη ευκαλύπτων κυρίως *Eucalyptus globulus* και *Eucalyptus camaldulensis*

2. Ψευδακακία (*Robinia pseudoacacia* L.)

B. Πολυετείς γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

1. Αγριαγκινάρα (*Cynara Brauncardunculus* L.)

2. Καλάμι (*Arundo donax* L.)

3. Μίσχανθος (*Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU)

4. Switchgrass – είδος κεχριού (*Panicum virgatum* L.)

Γ. Ετήσιες γεωργικές ενεργειακές καλλιέργειες

1. Αραβόσιτος (*Zea mays* L.)

2. Γλυκό και ινώδες σόργο (*Sorghum bicolor* L.)

3. Ελαιοκράμβη (*Brassica napus* L, *Brassica carinata* L. Braun)

4. Ζαχαρότευτλα (*Beta vulgaris* L.)

5. Ηλίανθος (*Helianthus annuus* L.)

6. Κενάφ (*Hibiscus cannabinus* L.)

7. Κριθάρι (*Hordeum sativum/Vulgare* L.)

8. Σιτάρι (*Triticum aestivum* L.)

Άλλα είδη που χρησιμοποιούνται ή μελετώνται για χρήση ως ενεργειακά φυτά στην Ευρώπη και έχουν δώσει ενθαρρυντικά αποτελέσματα, είναι τα *Salix* sp. (Ιτιά), *Secale cereale* (Σίκαλη), *Triticale* (Τριπικάλε), *Phalaris arundinacea*, *Populus* sp. (Λεύκα), *Cannabis sativa* (Ημερη κάνναβη), *Alnus*

sp. (Σκλήθρος), *Helianthus tuberosus* (Κολοκάσι) και *Camelina sativa* (Ψευδολινάρι).

Σύμφωνα με τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα των ερευνών στη χώρα μας, οι παραγωγικότερες ενεργειακές καλλιέργειες είναι το καλάμι, η αγριαγκινάρα και το γλυκό και ινώδες σόργο, με δυναμικό που ξεπερνά τους 3 τόνους ξηρής βιομάζας ανά στρέμμα. Σχετικά με το παραγόμενο προϊόν, από τις ετήσιες καλλιέργειες το γλυκό σόργο είναι το πλέον υποσχόμενο είδος για παραγωγή βιοαιθανόλης και ο ηλίανθος για παραγωγή βιοντήζελ. Από τις πολυετείς καλλιέργειες, το καλάμι και η αγριαγκινάρα ενδείκνυνται για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για θέρμανση (πελλέτες), καλλιεργούμενα σε εδάφη με υψηλή υπόγεια στάθμη νερού και ξηρικά-χαμηλής γονιμότητας, αντίστοιχα. Οι στρεμματικές αποδόσεις σε υγρά και στερεά καύσιμα για τις διάφορες καλλιέργειες στην χώρα μας, παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες (πηγή ΚΑΠΕ).

Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και καύσιμο.

Βιοκαύσιμο	Καλλιέργεια	Απόδοση (κιά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (κιά/στρέμμα)	Απόδοση σε βιοκαύσιμο (λίτρα/στρέμμα)
Βιοντήζελ	Ηλίανθος	120 – 210	40 – 70	43 – 75
	Ελαοκράμβη	120 – 250	40 – 83	43 – 90
	Βαμβάκι	120 – 160	17 – 23	18 – 25
	Σόγια	160 – 240	27 – 41	29 – 44
Βιοαιθανόλη	Στάρι	150 – 800	36 – 190	45 – 240
	Αραβόσιτος	900	213	270
	Ζαχαρότευτλα	6.000	475	600
	Γλυκό σόργο	7.000 – 10.000	553 – 790	675 – 900

Στρεμματικές αποδόσεις στην Ελλάδα φυτών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων, σε πρώτη ύλη και ενεργειακό τους περιεχόμενο.

Καλλιέργεια	Θερμογόνος δύναμη (MJ/Kg)	Απόδοση σε ξηρή βιομάζα (κτ.ά/στρέμμα)	Ενεργειακό δυναμικό (ΤΠΠ/στρέμμα)*
Ευκάλυπτος	19,0	1.800 – 3.200	0,8 – 1,3
Ψευδακακία	19,4	240 – 1.340	0,1 – 0,6
Καλάμι	18,6	2.000 – 3.000	0,9 – 1,3
Μίσχανθος	17,3	800 – 3.300	0,3 – 1,2
Αγριαγκινάρα	14,5	1700 – 3.300	0,6 – 1,1
Switchgrass	17,4	2.600	1,1

* ΤΠΠ = Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου

2.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Βιοντίζελ εννοούμε ένα καύσιμο ισοδύναμο του ντίζελ πετρελαίου, που προέρχεται όμως από βιολογικές πηγές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους κινητήρες ντίζελ, χωρίς αυτοί να υποστούν κάποια μετατροπή. Διακρίνεται από τα απλά φυτικά έλαια (straight vegetable oil , SVG) και κατάλοιπα φυτικά έλαια (waste vegetable oil, WVO) τα οποία χρησιμοποιούνται σε μερικούς κινητήρες ντίζελ.

Το βιοντίζελ είναι μη τοξικό & βιοδιασπώμενο, ενώ παράγει περίπου 60% λιγότερο CO₂ από το ντίζελ του πετρελαίου μια και το ίδιο δημιουργείται από το CO₂ της ατμόσφαιρας μέσω της φωτοσύνθεσης στα φυτά.

Σήμερα το βιοντήζελ πρώτης γενιάς παράγεται κυρίως από ελαιούχους σπόρους καλλιεργειών όπως η ελαιοκράμβη, η σόγια και ο ηλίανθος, από δένδρα όπως ο φοίνικας και η καρύδα, αλλά μπορεί να παραχθεί και από θάμνους όπως η jatropha και η jojoba. Τα παραγόμενα φυτικά λάδια μετατρέπονται με κατάλληλη επεξεργασία σε βιοντήζελ.

Η περιεκτικότητα των διαφόρων σπόρων σε λάδι δίνεται στο παρακάτω πίνακα (FEDIOL):

Σπόροι και άλλες πρώτες ύλες	Έλαιο (%)		
	Τυπική	Ελάχιστη	Μέγιστη
Αραχίδα	47,5	36,1	44,4
Σόγια	17,5	16,0	19,4
Ελαιοκράμβη	39	40	43
Ηλιάνθος	42	36,2	43,9
Βαμβάκι	-	13,0	18
Αποξηραμένη καρύδα (copra)	63,5	-	-
Σπόροι φοίνικα	46	-	-
Λινόρι	37	29,7	38,5
Ρεσινολαδιά	47	45	46
Καλαμπόκι (σπόροι)	48	35	
Αγριαγκινάρα	-	15	25
Σπόρος καπνόφυτων	-	38	40
Τοματόσπορος	30	-	-
Jatropha	-	-	40

Σχετικά με την παγκόσμια παραγωγή, τα τελευταία 10 χρόνια η παραγωγή του σογιέλαιου και του φοινικέλαιου σχεδόν έχουν διπλασιαστεί, κυριαρχώντας στην παγκόσμια αγορά. Κατά την ίδια περίοδο η παραγωγή του κραμβέλαιου και το ηλιέλαιου έχουν μεταβληθεί ελάχιστα. Στο διάγραμμα φαίνεται η παραγωγή φυτικών ελαίων από τις κυριότερες ελαιοδοτικές καλλιέργειες στον κόσμο την τελευταία δεκαετία. Στη συνέχεια συνοψίζονται τα κυριότερα ελαιοδοτικά φυτά που καλλιεργούνται παγκοσμίως, τα οποία χρησιμοποιούνται ή δοκιμάζονται για ενεργειακούς σκοπούς.

2.2 Η διαδικασία παραγωγής βιοντίζελ

Χημικά το βιοντίζελ είναι μονοκυκλικοί εστέρες των μακρών αλυσίδων λιπαρών οξέων, προερχόμενα από τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, όπως τα φυτικά έλαια και τα ζωικά λίπη. Παράγεται από τη μετεστερεοποίηση, στην οποία το έλαιο ή το λίπος αντιδρά με μια μονουδρική αλκοόλη παρουσία καταλύτη. Η αντίδραση μετεστερεοποίησης επηρεάζεται από τις συνθήκες αντίδρασης, την μοριακή αναλογία αλκοόλης / ελαίου, τον τύπο αλκοόλης, το ποσοστό και τον τύπο καταλυτών, τον χρόνο αντίδρασης, την θερμοκρασία και την καθαρότητα των αντιδρώντων. Στη διαδικασία παραγωγής biodiesel, η μετεστερεοποίηση είναι η χημική αντίδραση μεταξύ τριγλυκεριδίων και αλκοόλης παρουσία καταλύτη για να παραχθούν οι μονό εστέρες. Με τον όρο μετεστερεοποίηση ή αλκοόλυση, εννοούμε την αντικατάσταση της αλκοόλης

σε έναν εστέρα από μία άλλη με μια διαδικασία παρόμοια με την υδρόλυση. Η διαδικασία μετεστερεοποίησης επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες: (α) την επίδραση των ελεύθερων λιπαρών οξέων και της υγρασίας (β) τον τύπο και την συγκέντρωση καταλυτών (γ) τον χρόνο και την θερμοκρασία (δ) την μοριακή αναλογία ελαίου και τον τύπο αλκοόλης και τέλος (ε) η ένταση της ανάμιξης. Δύο από τους πιο συνηθισμένους καταλύτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στην αντίδραση μετεστερεοποίησης για παραγωγή βιοντίζελ είναι NaOH και KOH. Η κατάλυση διακρίνεται σε ομογενή και ετερογενή. Στην πρώτη καταλύτες και αντιδρώσες ουσίες βρίσκονται στην ίδια φάση, συνήθως μέσα σε διαλύματα. Στη δεύτερη, ο καταλύτης είναι συνήθως στερεό σώμα, ενώ οι αντιδρώσες ουσίες βρίσκονται στην υγρή ή την αέρια φάση.

3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

3.1 Ελαιοκράμβη (Oilseed rape, rapeseed)



Η ελαιοκράμβη είναι καλλιέργεια του βορείου τμήματος της εύκρατης ζώνης. Τα είδη που καλλιεργούνται σήμερα ανήκουν στο γένος *Brassica* και είναι κυρίως τα *Brassica napus* (χειμερινή ελαιοκράμβη) και *Brassica rapa*. Η ελαιοκράμβη είναι μία από τις παλαιότερες καλλιέργειες και κατάγεται από την Ν.Α. Ευρώπη. Διακρίνεται σε χειμερινές και εαρινές ποικιλίες. Στην Ευρώπη

κυριαρχούν οι χειμερινές ποικιλίες ενώ στον Καναδά καλλιεργούνται μόνο οι εαρινές. Η περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι είναι περίπου 40%.

Καλλιεργείται κυρίως στην Ε.Ε (κεντρική και βόρεια Ευρώπη). Άλλες χώρες που καλλιεργούν την ελαιοκράμβη σε μεγάλη έκταση είναι η Κίνα, η Ινδία, ο Καναδάς και η Αυστραλία. Η Ε.Ε είναι αυτάρκης σε κραμβέλαιο (canola). Παράγει 5,5 εκατ. τόνους κραμβέλαιου, οι οποίοι καταναλώνονται εντός της ΕΕ. Το κραμβέλαιο είναι η κατεξοχήν πρώτη ύλη του ευρωπαϊκού βιοντίζελ.

Στην Ελλάδα άρχισε να καλλιεργείται ελαιοκράμβη τα τελευταία 2-3 χρόνια, για τη χρήση του κραμβέλαιου στην παραγωγή βιοντίζελ. Στη χώρα μας η απόδοση σε σπόρο κυμαίνεται από 50-350 κιλά/στρέμμα που συνεπάγεται μέγιστη παραγωγή βιοκαυσίμου περί τα 120 λίτρα. Η καλλιέργεια παρουσιάζει προβλήματα κατά τη συγκομιδή (μικρή περίοδος συγκομιδής και τίναγμα σπόρων). Σύμφωνα με τα πρώτα αποτελέσματα, η ελαιοκράμβη ενδείκνυται για καλλιέργεια μόνο στη βόρεια Ελλάδα. Κρίσιμο σημείο για την επιτυχία της καλλιέργειας είναι ο σωστός χρόνος σποράς, διότι όψιμη σπορά οδηγεί σε αποτυχία.

Η σωστή εποχή σποράς είναι από τους καθοριστικότερους παράγοντες μιας πετυχημένης σοδιάς στην ελαιοκράμβη. Η κρισιμότητα της επιλογής αυτής στηρίζεται στο γεγονός ότι το φυτό πρέπει να ξεχειμωνιάσει έχοντας ήδη αναπτύξει 8 φύλλα και ταυτόχρονα η διάμετρος του σταυρού να είναι 0.8 - 1cm. Ένα τέτοιο φυτό αντέχει το χειμώνα σε θερμοκρασίες έως και -250C. Η χειμερινή ελαιοκράμβη έχει την ανάγκη των χαμηλών θερμοκρασιών για να ανθίσει (εαρινοποίηση) και αυτή είναι η σημαντικότερη διαφορά της με την ανοιξιιάτικη ελαιοκράμβη. Το 70% της τελικής παραγωγής καθορίζεται πριν το χειμώνα.

Τρόπος και πυκνότητα σποράς: Υπάρχουν οι παρακάτω δυνατότητες χρήσης σπαρτικών μηχανών: 1) Σπαρτική σταριού που να μπορεί να σπείρει μικρές ποσότητες σπόρου (300 – 500 γρ.) 2) Πνευματική μηχανή, με χρήση δίσκου κατάλληλου για σπορά πολύ μικρών σπόρων (δίσκος ντομάτας) και τις κατάλληλες ρυθμίσεις σχετικά με την απόσταση και τον τρόπο σποράς. Λόγω

του πολύ μικρού μεγέθους του σπόρου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την αποφυγή πυκνής σποράς με τις σπαρτικές σταριού. Η ποσότητα σπόρου καθορίζεται από την φυτρωτική ικανότητα του σπόρου, από τους προβλεπόμενους κινδύνους απωλειών (παγωνιά, ξηρασία, κατάσταση εδάφους) και το αν χρησιμοποιούμε ποικιλία ή υβρίδιο. Σε κάθε περίπτωση ο επιθυμητός αριθμός φυτών μετά τον Χειμώνα είναι 50-55 φυτά/τ.μ για τις ποικιλίες και 40-45 φυτά /τ.μ. για τα υβρίδια. Για σπορά με πνευματική μηχανή οι προτεινόμενες αποστάσεις είναι: Αποστάσεις επί των γραμμών Αποστάσεις επί της γραμμής 25 εκ. 5- 5,5 εκ. 30 εκ. 4.5 εκ. 45 εκ. 3.5 εκ. Για σπορά με σπαρτική σταριού προτείνονται αποστάσεις μεταξύ γραμμών 25 – 35 εκατοστά και ποσότητα σπόρου για μεν τα υβρίδια 300 – 350 γρ. ενώ για τις ποικιλίες 350 – 400 γρ.

Η Ελαιοκράμβη μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη αλλά προτιμά τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη. Σε φτωχά ξηρικά χωράφια (σταροχώραφα) κρισιμότερος παράγοντας φαίνεται να είναι το νερό στη διάρκεια της Άνοιξης. Σε γερά και υγρά χωράφια χωράφια κρισιμότερος παράγοντας διαχείρισης είναι η ποσότητα N και η πυκνότητα της φυτείας . Αν είναι και τα δύο ενισχυμένα υπάρχει κίνδυνος πλαγιάσματος.

Χειμερινή σπορά: Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος

Εαρινή σπορά: Απρίλιος-Μάιος

Πυκνότητα σποράς: Ως 15000 φυτά το στρέμμα

Άρδευση: 0-500 χιλ νερού

Λίπανση: N: 3-10 κιλά/στρέμμα

Ζιζανιοκτονία: Προφυτευτική & Μεταφυτευτική

Ύψος φυτού: 0.5-2 m

Χλωρή Βιομάζα: 300-800 κιλά/στρέμμα

Σπόρος: 80-450 κιλά/στρέμμα (Ελληνικά στοιχεία). Μέση τιμή:~300 κιλά/στρέμμα

Μέση απόδοση σε λάδι : 90 λίτρα/στρέμμα

3.2 Ηλίανθος (Sunflower)



Ο ηλίανθος (*Helianthus annuus*) είναι ένα ετήσιο φυτό και ανήκει στην οικογένεια Compositae. Κατάγεται από την Κ. και Ν. Αμερική και μεταφέρθηκε στην Ευρώπη από ισπανούς εξερευνητές. Η καλλιέργεια του ηλίανθου έγινε δημοφιλής το 18ο αιώνα. Ο σπόρος του ηλίανθου περιέχει 30%-45% έλαιο.

Η Ρωσία παράγει τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιόσπορου και ακολουθείται από την Ανατολική Ευρώπη, την Αργεντινή και την ΕΕ. Η χώρες που εξαγουν τις μεγαλύτερες ποσότητες ηλιέλαιου είναι η Αργεντινή, οι ΗΠΑ και η Ανατολική Ευρώπη. Η ΕΕ παράγει 2,7 εκατ. τόνους ηλιόσπορου/έτος και εισάγει 1,6 εκατ. τόνους.

Η Ιταλία που είναι η τρίτη μεγαλύτερη παραγωγός βιοντήζελ στην Ευρώπη, χρησιμοποιεί σαν πρώτη ύλη κυρίως ηλίανθο, με το 10% της παραγωγής βιοντήζελ της Ε.Ε να προέρχεται από το συγκεκριμένο φυτό. Σύμφωνα με τον FAO, η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε στα 24,2 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 195 εκατ. στρέμματα. Από αυτό, περισσότερα από 100 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στην Ευρώπη και 1,7 εκατ. στην Ιταλία (0,17 εκατ. στρέμματα στην Ελλάδα)

Είναι καλλιέργεια που πάει παντού σε κάθε τύπο εδάφους με προτίμηση τα βαθειά και καλά στραγγιζόμενα. Ο Ηλίανθος είναι μια σχετικά εύκολη

καλλιέργεια που απαιτεί σπορά τον μήνα Μάρτιο με πνευματική μηχανή σε σειρές 75 εκατοστών στοχεύοντας μια πυκνότητα 5000 φυτών για ξερική καλλιέργεια ή 6000 φυτών για ποτιστική. Μετά θα χρειαστεί έλεγχος ζιζανίων, 8 μονάδες λίπασμα (Αζωτο – Φωσφόρο - Κάλι), ένα-δύο νερά την άνοιξη και ένα ηλιομάχαιρο που θα προσαρμοστεί στην αλωνιστική για να μην πέσει η μισή σοδειά στο χωράφι τον Αύγουστο που θα αλωνίσει.

Η εποχή σποράς είναι ιδιαίτερα σημαντική απόφαση, γιατί από αυτήν εξαρτάται το κανονικό φύτεμα του σπόρου. Η σπορά γίνεται νωρίς την άνοιξη και όταν η θερμοκρασία εδάφους σταθεροποιηθεί στους 8°C. Με την πρώιμη σπορά αυξάνονται οι στρεμματικές αποδόσεις και η ελαιοπεριεκτικότητα του σπόρου. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο φυτό να αξιοποιήσει τις βροχές Μαΐου-Ιουνίου μια που το κρίσιμο στάδιο για την παραγωγή του ηλίανθου είναι το τελείωμα της ανθοφορίας. Η κατάλληλη εποχή σποράς είναι το διάστημα μεταξύ 20 Μαρτίου και 20 Απριλίου.

Τα θρεπτικά στοιχεία που δίνονται με την λίπανση, είναι κυρίως το άζωτο που βοηθάει στην ανάπτυξη του ηλίανθου και ο φώσφορος που επηρεάζει την παραγωγή και την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι. Λίπανση με κάλιο απαιτείται σε εδάφη όπου λείπει και κυρίως σε ελαφριά χωράφια.

Επιστημονικά δεδομένα που βασίζονται σε εκτενή πειραματισμό σε χώρες όπου ο Ηλίανθος καλλιεργείται σε πολύ μεγάλη έκταση αναφέρουν ότι:

Μια μέση παραγωγή 250 κιλών ανά στρέμμα απομακρύνει από το έδαφος 9 μονάδες Αζώτου, 5 μονάδες φωσφόρου, 20 μονάδες καλίου, 4 μονάδες μαγνησίου και 12 μονάδες ασβεστίου.

Σύμφωνα με την πρακτική που εφαρμόζεται στις Ελληνικές συνθήκες μία ισοροπημένη λίπανση με 8 μονάδες Αζώτου και Φωσφόρου και Καλίου προσφέρει επαρκή θρέψη στα φυτά. Το Κάλιο είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί σε περιπτώσεις εδαφών με έλλειψη στο στοιχείο αυτό.

Ο ηλίανθος μπορεί να ευδοκιμήσει σε όλων των ειδών τα εδάφη. Τα βαθιά και καλά στραγγιζόμενα εδάφη δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Σε φτωχά ξηρικά χωράφια, το νερό στη διάρκεια της Άνοιξης είναι ο πιο κρίσιμος

παράγοντας. Σε γερά χωράφια πρέπει να αποφεύγεται η υπερβολική ποσότητα αζώτου γιατί υπάρχει κίνδυνος πλαγιαίσματος των φυτών.

Ιδιαίτερο πρόβλημα για τον ηλιάνθο αποτελεί το παράσιτο της οροβάγχης (*Orobanche cumana*, *Orobanche ramosa*), το οποίο αντιμετωπίζεται με τη χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.

Για τον αλωνισμό χρησιμοποιούνται οι συμβατικές αλωνιστικές μηχανές σταριού - καλαμποκιού με την προσθήκη μαχαιριού κατάλληλου για τον αλωνισμό του ηλιάνθου. Η συγκομιδή - αλωνισμός, πρακτικά γίνεται όταν τουλάχιστον τα 2/3 των φύλλων από τη βάση έχουν ξηραθεί και το κάτω μέρος του κεφαλιού έχει αλλάξει χρώμα προς το καστανοκίτρινο. Συνιστάται να μην περιμένουμε να ξηραθεί υπερβολικά ο σπόρος αλλά να ξεκινήσουμε το αλώνι σε 12% υγρασία για να μειώσουμε το ρίσκο των απωλειών με το τίναγμα.

Στη χώρα μας η απόδοση σε σπόρο κυμαίνεται από 100-400 κιλά/στρέμμα (ξηρική ή ποτιστική) οπότε η μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο ανά στρέμμα είναι περίπου 150 λίτρα. Τεράστιες καταστροφές προκαλούνται στην παραγωγή (μείωση ως 80%) από τα πουλιά και χρειάζεται λήψη κατάλληλων μέτρων. Σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα, είναι η καταλληλότερη καλλιέργεια για παραγωγή βιοντήζελ στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα, ο ηλιάνθος θεωρείται σημαντικό φυτό, και η καλλιέργεια του συγκεντρώνεται κυρίως στο βορειο-ανατολικό μέρος της χώρας. Καλλιεργείται κυρίως ως πηγή φυτικού ελαίου διατροφής. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση, καθώς και η συνολική παραγωγή με ηλιάνθο σχεδόν διπλασιάστηκαν (2 εκατ. στρέμματα το 1991 και 3,6 εκατ. στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή των 0,033 εκατ. τόνων και 0,050 εκατ. τόνων αντίστοιχα (ΕΣΥΕ). Ο ηλιάνθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ25) είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός βιοντίζελ (1.504.000 τόνοι το 2003) σε παγκόσμιο επίπεδο, (Biofuels Barometer-June 2004, EUROBSERVER).

Από ένα στρέμμα ηλίανθο παράγονται κατά μέσο όρο 1120-1210 κιλά σπόρος με αντίστοιχη παραγωγή 43-75 λίτρα βιοντίζελ.

3.3 Σόγια (Soybean)



Η σόγια (*Glycine max*) είναι μία από τις παλαιότερες μονοετείς καλλιέργειες, κατάγεται από την Α. Ασία και ανήκει στην οικογένεια των ψυχανθών δηλαδή αζωτοδεσμευεί. Το σογιέλαιο αποτελεί το 19,5% του σπόρου.

Το φυτό της σόγιας έχει υψηλά επίπεδα προσαρμογής στα περιβάλλοντα καλλιέργειας με σημαντικό πλεονέκτημα το γεγονός ότι έχει την ικανότητα να δεσμεύει το ατμοσφαιρικό άζωτο με την βοήθεια ριζόβιων μικροοργανισμών. Καλύτερη προσαρμογή στο περιβάλλον μπορεί να γίνει με την επιλογή α) της κατάλληλης ποικιλίας, β) της εποχή σποράς και γ) την πυκνότητα των αναπτυσσόμενων φυτών.

Τα περισσότερα καλλιεργούμενα είδη έχουν δυο μεγάλες περιόδους ανάπτυξης: το στάδιο της βλαστικής ανάπτυξης (vegetative stage) και το στάδιο της άνθισης ή το αναπαραγωγικό στάδιο (flowering, reproductive stage). Συνήθως από τη στιγμή εμφάνισης του σπορόφυτου στην επιφάνεια του εδάφους μέχρι την εμφάνιση του πρώτου άνθους, περνάνε έξι με οχτώ περίπου εβδομάδες (εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, ένας από αυτούς είναι η ποικιλία). Το μέγεθος των φυτών καθώς και ο αριθμός ανθέων εξαρτώνται κατά πολύ από τις συνθήκες που επικρατούν κατά την καλλιέργεια της.

Η σόγια είναι φωτοπεριοδικό φυτό που σημαίνει ότι για την μετάβαση από το βλαστικό στο ανθικό στάδιο απαιτούνται συγκεκριμένες συνθήκες φωτοημέρας και πιο συγκεκριμένα ορισμένες ώρες σκοταδιού στην διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Οι περισσότερες ποικιλίες αρχίζουν να ανθίζουν αμέσως μόλις οι το μήκος της ημέρας αρχίζει να μικραίνει. Ανήκουν δηλαδή στα μικροήμερα φυτά. Το μήκος του φυτού κατά το οποίο θα αρχίσει αυτό να ανθίζει εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Το μήκος της αύξησης των φυτών μετά την μετάβαση στο ανθικό στάδιο εξαρτάται όχι μόνο από τις συνθήκες του περιβάλλοντος αλλά και από τις καλλιεργητικές τεχνικές και την ποικιλία. (περιορισμένες, determinate και απεριορίστες, indeterminate ποικιλίες). Στις απεριορίστης ανάπτυξης ποικιλίες η αύξηση συνεχίζεται μετά την άνθιση και φτάνει 2 με 4 φορές το ύψος του φυτού μέχρι τότε. Στις περιορισμένης ανάπτυξης ποικιλίες η αύξηση μετά την άνθιση είναι περιορισμένη.

Τα άνθη σχηματίζονται στις μασχάλες (axils) των φύλλων με τον κεντρικό βλαστό και είναι βοτρυοειδής ταξιανθίες (racemes). Ο αριθμός των ανθέων που μπορούν να σχηματιστούν σε κάθε μασχάλη εξαρτάται από την ποικιλία αλλά, την θέση του μασχαλιαίου οφθαλμού πάνω στο φυτό και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η περίοδος ανθοφορίας στην σόγια είναι μεγάλη.

Τα άνθη της σόγιας έχουν μήκος μόλις 6-7 χιλιοστόμετρα (mm) και είναι ερμαφρόδιτα. Αυτό σημαίνει ότι η γύρη που σχηματίζεται στο άνθος γονιμοποιεί το ωάριο του ίδιου άνθους. Συνήθως το 75% των ανθέων της σόγιας πέφτουν στο έδαφος με αποτέλεσμα η διατήρηση της ανθοφορίας να αποτελεί ένα σημαντικό στόχο για τους καλλιεργητές. Η καλή θρέψη και οι διατήρηση των ιδανικών συνθηκών καλλιέργειας αποτελούν μια αρκετά καλή πρακτική για την διατήρηση των ανθέων πάνω στο φυτό. Οι πρώτοι λοβοί αρχίζουν να εμφανίζονται 10-14 μέρες μετά την εμφάνιση του πρώτου άνθους οι οποίοι θα είναι έτοιμοι 3 εβδομάδες περίπου αργότερα.

Η σόγια αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη, μετά το καλαμπόκι, σοδειά των ΗΠΑ, με αξία περίπου 26,8 δισ. δολάρια, . Η Βραζιλία και η Αργεντινή είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί μετά τις ΗΠΑ και την Κίνα. Σήμερα, η ΕΕ παράγει μόνο το 5% της σόγιας που χρειάζεται για κάλυψη των αναγκών της σε όλους τους τομείς (κυρίως κτηνοτροφία), ενώ το 95% (15 εκατ. τόνοι) εισάγεται.

Στη χώρα μας είχε καλλιεργηθεί παλαιότερα και είχε μέση απόδοση σε σπόρο 400 κιλά/στρέμμα (ελάχιστη 100 και μέγιστη 700 κιλά/στρέμμα). Σύμφωνα με τα ιστορικά αυτά δεδομένα, πρέπει να αναμένεται μέγιστη παραγωγή σε βιοκαύσιμο περί τα 70-80 λίτρα ανά στρέμμα.

3.4 Αγριαγκινάρα (Cardoon)



Η αγριαγκινάρα (*Cynara cardunculus* L.) είναι το κοινό γαϊδούράγκαθο. Είναι πολυετές φυτό της Μεσογειακής ζώνης και ήταν γνωστή στους αρχαίους Αιγυπτίους, Έλληνες και Ρωμαίους. Όπως όλα τα είδη αγκαθιών, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένη στο ξηρό κλίμα των μεσογειακών χωρών, επειδή δε είναι χειμερινό φυτό δίνει το μέγιστο των αποδόσεων, ακόμα και χωρίς άρδευση, εκμεταλλευόμενη τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Επιπλέον, λόγω του εύρωστου ριζικού συστήματος που διαθέτει, προστατεύει από τη διάβρωση τα επικλινή και άγονα εδάφη.

Σήμερα αυτοφύεται σε πολλά μέρη του κόσμου αλλά τα τελευταία 15 χρόνια μελετάται συστηματικά από τους επιστήμονες και φαίνεται ότι είναι ένα πολλά υποσχόμενο ενεργειακό φυτό για τις χώρες της Μεσογείου για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από τη βιομάζα του.

Εκτός από τη βιομάζα που είναι το κύριο προϊόν της καλλιέργειας, ο σπόρος της αγριαγκινάρας περιέχει μέχρι 25% λάδι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή βιοντήζελ. Η καλλιέργεια παράγει 100-200 κιλά σπόρου ανά στρέμμα που μεταφράζεται σε μέγιστη παραγωγή 50 λίτρων βιοκαυσίμου ανά στρέμμα. Ήδη στην Κ. Ελλάδα καλλιεργούνται πιλοτικά 4.000 στρέμματα αγριαγκινάρας για παραγωγή βιοντήζελ από την εταιρεία Agroinvest.

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

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται με σπόρο. Η ανάπτυξή της αρχίζει με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου και συνεχίζεται εκμεταλλευόμενη τις βροχές του χειμώνα και της άνοιξης μέχρι τις αρχές του θέρους όταν η υγρασία του εδάφους μειωθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Τότε το υπέργειο τμήμα του φυτού αποξηραίνεται και μπορεί να συγκομισθεί ξηρό την περίοδο Ιουνίου-Αυγούστου. Με τις πρώτες βροχές του Οκτωβρίου παρατηρείται και πάλι ταχεία ανάπτυξη της αγριαγκινάρας που μέσα σε λίγες ημέρες θα έχει και πάλι καλύψει πλήρως το έδαφος, κοκ. Λόγω του γεγονότος ότι η αγριαγκινάρα είναι η ίδια ισχυρό ζιζάνιο (εισβολέας) δεν επιτρέπει την ανάπτυξη άλλων ζιζανίων, ενώ σε μακροχρόνια πειράματα δεν εμφανίστηκαν ασθένειες και εχθροί του φυτού, κι έτσι η καλλιέργειά της μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση φυτοφαρμάκων.



Επίσης, η αγριαγκινάρα λόγω του πλούσιου ριζικού της συστήματος που εκμεταλλεύεται άριστα τους εδαφικούς πόρους, χρειάζεται λιγότερο άζωτο. Σε προηγούμενα πειράματα στο Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πολύ υψηλές αποδόσεις πραγματοποιήθηκαν με μηδενικές λιπάνσεις μέχρι το τρίτο έτος της καλλιέργειας και μέχρι 5 μονάδες N μετά το τέταρτο έτος.

Η αγριαγκινάρα εκμεταλλεύεται άριστα τις χειμερινές βροχές και δίνει υψηλές αποδόσεις χωρίς άρδευση. Η απόδοση σε ξηρή ουσία κυμαίνεται από 1200-1600 κιλά σε μη αρδευόμενα χωράφια ενώ με 2-3 αρδεύσεις από τα μέσα Απριλίου μέχρι το τέλος Μαΐου (στην περίοδο αυτή η διαθεσιμότητα νερού είναι υψηλή σε πολλές περιοχές) οι αποδόσεις κυμαίνονται από 2.000-2.500 κιλά ξηρής ουσίας ανά στρέμμα, ενώ συχνά οι στρεμματική απόδοση φτάνει και τα 3.000 κιλά. Πρέπει να τονιστεί ότι σε αντίθεση με άλλες καλλιέργειες, η καλλιέργεια της αγριαγκινάρας έχει πολύ μικρό κόστος παραγωγής.

Η ζιζανοκτονία είναι απαραίτητη μόνο κατά το έτος εγκατάστασης της φυτείας. Στη συνέχεια η μεγάλη φυλλική επιφάνεια της φυτείας δεν επιτρέπει στα ζιζάνια να αναπτυχθούν. Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως και τις αρχές Σεπτεμβρίου, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

Η θερμογόνος δύναμη, για τα διάφορα μέρη του φυτού, κυμαίνεται από 14,53 MJ/kg ξηρού βάρους, για τα φύλλα και τα βράκτια φύλλα και σε 24,73 MJ/kg ξηρού βάρους για τους σπόρους. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των σπόρων σε έλαια. Τα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, περίπου 14%. Στα υπόλοιπα φυτικά μέρη, το ποσοστό της τέφρας κυμαίνεται από 3,3% ως 5,3%. Με βάση τη θερμογόνο δύναμη των διαφόρων φυτικών τμημάτων και τις αντίστοιχες αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα το ενεργειακό δυναμικό της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 ΤΙΠ/στρέμμα/έτος.

3.6 Λινάρι (Lin,Flax)



Το λινάρι (*Linum usitatissimum*) είναι μονοετής καλλιέργεια και κατάγεται από τη Μεσόγειο. Αγγειόσπερμο, ποώδες, δικότυλο φυτό το λινάρι ανήκει στην τάξη Λινώδη και στην οικογένεια Λινίδες με 230 περίπου είδη των εύκρατων περιοχών και των περιοχών της Μεσογείου. Το λινάρι είναι ετήσιο φυτό και οι κυριότερες ποικιλίες του είναι δύο. Αυτές που καλλιεργούνται για τις ίνες τους και λέγονται κλωστικές και αυτές που καλλιεργούνται για τα σπόρια τους από τα οποία βγαίνει ένα είδος λαδιού το λινέλαιο. Οι τελευταίες λέγονται

ελαιοδοτικές ποικιλίες. Το ύψος του φυτού στις κλωστικές ποικιλίες φτάνει το 1,5 μέτρο, ενώ στις ελαιοδοτικές το ένα.

Τα άνθη του έχουν 5 πέταλα και είναι χρώματος γαλάζιου ή μπλε, σπανιότερα λευκού ή απαλού ροζ. Τα φύλλα του είναι χωρίς μίσχο, λογχοειδή και πέφτουν όταν το φυτό ωριμάζει. Ο καρπός είναι κάψα και περιέχει 10 περίπου γυαλιστερά, ωοειδή σπόρια.

Οι Αιγύπτιοι το 2500 π.Χ. το χρησιμοποιούσαν ως κλωστικό για το ρουχισμό τους.

Το λινάρι ευδοκίμει σε εύκρατα κλίματα χωρίς μεγάλες και έντονες βροχοπτώσεις. Στις περισσότερες περιοχές το λινάρι φυτεύεται κάθε 5 χρόνια στο ίδιο χωράφι γιατί είναι ιδιαίτερα απαιτητικό στην άντληση θρεπτικών ουσιών από το έδαφος με συνέπεια την εξάντληση του εδάφους. Η συγκομιδή γίνεται όταν πέσουν τα φύλλα 1 περίπου μήνα μετά την εμφάνιση των πρώτων ανθών. Γίνεται με μηχανικό ξερίζωμα και τα ξεριζωμένα φυτά τοποθετούνται σε ειδικούς χώρους μέχρι να ξεραθούν. Στη συνέχεια αποχωρίζονται τα περιττά σώματα και οι καρποί που περιέχουν τα ελαιώδη σπόρια και οι αποξηραμένοι βλαστοί γίνονται δεμάτια και προωθούνται για περαιτέρω επεξεργασία.

Σήμερα καλλιεργείται κυρίως σε Ευρώπη, Καναδά, Αργεντινή και ΗΠΑ, για την ίνα και το σπόρο του. Στην Ελλάδα αν και είχε πρωτοκαλλιεργηθεί λινάρι τον 5ο αιώνα π.Χ, σήμερα δεν καλλιεργείται. Οι μέσες αποδόσεις είναι περίπου 150-200 κιλά σπόρος στο στρέμμα και ο σπόρος του περιέχει 34-37% έλαιο. Στις ΗΠΑ επιτυγχάνονται παραγωγές σε σπόρο μέχρι 400 κιλά/στρέμμα.

3.7

Ρετσινολαδιά

(Castor

bean)



Η ρετσινολαδιά (*Ricinus communis*) είναι φυτό πολυετές, αλλά καλλιεργείται ως ετήσιο φυτό επειδή είναι πολύ ευαίσθητο στον παγετό. Στα τροπικά κλίματα μπορεί να φθάσει ως και 12 μέτρα ύψος. Οι σπόροι, οι βλαστοί και τα φύλλα είναι δηλητηριώδη.

Τα φύλλα της είναι γυαλιστερά και έχουν μήκος 15-45 εκ., έχουν μεγάλους μίσχους, είναι λοβωτά και οδοντωτά στις άκρες. Το χρώμα τους ποικίλει από σκούρο πράσινο, κάποιες φορές ελαφρά κοκκινωπό, σε σκούρο μωβ-κόκκινο ή χάλκινο. Τα κοτσάνια και τα σφαιρικά, ακανθώδη περικάρπια ποικίλουν επίσης στους χρωματισμούς. Οι καρποί είναι πιο εντυπωσιακοί από τα άνθη. Τα αρσενικά άνθη είναι κιτρινοπράσινα με στήμονες που προεξέχουν από αβάλ σπίδακες μήκους 15 εκατοστών. Τα θηλυκά άνθη βγαίνουν πάνω στις κορυφές από τους σπίδακες και έχουν κόκκινο στίγμα. Ο καρπός είναι μια ακανθώδης πρασινωπή κάψουλα με μεγάλους οβάλ, γυαλιστερούς και άκρως δηλητηριώδεις σπόρους, παρόμοιους στην όψη με φασόλια.

Καλλιεργείται από αρχαιοτάτων χρόνων στην Ινδία για τους σπόρους του, που περιέχουν 40-60% λάδι.

Η παγκόσμια παραγωγή σε ρετσινόλαδο ή κικινέλαιο φθάνει τον ένα εκατ. τόνους. Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή είναι η Ινδία, η Κίνα, η Βραζιλία και η πρώην Σοβ. Ένωση.

Το λάδι της χρησιμοποιείται και ως λιπαντικό μηχανών αεροπλάνων και πλοίων. Στη χώρα μας δεν καλλιεργείται αν και έχει γίνει επιστημονική έρευνα για το φυτό ως εναλλακτική λύση στην αναδιάρθρωση των καλλιεργειών στη νότια Ελλάδα. Το φυτό καλλιεργούμενο ως ετήσιο αποδίδει σε σπόρο μέχρι 270 κιλά ανά στρέμμα.

3.8 Αραχίδα (groundnut, *Arachis*, peanuts)



Η αραχίδα (*Arachis hypogaea*) δηλαδή το γνωστό αράπικο φυστίκι, είναι μονοετής καλλιέργεια και κατάγεται από τη Βραζιλία. Οι Ίνκας καλλιεργούσαν το φυτό από το 3000 π.Χ. Στην Ευρώπη ήλθε από τους πρώτους Ισπανούς και Πορτογάλους εξερευνητές και στη συνέχεια διαδόθηκε στις υπόλοιπες χώρες. Σε πολλές χώρες, όπως η Κίνα, η Ινδία, η Δ. Αφρική, η Ιαπωνία, η Κορέα και οι ΗΠΑ είναι ένα από τα κυριότερα ελαιούχα φυτά μεγάλης καλλιέργειας.

Στη χώρα μας όπως και σε όλες τις παραμεσόγειες χώρες όπου ευδοκίμει η ελιά, η αραχίδα χάνει τη σημασία της ως πηγή βρώσιμου λαδιού, επειδή η υπεροχή του ελαιόλαδου είναι μεγάλη. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται μόνο 45.000 στρέμματα, μολονότι οι συνθήκες της χώρας μας είναι ιδανικές για την αραχίδα.

Τα σπέρματα της αραχίδας περιέχουν 48-58% λάδι και η απόδοση της καλλιέργειας σε βιοκαύσιμο ξεπερνά τα 100 λίτρα ανά στρέμμα. Όπως προαναφέρθηκε, ο Ρούντολφ Ντίζελ χρησιμοποίησε το αραχιδέλαιο (φυστικέλαιο) ως καύσιμο για τη λειτουργία του ομώνυμου κινητήρα του.

3.9 Ατρακτυλίδα (Safflower)



Η ατρακτυλίδα (*Carthamus tinctorius*) είναι μονοετής, κατάγεται από την Ινδία και τη Β. Αφρική και καλλιεργείται για τα ελαιούχα σπέρματά της. Η περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι είναι 32-40%. Καλλιεργείται στην Ινδία κυρίως, αλλά και στο Πακιστάν, το Αφγανιστάν, το Ιράν, τη Β. Αφρική και στην Αυστραλία. Στις ΗΠΑ καλλιεργούνται περίπου 1 εκατ. στρέμματα. Στη χώρα μας έχει καλλιεργηθεί δοκιμαστικά.

3.10 Ευκάλυπτος



Ο ευκάλυπτος είναι αγγειόσπερμο, δικότυλο, ιθαγενές φυτό και ανήκει στην τάξη Μυρτώδη και στην οικογένεια Μυρτίδες.

Περιλαμβάνει 550 περίπου είδη μεγάλων ως επί το πλείστον δέντρων που καλλιεργούνται στις εύκρατες περιοχές για εμπορική εκμετάλλευση και για τη σκιά τους.

Τα φύλλα του είναι μακριά , δερματώδη και κρέμονται από το δέντρο. Ο καρπός είναι κάψα που περιβάλλεται από μία θήκη και περιέχει πολλά μικρά σπόρια ενώ τα άνθη όταν ανοίγουν ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα μικρό δοχείο.

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

Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί (Metro 1969, Πανέτσος 1975, Μαντζίρης 1980, Dalianis et al., 1996), φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει:

1. Μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου
2. Ταχυαυξία
3. Εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή οποιαδήποτε εποχή του έτους, και
4. Μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

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

Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 64 τόνους/στρέμμα/έτος και 28 τόνους/στρέμμα/έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά την συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1000 και 2000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περιτρόπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 τόνων/στρέμμα/έτος.

Όσον αφορά στις επεμβάσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ενέρχεται σε 1,29 ΤΙΠ/στρέμμα/έτος.

3.11 Ψευδακακία



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

Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν πειράματα, των οποίων το αντικείμενο μελέτης ήτα η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα.

Από πειραματικές καλλιέργειες του Κ.Α.Π.Ε. λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνοι/στρέμμα/έτος σε άγρονο και

γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στο δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας/στρέμμα ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήτα 1000 και 2000 φυτά/στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος σε 2 έτη.

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

3.12 Ελαιοδοτικά δένδρα και θάμνοι



Εκτός βέβαια από τα ελαιούχα φυτά μεγάλης καλλιέργειας, για παραγωγή βιοντήζελ χρησιμοποιούνται και τροπικά φυτά όπως ο φοίνικας, η καρύδα και η *jatropha*.

Ο φοίνικας (*Elaeis guineensis*) καλλιεργείται σε τροπικές χώρες και παράγονται 200 κιλά φοινικέλαιο ανά στρέμμα. Λόγω της υψηλής ζήτησης του προϊόντος στην παγκόσμια αγορά, σήμερα γίνεται ένα τεράστιο περιβαλλοντικό έγκλημα σε τροπικές αναπτυσσόμενες χώρες (Μαλαισία, Ινδονησία) όπου καταστρέφονται τροπικά δάση για να καλλιεργηθεί ο φοίνικας.

Από τον καρπό του φοίνικα λαμβάνονται δύο είδη λαδιών. Το φοινικέλαιο (palm oil, σκούρο κίτρινο έως κίτρινο-κόκκινο χρώμα με άρωμα βιολέτας και γλυκιά γεύση), το οποίο προέρχεται από τη σάρκα του καρπού και το λάδι που προέρχεται από τους σπόρους του καρπού (palm kernel oil, λευκό ή κίτρινο με ευχάριστη οσμή και γεύση. Η σύνθεσή του τελευταίου μοιάζει με αυτή του λαδιού από καρύδα). Το φοινικέλαιο είναι πρωτογενές υλικό και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για την παραγωγή βιοντήζελ και πρέπει πρώτα να επεξεργαστεί ή και να επανεπεξεργαστεί. Η Μαλαισία παράγει το μισό περίπου φοινικέλαιο του πλανήτη.

Σχετικά με την παραγωγή λαδιού από την καρύδα (*Cocos nucifera*), η ψίχα αρχικά αποξηραίνεται μέχρι η υγρασία να φθάσει 5-7%. Στη συνέχεια από την αποξηραμένη ψίχα (copra) λαμβάνεται το λάδι.

Απαιτούνται 5.000 καρύδες για την παραγωγή 1 τόνου copra. Από ένα κιλό αποξηραμένης καρυδόψιχας παραλαμβάνονται 650 γραμμάρια λαδιού. Κύριες παραγωγί χώρες είναι οι Ινδονησία, Φιλιππίνες, Ινδία και Βραζιλία.

Κλείνοντας, αξίζει να αναφερθεί και ένα αμφιλεγόμενο, εν δυνάμει ενεργειακό φυτό, η *jatropha* (*Jatropha curcas*), που είναι θάμνος με μεγάλους ελαιούχους σπόρους περιεκτικότητας σε λάδι μέχρι 40% και μπορεί να αποτελέσει πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντήζελ. Η *jatropha* είναι ένα εξαιρετικά ανθεκτικό φυτό σε δυσμενείς συνθήκες (ξηροθερμικές & άγονες) γι' αυτό και είναι στη λίστα των χειρότερων φυτών-εισβολέων (ζιζανίων) παγκοσμίως.

Ήδη επιχειρηματίες που επενδύουν στην παραγωγή βιοντήζελ σε τροπικές περιοχές της Αφρικής και της Ινδίας, δημιουργούν τεράστιες φυτείες *jatropha* σε άγονες και ξηρές περιοχές. Η βρετανική εταιρεία παραγωγής βιοντήζελ D1 Oils φύτεψε 1,5 εκατομμύρια στρέμματα *jatropha* στη Σουαζιλάνδη, στη Ζάμπια στη Νότια Αφρική και στην Ινδία. Η εταιρεία σχεδιάζει να διπλασιάσει το μέγεθος των καλλιεργειών της άμεσα.

Επίσης η BioKing, ολλανδική εταιρεία κατασκευής εξοπλισμού για βιοντήζελ, αναπτύσσει καλλιέργειες στη Σενεγάλη, ενώ και η Australian Biodiesel Group έχει ανακοινώσει ότι θα ξεκινήσει παραγωγή από *jatropha* αφού υπολογίζεται ότι στην Αυστραλία υπάρχουν 200 εκατομμύρια στρέμματα αναξιοποίητων άγονων εδαφών που μπορεί να καλλιεργηθεί το φυτό. Τέλος, η κυβέρνηση της

Κίνας έχει θέσει σε εφαρμογή ένα μεγάλο πρόγραμμα εκτατικής καλλιέργειας jatropa.

4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ

Η βιοαιθανόλη θα παίξει για πολλές δεκαετίες όλο και σημαντικότερο ρόλο στην εξασφάλιση καυσίμων μεταφορών γιατί μπορεί εύκολα να παραχθεί σε περιοχές που διαθέτουν ή παράγουν, ζάχαρα, άμυλο και κυτταρινούχες ουσίες, αποκεντρώνοντας έτσι την παραγωγή και τη διάθεση των καυσίμων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί, σε πρόσμιξη με τα συμβατικά καύσιμα, στους βενζινοκινητήρες και πετρελαιοκινητήρες.

Η βιοαιθανόλη είναι ένα ευρέως παραγόμενο βιοκαύσιμο με παγκόσμια παραγωγή περισσότερη από 18,3 εκατ. τόνους το 2003 (κυρίως σε δύο χώρες, Βραζιλία και Η.Π.Α.). Η Βραζιλία είναι η κύρια παραγωγός χώρα (9,9 εκατ. τόνους το 2003, κυρίως από ζαχαροκάλαμο). Σαν πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σακχαρούχα, κυτταρινούχα και αμυλούχα φυτά (σιτάρι, καλαμπόκι, σόργο, τεύτλα, κ.α.). Ο κύριος τρόπος παραγωγής της είναι η ζύμωση των αμυλούχων-σακχαρούχων συστατικών για την παραγωγή αιθανόλης και ο διαχωρισμός της από τα υπόλοιπα συστατικά με απόσταξη.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα για την παραγωγή βιοαιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες (υπόλειμμα καλαμποκιού, άχυρο, ξύλο, κ.α.). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι αποτελέσματα έρευνας (CIEMAT, Ισπανία) δείχνουν ότι η παραγωγή ενός λίτρου αιθανόλης από 6 κιλά άχυρο σιτηρών κοστίζει 0,18 € ενώ η αντίστοιχη παραγωγή από το σπόρο σιταριού, ή κριθαριού κοστίζει 0,36 €. Αν αυτά τα αποτελέσματα επαληθευθούν και σε εμπορική κλίμακα η παραγωγή βιοαιθανόλης θα είναι ανταγωνιστική σε σχέση με το πετρέλαιο.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι από το Μάιο 2004 λειτουργεί στη Σουηδία πιλοτική μονάδα παραγωγής βιοαιθανόλης από κυτταρίνες προερχόμενες από διάφορα είδη ξύλου, άχυρου ή υπολειμμάτων αυτών.

Στην Ελλάδα οι ενεργειακές καλλιέργειες από τις οποίες μπορεί να παραχθεί

βιοαιθανόλη είναι οι παραδοσιακές σιτάρι, κριθάρι, αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα κι η «νέα» καλλιέργεια του γλυκού σόργου.

Η ιστορία της βιοαιθανόλης ως καυσίμου κίνησης ξεκινά το 1908 όταν ο Χένρυ Φορντ κατασκεύασε το πρώτο αυτοκίνητο, το αλκοολοκίνητο μοντέλο Ford T, δηλώνοντας ότι τα καύσιμα του μέλλοντος θα προέρχονται από μήλα, ζιζάνια ή ροκανίδια.

Σήμερα, όλα τα αυτοκίνητα μπορούν να χρησιμοποιήσουν E5 ή E10, δηλαδή μείγμα βενζίνης με 5 ή 10% αιθανόλη, χωρίς καμία μετατροπή. Η αιθανόλη έχει 113 οκτάνια και χρησιμοποιείται για την αύξηση του αριθμού οκτανίων της βενζίνης και για τη βελτίωση της ποιότητάς της δηλαδή ως βελτιωτικό καυσίμου (πχ ETBE, METBE). Συνήθως πωλείται στα πρατήρια ως μείγμα E10 (10% αιθανόλη + 90% βενζίνης). Η αυτοκινητοβιομηχανία πλέον διαθέτει στο εμπόριο μοντέλα (FFV, Flexible Fuel Vehicle) που χρησιμοποιούν μείγμα E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνης) ή οποιοδήποτε άλλο μείγμα αιθανόλης-βενζίνης (πχ Ford Focus ή Saab BioPower). Το μίγμα E85 έχει αριθμό οκτανίου

περίπου

105.

Οι Βραζιλία και ΗΠΑ παράγουν το 75% περίπου της αιθανόλης του πλανήτη με την εν λόγω βιομηχανία να γνωρίζει ραγδαία ανάπτυξη. Ήδη ακούγονται προτάσεις για δημιουργία καρτέλ αιθανόλης από τις δύο χώρες αντίστοιχου με τον ΟΠΕΚ. Επίσης, σε χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία έχουν επίσης ξεκινήσει τεράστια προγράμματα ανάπτυξης της βιομηχανίας αιθανόλης. Πρόσφατα και η ρωσική κυβέρνηση ανακοίνωσε πρόγραμμα ανάπτυξης της βιομηχανίας αιθανόλης, επιδοτώντας την κατασκευή 30 νέων εργοστασίων συνολικής ετήσιας δυναμικότητας 2.000.000 τόνων.

Η παγκόσμια ζήτηση για αιθανόλη αναμένεται να διπλασιαστεί τα επόμενα δέκα χρόνια, με ότι αυτό συνεπάγεται για την παγκόσμια βιομηχανία βιοαιθανόλης από άποψη επενδύσεων.

4.2 Κόστος παραγωγής βιοαιθανόλης και αποδόσεις καλλιεργειών

Για την παραγωγή της βιοαιθανόλης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο στη Βραζιλία, αραβόσιτος στις ΗΠΑ, δημητριακά (σιτάρι, κριθάρι κ.α.) και ζαχαρότευτλα στην ΕΕ. Επίσης το γλυκό σόργο είναι μια νέα και πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια για παραγωγή βιοαιθανόλης και παραγώγων της μέσω ζύμωσης των σακχάρων που περιέχονται στο φυτικό χυμό του. Αυτό αποκτά ιδιαίτερη αξία για περιοχές μη τροπικές όπου το ζαχαροκάλαμο δεν ευδοκίμει, όπως είναι η Ευρώπη.

Το κόστος παραγωγής αιθανόλης από καλαμπόκι στις ΗΠΑ είναι 0,21 ευρώ/λίτρο και στα πρατήρια καυσίμων, η τιμή πώλησης του καυσίμου E85 (85% αιθανόλη + 15% βενζίνη) είναι 0,50 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,58 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Επειδή η αιθανόλη έχει 67% του ενεργειακού περιεχομένου (θερμογόνου δύναμης, κατ' όγκο) της βενζίνης, το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,71 ευρώ/λίτρο.

Η Βραζιλία παράγει ακόμη φθηνότερη βιοαιθανόλη, με κόστος παραγωγής 0,17 ευρώ/λίτρο. Η λιανική τιμή πώλησης της αιθανόλης είναι 0,55 ευρώ/λίτρο όταν η αντίστοιχη τιμή της βενζίνης είναι 0,94 ευρώ/λίτρο (Ιούλιος 2007). Το κόστος της αιθανόλης που ισοδυναμεί με ένα λίτρο βενζίνης είναι 0,74 ευρώ/λίτρο. Η Βραζιλία είναι η μοναδική χώρα παγκοσμίως όπου πλέον η βιοαιθανόλη που παράγεται από ζαχαροκάλαμο είναι ήδη ανταγωνιστική έναντι των ορυκτών υγρών καυσίμων.

Για την ΕΕ όπου η βιομηχανία αιθανόλης είναι λιγότερο αναπτυγμένη, η παραγόμενη βιοαιθανόλη γίνεται ανταγωνιστική της βενζίνης για τιμές πετρελαίου 90 € ανά βαρέλι, ενώ υπολογίζεται ότι η έρευνα και η τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα των βιοκαυσίμων θα επιφέρει μείωση κόστους κατά 30% μετά το έτος 2010. Οι κύριες παραγωγοί αιθανόλης είναι η Ισπανία και η Σουηδία, με τον Ισπανικό όμιλο Abengoa να ηγείται στην Ευρώπη.

Προς το παρόν, η βιομηχανία αιθανόλης είναι ανύπαρκτη στην Ελλάδα, ενώ αναμένονται εξελίξεις σχετικά με τη μετατροπή από ζαχαρουργεία σε εργοστάσια βιοαιθανόλης, των εργοστασίων της Ελληνικής Βιομηχανίας Ζάχαρης σε Λάρισα και Ξάνθη.

4.3 Η διαδικασία παραγωγής βιοαιθανόλης

Η παραγωγή αιθανόλης από άμυλο (δημητριακά, καλαμπόκι) ή σάκχαρα (ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα, γλυκό σόργο) είναι απλή και γίνεται μέσω αλκοολικής ζύμωσης. Τα εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης είναι ουσιαστικά τεράστια αποστακτήρια.

Στην περίπτωση που πρώτη ύλη είναι το ζαχαροκάλαμο ή το γλυκό σόργο, τα στελέχη τους (καλάμια) θρυμματίζονται και στο αλεσμένο προϊόν γίνεται αποχύμωση (μηχανικά με πίεση) και με την προσθήκη ζεστού νερού γίνεται εκχύλιση και συλλογή του υδατικού σακχαρούχου διαλύματος.

Η διαδικασία παραλαβής της αιθανόλης είναι το τελευταίο στάδιο παραγωγής και περιλαμβάνει απόσταξη και αφυδάτωση με θέρμανση. Το τελευταίο αυτό στάδιο είναι από τα πλέον ενεργοβόρα άρα και πιο δαπανηρά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα της βιομηχανικής παραγωγής βιοαιθανόλης.

Τα απόβλητα της βιομηχανίας αιθανόλης έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο και είναι δύσκολα επεξεργάσιμα. Στη Βραζιλία έχουν υιοθετηθεί δύο πρακτικές για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων της βιομηχανικής παραγωγής αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο. Η πρώτη μέθοδος αφορά τη συλλογή των αποβλήτων σε δεξαμενές και εξάτμιση του νερού. Κατά τη δεύτερη πρακτική γίνεται διασπορά τους με ψεκάσμό σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου ως αζωτούχος λίπανση.

5 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗΣ

5.1 Γλυκό σόργο



Το γλυκό σόργο είναι ένα 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.

Στην Ευρώπη, έχουν εξεταστεί πολλές ποικιλίες. Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Το σόργο καλλιεργήθηκε στην Ελλάδα, για σειρά ετών, με σκοπό τη μελέτη της παραγωγικότητας του σε διάφορους τύπους εδαφών (περιθωριακά και γόνιμα) καθώς και την επίδραση διαφόρων καλλιεργητικών τεχνικών στις τελικές αποδόσεις. Τα κύρια συμπεράσματα από την πολυετή έρευνα συνοψίζονται παρακάτω.

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

Η αναλογία σε σάκχαρα, ποικίλει από 9-13,2 % επί του χλωρού βάρους των στελεχών, οι δε αποδόσεις με βάση την παραγωγή φτάνουν τους 1,2 τόνους/στρέμμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές του Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου δεκαπέντε μέρες αργότερα για τις όψιμες. Σύμφωνα με πειραματικά δεδομένα, που βασίζονται στο χλωρό βάρος των στελεχών και στην περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, μπορεί να εξασφαλιστεί, θεωρητικά, μέση παραγωγή 675 λίτρων αιθανόλης/στρέμμα.

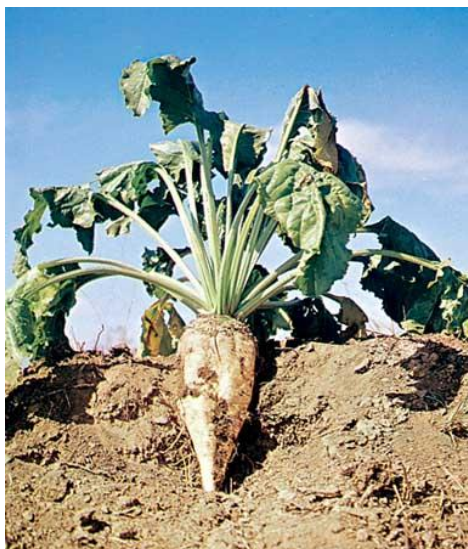
Επιπλέον, μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης, μένουν μεγάλες ποσότητες υπολείμματος, υψηλής θερμογόνου δύναμης, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες, τόσο της παραγωγής, όσο και της μετατροπής του σόργου σε αλκοόλη.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση πραγματοποιούνται έρευνες με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας αξιοποίησης του γλυκού σόργου για την παραγωγή βιοαιθανόλης.

Σε αντίθεση με το ζαχαροκάλαμο και το σόργο που λαμβάνεται απευθείας ο σακχαρούχος χυμός των βλαστών, στα σιτηρά (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι) απαιτείται προσθήκη ακριβών ενζύμων (αμυλάσες) για τη διάσπαση (υδρόλυση) του αμύλου σε σάκχαρα. Οι σπόροι των σιτηρών αλέθονται, αναμιγνύονται με νερό και ακολουθεί θέρμανση και ζύμωση σε αλκοόλη.

Η ζύμωση του σακχαρούχου διαλύματος γίνεται σταδιακά σε τεράστιες δεξαμενές (ζυμωτήρες) με την προσθήκη κατάλληλων σακχαρομυκήτων, συνήθως στελέχη του *Saccharomyces cerevisiae*. Στο τελικό προϊόν της ζύμωσης γίνεται καθαρισμός με φυγοκέντριση ή διήθηση και το υγρό οδηγείται στην τελική δεξαμενή όπου γίνεται διαχωρισμός και ανάκτηση της καθαρής αιθανόλης. Ανάλογα με το σκοπό, η αιθανόλη ως τελικό προϊόν μπορεί να είναι ένυδρη (95% v/v) ή άνυδρη (99,5% v/v).

5.2 Ζαχαρότευτλα



Είναι δικοτυλήδονο φυτό που ανήκει στην οικογένεια των χηνοποδιδών και είναι πολύ απαιτητικό στις συνθήκες ανάπτυξης.

Τα ζαχαρότευτλα είναι ένας διετής τύπος τεύτλου, που καλλιεργείται εμπορικά λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των ριζών του σε σάκχαρο. Οι ρίζες των τεύτλων περιέχουν μέχρι 20% σάκχαρο (επί χλωρού βάρους), κάνοντας το τη δεύτερη πιο σημαντική πηγή σακχάρων μετά από το ζαχαροκάλαμο. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή έφθασε τους 257 εκατ. τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε περισσότερα από 60 εκατομμύρια στρέμματα. Από αυτά τα 5,5 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και περισσότερο από 40 εκατ. στρέμματα στην Ευρώπη.

Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια των ζαχαρότευτλων είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Αν και η συνολική παραγωγή τους μειώθηκε ελάχιστα, η συνολική καλλιεργημένη έκταση αυξήθηκε βαθμιαία (0,40 εκατομμύρια στρέμματα το 1991 και 0,43 εκατ. στρέμματα το 1999), με μια ετήσια παραγωγή 2,6 και 2,4 εκατ. τόνους, αντίστοιχα.

Το τεύτλο προτιμά εδάφη με pH μεταξύ 6.5 και 8. Είναι φυτό ανθεκτικό στα άλατα.

Για καλές αποδόσεις σε βάρος και ζαχαρικό τίτλο θα πρέπει στο χωράφι να υπάρχουν κανονικά κατανομημένα 7000-10000 φυτά /ανά στρέμμα. Το πρώτο

πότισμα δεν πρέπει να γίνεται πολύ νωρίς ώστε να αναγκάζεται η ρίζα να προχωρήσει βαθύτερα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται και στο χρόνο που γίνεται το τελευταίο πότισμα, το οποίο εάν γίνει αργά, κοντά στη συγκομιδή, οι ρίζες αποκτούν μεν μεγαλύτερο βάρος αλλά μικρότερο ζαχαρικό τίτλο.

Επιδιώκεται η γρήγορη δημιουργία ικανής φιλικής επιφάνειας έως την έναρξη της φάσης διόγκωσης της ρίζας. Μετά τη φάση της διόγκωσης παρατηρείται έντονη συγκέντρωση των σακχάρων.

Υπερβολική Αζωτούχος λίπανση παρατείνει το ρυθμό συγκέντρωσης της ζάχαρης και μειώνει το ποσοστό της. Αυτό όμως δεν πρέπει να οδηγεί σε ελλειμματική χορήγηση Αζώτου η οποία θα εμποδίσει την εκδήλωση των παραγωγικών δυνατοτήτων του φυτού αφού με τη μείωση της παραγωγής, μειώνεται και η στρεμματική απόδοση ζαχάρου. Το ζαχαρότευτλο είναι μια τυπική καλλιέργεια στην οποία προκαλούνται σημαντικές απώλειες Αζώτου, απώλειες που ξεκινούν από τη βασική ακόμη λίπανση αφού για 60 ημέρες από την σπορά η πρόσληψη του είναι ακόμη μικρή. Με βάση το υπολειμματικό Άζωτο και τους εδαφοκλιματικούς παράγοντες εκτιμάται ότι μια Αζωτούχος λίπανση που περιλαμβάνει 14-16 kg Αζώτου / στρ. καλύπτει τις ανάγκες των ζαχαρότευτλων

Το ζαχαρότευτλο χρησιμοποιεί πολύ αποτελεσματικά τον εδαφικό Φώσφορο συγκριτικά με άλλες καλλιέργειες. Επάρκεια Φωσφόρου εξασφαλίζει την ανάπτυξη ικανοποιητικού ριζικού συστήματος, βελτίωση της περιεκτικότητας σε ζάχαρη και πρωίμιση της παραγωγής. Συνήθως 4-6 kg /στρ. Φωσφόρου αρκούν για την τευλοκαλλιέργεια.

Το ζαχαρότευτλο κατατάσσεται στις καλιόφιλες καλλιέργειες. Η αύξηση του ποσοστού των ζαχάρων μέσω της Καλιούχου λίπανσης είναι απολύτως βεβαιωμένη. Αυτή προφυλάσσει επίσης το τεύτλο από το υδατικό στρες και αυξάνει την αντίσταση του στις ασθένειες. Η αποτελεσματικότητα της Αζωτούχου λίπανσης δεν μπορεί να εκφρασθεί όταν το Κάλιο είναι ελλειμματικό, γεγονός που οδηγεί και στην ποιοτική υποβάθμιση της

παραγωγής. Σε εδάφη με διαπιστωμένη έλλειψη Καλίου η εφαρμογή του εν λόγω στοιχείου σε ποσότητες 20-25 kg /στρ. Συνήθως κρίνεται ικανοποιητική.

Στο ζαχαρότευτλο κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή Βόριου με τη βασική λίπανση η με διαφυλλικές εφαρμογές. έλλειψη Βόριου προκαλεί εσωτερική σήψη των ριζών, μειωμένη ανάπτυξη του φυλλώματος με χαρακτηριστικό μαύρισμα των εσωτερικών φύλλων και φυσικά μείωση της παραγωγής.

Σύμφωνα με τον FAO, οι ελληνικές μέσες αποδόσεις ζαχαρότευτλων ανέρχονται σε 6,250 κιλά/στρέμμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι, αυτές οι αποδόσεις είναι μεταξύ των υψηλότερων στις ευρωπαϊκές χώρες.

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ζαχαρότευτλων στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή.

Από 1 στρέμμα ζαχαρότευτλα παράγονται κατά μέσο όρο 600 λίτρα βιοαιθανόλης.

5.3 Σιτάρι - Κριθάρι



Το σιτάρι και το κριθάρι 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 573,5 εκατομμυρίων

τόνων το 2002. Το κριθάρι, χρησιμοποιείται κυρίως σαν ζωοτροφή και στην παραγωγή αλκοολούχων ποτών. Η συνολική παγκόσμια παραγωγή του κριθαριού έφθασε στους 136,5 εκατομμύρια τόνους το 2002.

Τα τελευταία πέντε χρόνια, υπάρχει έντονη δραστηριότητα στη χρήση του σιταριού και του κριθαριού ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης. Η Ισπανία έχει τη σημαντικότερη ενεργοποίηση στον τομέα της βιοαιθανόλης. Εκτιμάται ότι η δυναμικότητα της παραγωγής βιοαιθανόλης θα φθάσει στα 500 εκατομμύρια λίτρα (σε τρία εργοστάσια) το 2004, με πρώτη ύλη σιτάρι και κριθάρι.

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

Από ένα στρέμμα σιτάρι παράγονται κατά μέσο όρο 240 λίτρα βιοαιθανόλης.

Στην Ελλάδα, το σιτάρι (σκληρό και μαλακό) είναι το πιο διαδεδομένο ετήσιο φυτό και η καλλιέργεια του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση (σκληρό και μαλακό) ήταν 6,6 εκατομμύρια στρέμματα το σκληρό και 1,9 εκατομμύρια στρέμματα το μαλακό (2000), με παραγωγή 1,8 και 0,5 εκατομμυρίων τόνων, αντίστοιχα. Η συνολική παραγωγή του σιταριού στην Ελλάδα ξεπέρασε τα 2 εκατομμύρια τόνους το 2002. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής αυτής χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, καθώς και για ζωοτροφή.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις σκληρού σιταριού κυμαίνονται από 150-800 κιλά/στρέμμα και οι αντίστοιχες του μαλακού σιταριού κυμαίνονται από 200-900 κιλά/στρέμμα. Οι αποδόσεις σε σπόρο % του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού (Δείκτης συγκομιδής) και των δύο τύπων κυμαίνονται από 30-56%.

Η καλλιέργεια του κριθαριού είναι διάσπαρτη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργημένη έκταση ήταν 1,2 εκατ. στρέμματα το 2000, με ετήσια

παραγωγή 0,29 εκατ. τόνων, αντίστοιχα.

5.4 Καλάμι



Το καλάμι ανήκει στα αγροστώδη πολυετή φυτά με C3 φωτοσυνθετικό μηχανισμό. Συναντάται συνήθως κοντά σε ποτάμια και λίμνες, γενικά σε αγρούς με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, ωστόσο μπορεί να καλλιεργηθεί σε ευρεία κλίμακα εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Θεωρείται ένα πολύ δυναμικό φυτό και πολλαπλασιάζεται κυρίως με ριζώματα, μπορεί όμως να πολλαπλασιαστεί και με μοσχεύματα. Ο βλαστός είναι συμπαγής ή κοίλος, ξυλώδης, λυγίζει από τον αέρα και αυτό βοηθάει στη διασπορά των διαφόρων σπόρων του.

Από τη βιβλιογραφία αναφέρονται αποδόσεις 2-2,5 τόνων/στρέμμα ξηρού βάρους στη νότια Γαλλία (Toblez,1940), ενώ στη νότια Ιταλία περίπου 3,5 τόνων/στρέμμα (Matzke,1988).

Σε πρόσφατες μελέτες, ορισμένες από τις οποίες έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα, έχει επιβεβαιωθεί η δυνατότητα του φυτού να παράγει αξιόλογες ποσότητες βιομάζας. Οι αποδόσεις που καταγράφηκαν στο σύνολο των

πειραματικών αγρών (στις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες) κυμάνθηκαν από 0,5 έως 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία (Christou, 1998, Christou, 2000 a,b).

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

Η καταλληλότερη εποχή της συγκομιδής για το καλάμι, είναι σε άμεση συνάρτηση με τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής και εντοπίζεται στο διάστημα από Ιανουάριο έως και τις αρχές Μαρτίου.

Η θερμογόνος αξία του φυτού ανήλθε σε 18,6 MJ/kg ξηρής ουσίας και η περιεκτικότητα σε τέφρα 6,9% σε ξηρή βάση. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις και τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος, που έχουν επιτευχθεί μέχρι σήμερα, εκτιμάται ότι, κατά μέσο όρο, το ενεργειακό δυναμικό του καλαμιού μπορεί να φθάσει τους 1,29 ΤΙΠ/στρέμμα/έτος.

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

5.5 Αραβόσιτος



Το καλαμπόκι ή αραβόσιτος είναι σιτηρό της οικογένειας των Αγρωστωδών και κατάγεται από την Αμερικάνικη ήπειρο όπου ήδη πριν από 5.500 χρόνια το καλλιεργούσαν οι Ίνκας, οι Μάγια και οι Αζτέκοι.

Είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με χοντρό όρθιο και συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο, έχει δε την ονομασία *φόβη*. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται *σπάδικας*. Στη συνέχεια τη θέση των ανθών παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στη κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές.

Η παγκόσμια παραγωγή αραβοσίτου έφθασε στους 604 εκατομμύρια τόνους το 2002, καλλιεργούμενη σε 1.383 εκατ. στρέμματα. Από αυτά, πάνω από 280 εκατ. στρέμματα καλλιεργήθηκαν στις Η.Π.Α. και 134 εκατ. στρέμματα στην Ευρώπη (2,2 εκατ. στρέμματα στην Ελλάδα).

Στην Ελλάδα, ο αραβόσιτος θεωρείται σημαντικό φυτό κι η καλλιέργεια του είναι εκτεταμένη σε όλη τη χώρα. Η συνολική καλλιεργούμενη έκταση παρέμεινε σχεδόν σταθερή την τελευταία δεκαετία (2,3 εκατ. στρέμματα το 1991 και 2,1 εκατ. στρέμματα το 1999), με ετήσια παραγωγή 2,3 και 2 εκατ.

τόνους αντίστοιχα.

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Σιτηρών Θεσσαλονίκης οι ελληνικές μέσες αποδόσεις αραβοσίτου κυμαίνονται από 600-1800 κιλά/στρέμμα. Οι αντίστοιχες αποδόσεις σε σπόρο (% του συνολικού βάρους του υπέργειου τμήματος του φυτού-Δείκτης συγκομιδής) κυμαίνονται από 35-50%.

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, ο αραβόσιτος χρησιμοποιείται κι ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαιθανόλης, με κυριότερη παραγωγό χώρα τις Η.Π.Α. Η παραγωγή βιοαιθανόλης τα τελευταία δεκατέσσερα χρόνια έχει υπερτριπλασιαστεί κι από 8 εκατ. τόνους το 1989 έφτασε στους 28 εκατ. τόνους το 2003. Σήμερα, λειτουργούν 73 αμερικανικά εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης ενώ άλλα 16 είναι υπό κατασκευή.

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

Υπολογίζεται ότι 2001, περίπου 12% της βενζίνης που διατέθηκε στις Η.Π.Α. περιείχε βιοαιθανόλη ως προσθετικό καυσίμου.

Από 1 στρέμμα αραβόσιτο παράγονται κατά μέσο όρο 270 λίτρα βιοαιθανόλης.

Δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλη από κυτταρίνη

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονη ερευνητική δραστηριότητα για την παραγωγή δεύτερης γενιάς βιοαιθανόλης αλλά σε βιομηχανική κλίμακα βρίσκεται προς το παρόν σε πιλοτικό στάδιο. Στην περίπτωση που επαληθευτεί η οικονομικότητα της παραγωγής αιθανόλης από λιγνοκυτταρινούχες πρώτες ύλες (που φυσικά είναι θέμα χρόνου), θα γίνει ιδιαίτερα φθηνή η βιομηχανική παραγωγή αιθανόλης από γεωργικά

υπολείμματα (άχυρο, βαμβακοστελέχη κτλ), υπολείμματα υλοτομίας (πχ πριονίδια), οικιακά απορρίμματα και προϊόντα χαρτιού καθώς και από ταχουαυξή μη διατροφικά φυτά με πολύ μεγάλη στρεμματική παραγωγή βιομάζας όπως ινώδες σόργο, καλάμι, αγριαγκινάρα και κεχρί (switch grass).

Η νέα αυτή μέθοδος βασίζεται στην αξιοποίηση της κυτταρίνης και ημικυτταρίνης. Επειδή δεν είναι δυνατή η απευθείας ζύμωση των πολυσακχαριτών αυτών, πρέπει να γίνει διάσπασή τους σε απλά σάκχαρα.

Βέβαια, στην πραγματικότητα η ιδέα δεν είναι και τόσο νέα, αλλά σήμερα γίνεται ιδιαίτερα σημαντική λόγω της ενεργειακής και περιβαλλοντικής ανασφάλειας που μαστίζει τον πλανήτη. Συγκεκριμένα, για πρώτη φορά αναπτύχθηκε το 1898 στη Γερμανία μέθοδος παραγωγής αιθανόλης από κυτταρίνη σε εμπορική κλίμακα. Οι επιστήμονες τότε παρήγαγαν αιθανόλη από ξύλο, μεσώ υδρόλυσης με οξέα, της κυτταρίνης προς γλυκόζη. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο ήταν δυνατή η παραγωγή 7,6 λίτρων αιθανόλης ανά 100 κιλά ξύλου. Οι Γερμανοί επιστήμονες σύντομα βελτίωσαν τη μέθοδο, ώστε ήταν δυνατή (πριν έναν αιώνα) η βιομηχανική παραγωγή 22 λίτρων αιθανόλης ανά 100 κιλά ξύλου (τριπλασιασμός απόδοσης). Σήμερα παρόμοιες μέθοδοι αναπτύσσονται ή βελτιώνονται από τους επιστήμονες ανά τη γη.

Το πρώτο στάδιο της παραγωγής περιλαμβάνει υδρόλυση της κυτταρίνης με τη χρήση οξέος (πχ θειικό οξύ) ή ενζύμων και παραγωγή μίγματος γλυκόζης και ξυλόζης. Στη συνέχεια τα σάκχαρα ζυμώνονται και παράγεται αιθανόλη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η ενζυμική υδρόλυση γίνεται με ένζυμα (κυτταρινάσες) που παράγονται από μύκητες, βακτήρια και πρωτόζωα.

Τελευταία γίνεται μεγάλη έρευνα για ανάπτυξη οικονομικών μεθόδων υδρόλυσης και εφαρμογή τους σε βιομηχανική κλίμακα. Η μέθοδος υδρόλυσης με χρήση οξέων είναι ακριβή ενώ σχετικά με τη χρήση ενζύμων, η παραγωγή τους είναι επίσης ακριβή ενώ δεν έχει επιβεβαιωθεί η αποτελεσματικότητα σε βιομηχανικό επίπεδο. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι

ο μύκητας *Trichoderma reesei* μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των περισσότερων ενζύμων που απαιτούνται.

Προς το παρόν με την υπάρχουσα τεχνολογία μόνο το 45% του ενεργειακού περιεχομένου της βιομάζας μετατρέπεται σε αιθανόλη οπότε αναζητούνται λύσεις για μεγιστοποίηση της απόδοσης. Επειδή οι περισσότερες λύσεις βρίσκονται στη φύση, πολλές έρευνες στηρίζονται στους τερμίτες και στην ιδιότητά τους να τρέφονται με κυτταρίνη (ξύλο) την οποία διασπούν κατά την πέψη μέσω ενζύμων που παράγουν στο πεπτικό τους σύστημα. Έτσι με βάση τους σχετιζόμενους με τους τερμίτες μικροοργανισμούς (μικροχλωρίδα πεπτικού), μεταφέρονται γονίδιά τους σε νέους οργανισμούς με στόχο τη φθηνή μαζική παραγωγή ενζύμων για βιομηχανική χρήση στην παραγωγή κυτταρινικής βιοαιθανόλης.

Στην Ευρώπη ξεκίνησε το 2004 να λειτουργεί πιλοτικά στη Σουηδία μονάδα παραγωγής αιθανόλης από δασικά υπολείμματα, άχυρο και άλλα κυτταρινούχα υπολείμματα, ενώ τέτοιες μονάδες λειτουργούν επίσης στην Ισπανία και τη Δανία. Επίσης έχει αναπτυχθεί μια νέα τεχνολογία ενζυμικής υδρόλυσης στον Καναδά όπου και έχει ξεκινήσει βιομηχανική παραγωγή αιθανόλης από δασικά υπολείμματα και άχυρο ενώ πιλοτική παραγωγή γίνεται και σε άλλες χώρες (Βραζιλία και ΗΠΑ).

Συγκεκριμένα, η Καναδική εταιρεία βιοτεχνολογίας IOGEN, είναι η πρώτη παγκοσμίως που άρχισε να παράγει και να εμπορεύεται κυτταρινική αιθανόλη, τον Απρίλιο του 2004. Η εταιρεία χρησιμοποιεί για την ενζυματική υδρόλυση της κυτταρίνης το μύκητα *Trichoderma reesei*.

Μεγάλη επίσης έρευνα γίνεται και στον τομέα παραγωγής βιοαιθανόλης από άλγη (φύκια) τα οποία αποτελούν μια εξαιρετικά παραγωγική πηγή βιομάζας και μάλιστα χωρίς τη χρήση αγροτικών εκτάσεων. Ήδη αρκετές εταιρείες και ερευνητικά κέντρα αναπτύσσουν ή βελτιώνουν μεθόδους φυκοκαλλιέργειας και παραγωγής βιοκαυσίμου.

Τέλος, έρευνα γίνεται και για την παραγωγή αιθανόλης από φυτά όπως το γλυκό σόργο και το ζαχαροκάλαμο, με ταυτόχρονη ζύμωση (one-step) σακχάρων και κυτταρίνης. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται μίγματα

καλλιιεργειών μικροοργανισμών, όπως για παράδειγμα μίγμα *Fusarium oxysporum* και στελεχών *Saccharomyces cerevisiae*. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο η παραγωγή αλκοόλης από την καλλιέργεια του σόργου ανέρχεται σε 1000-1100 λίτρα/στρέμμα όταν με απλή ζύμωση του σακχαρούχου χυμού αναμένονται αποδόσεις 650-900 λίτρα/στρέμμα. Με παρόμοιες τεχνικές η στρεμματική απόδοση βιοαιθανόλης από καλαμπόκι αναμένεται να διπλασιαστεί με αξιοποίηση της κυτταρίνης του βλαστού και των φύλλων του.

7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Αρκετές ελληνικές βιομηχανίες προσπαθούν ήδη να μειώσουν το κόστος παραγωγής τους χρησιμοποιώντας βιοκαύσιμα.

Η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης, η Χαρτοποιία Θράκης και η βιομηχανία ξύλου Σέλμαν, όλες με βιομηχανικές μονάδες στη Βόρεια Ελλάδα που δοκιμάζεται από την κρίση και την έλλειψη παραγγελιών, δρομολόγησαν μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων ώστε να καταναλώνουν φθηνότερα καύσιμα, εξετάζοντας παράλληλα και το ενδεχόμενο να προμηθεύονται βιοκαύσιμα από άλλους παραγωγούς αν αυτό είναι συμφερότερο.

Επίσης η εταιρεία εμπορίας πετρελαιοειδών Ελινόιλ με παραγωγική μονάδα στη ΒΙΠΕ Βόλου και πρώτη ύλη σπορέλαια, δυναμικότητας 40.000 τόνων βιοντίζελ ετησίως, και η ΕΛΒΥ του κ. Μ. Μαρουλάκη στο Σταυροχώρι Κιλκίς, δυναμικότητας περίπου 35.000 τόνων βιοντίζελ ετησίως, η Vertoil στο Κιλκίς και η Π.Ν. Πέττας ΑΒΕΕ στην Πάτρα έχτισαν μονάδες βιοκαυσίμων.

Η δραστήρια Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών Λάρισας υπέβαλε αίτηση ένταξης στον αναπτυξιακό νόμο για την ίδρυση εργοστασίου παραγωγής βιοντίζελ και βιοαιθανόλης στην Ελασσόνα. Η καλλιέργεια βαμβακιού στον Θεσσαλικό κάμπο μπορεί να υποκαταστήσει το πετρέλαιο καθώς η καύση των υπολειμμάτων βαμβακιού από τα χιλιάδες στρέμματα της καλλιέργειας μπορεί να δώσει καύσιμη ύλη που αντιστοιχεί σε 2.000.000 βαρέλια πετρελαίου σε έναν χρόνο.

Επίσης στον Νομό Κοζάνης προωθήθηκε η ίδρυση πιλοτικής μονάδας παραγωγής βιοντίζελ, δυναμικότητας 500 τόνων καυσίμου ετησίως, ενώ στον Εβρο ο όμιλος ΙΤΑ προετοίμασε μεθοδικά την κατασκευή μονάδας συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ), δυναμικότητας 6 κιλοβάτ, στην περιοχή του Τυχερού με καύσιμο βιομάζα. Μάλιστα εκεί η απορριπτόμενη θερμότητα χρησιμοποιείται μέσω δικτύου τηλεθέρμανσης για τις ανάγκες 100 κατοικιών στο Τυχερό. Ειδικά η Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης στον Εβρο μετατράπηκε σε μονάδα για την παραγωγή βιοντίζελ ύστερα από σχετική μελέτη βιωσιμότητας. Επιπλέον σε σύσκεψη στο υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης αποφασίστηκε να προχωρήσουν οι εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ σε σύναψη συμβολαίων αγοράς βαμβακόσπορου από εκκοκκιστικές επιχειρήσεις σε τιμές υψηλότερες από τις ισχύουσες στην αγορά, γεγονός που ανεβάζει και την αξία το ελληνικού βαμβακιού.

Επίσης οι εταιρείες παραγωγής βιοντίζελ θα προχωρήσουν σε σύναψη συμβολαίων με τους συνεταιρισμούς αγροτών για την απορρόφηση του ηλίανθου και σε Θεσσαλία, Κεντρική Μακεδονία και Αιτωλοακαρνανία θα γίνουν πιλοτικές καλλιέργειες ηλίανθου και ελαιοκράμβης.

Τέλος μελετάται από τις εταιρείες παραγωγής ζωοτροφών η αξιοποίηση της ηλιόπιτας για παραγωγή ζωοτροφών έτσι ώστε να αξιοποιηθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα υποπροϊόντα των ενεργειακών φυτών.

8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η τεχνολογία των βιοκαυσίμων δεν είναι μια μελλοντική τεχνολογία αλλά είναι κάτι που ήδη εφαρμόζεται σε πολλές χώρες. Στην Βραζιλία π.χ. που είναι και η πρωτοπόρος στον τομέα, το 65% των αυτοκινήτων τους είναι αλκοολοκίνητα ενώ τα υπόλοιπα κινούνται με μίγμα βενζίνης-αλκοόλης (E20) σε αναλογία 80/20, με αλκοόλη που παράγεται κυρίως από ζαχαροκάλαμα αλλά και από σιτηρά και τεύτλα.

Στις χώρες της βόρειας Ευρώπης παράγεται κυρίως βιοντίζελ από καλλιέργειες ελαιοκράμβης και από ανακύκλωση χρησιμοποιημένων λαδιών και λιπών από εστιατόρια. Στην Σουηδία, η οποία πρωτοστατεί στην Ε.Ε. στον τομέα της αντικατάστασης των ορυκτών καυσίμων από βιοκαύσιμα, παράγονται αυτοκίνητα με θεαματικά αυξανόμενους ρυθμούς (πχ.SAAB) που μπορούν κάψουν είτε βενζίνη, είτε E80 (μίγμα βενζίνης-αιθανόλης σε αναλογία 20 προς 80, το οποίο σημειωτέον έχει περίπου 110 οκτάνια) είτε μίγμα αυτών των δύο σε οποιαδήποτε αναλογία. Αυτά τα αυτοκίνητα, που ονομάζονται BIFUEL, δεν είναι τίποτα άλλο από κοινά βενζινοκίνητα με πολύ μικρές μετατροπές, όπως προσθήκη αισθητήρα και μετατροπή του εγκεφάλου για να αναγνωρίζει το καύσιμο, ντεπόζιτο καυσίμων και σωληνάκια καυσίμου από υλικό που δεν διαβρώνει η αιθανόλη, ενισχυμένες έδρες βαλβίδων κτλ.

Είναι φανερό δηλαδή ότι τα βιοκαύσιμα είναι μία ήδη παρούσα τεχνολογία. Και γι'αυτό η Ε.Ε. εξέδωσε Κανονισμό σύμφωνα με το οποίο μέχρι το 2010 το 5,75% του συνόλου των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για μεταφορές στις χώρες της Ε.Ε. πρέπει να είναι βιοκαύσιμα (είναι πιθανόν αυτό το υποχρεωτικό ποσοστό να ανέλθει στο μέλλον σε 10 %).

Αυτό συνεπάγεται για την χώρα μας ότι η κατανάλωση βιοκαυσίμων έως το 2010 θα ανέρχεται σε περίπου 160.000 τόνους βιοντίζελ (για ανάμιξη με το κοινό ντίζελ) και 400.000 τόνους βιοαιθανόλη (για ανάμιξη με την βενζίνη).

Στην χώρα μας λειτουργούν ήδη 4 μονάδες παραγωγής βιοντίζελ (πρώτη ήταν η μονάδα της ELIN OIL) και έξι ακόμα βρίσκονται σε στάδιο επενδυτικού

σχεδίου. Ήδη έχουν διοχετεύσει στην ελληνική αγορά περίπου 30.000 χιλιόλιτρα βιοντίζελ.

Στην χώρα μας δεν παράγεται προς το παρόν βιοαιθανόλη. Έχει ληφθεί απόφαση από ΕΒΖ να μετατρέψει δύο εργοστάσια ζάχαρης (Ξάνθη και Λάρισα) σε εργοστάσια παραγωγής βιοαιθανόλης από τεύτλα και μάλλον σιτηρά. Η κατασκευή ενός εργοστασίου βιοαιθανόλης απαιτεί πολύ μεγαλύτερη επένδυση από την αντίστοιχη ενός εργοστασίου βιοντίζελ. Αντίθετα η μετατροπή των εργοστασίων ζάχαρης για παραγωγή βιοαιθανόλης, είναι πολύ οικονομικότερη και συνεπώς η ΕΒΖ πρέπει να έχει το πρώτο λόγο στον συγκεκριμένο τομέα.

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων έχει ετοιμάσει τον νόμο 3423/2005 για την προώθηση της παραγωγής βιοκαυσίμων από ελληνικά ενεργειακά φυτά.

Όπως προαναφέραμε η χώρα μας έως το 2010 θα χρειάζεται περίπου 160.000 τόνους βιοντίζελ (για ανάμιξη με το κοινό ντίζελ) και 400.000 τόνους βιοαιθανόλη (για ανάμιξη με την βενζίνη) κάθε έτος. Για να παραχθούν αυτές οι ποσότητες εξ'ολοκλήρου από ενεργειακά φυτά εγχώριας παραγωγής θα πρέπει να καλλιεργηθούν:

Για το βιοντίζελ 2,4 εκατομμύρια στρέμματα ηλίανθου, ή 2 εκατομμύρια στρέμματα ελαιοκράμβης, ή 4 εκατομμύρια στρέμματα σόγιας
Για την βιοαιθανόλη 560.000 στρέμματα γλυκού σόργου, ή 2 εκατομμύρια στρέμματα σιτηρών, ή 1,2 εκατομμύρια στρέμματα αραβοσίτου ή 843.000 στρέμματα τεύτλων ή βέβαια συνδυασμοί των παραπάνω.

Το θεσμικό πλαίσιο που τίθεται με τον νόμο 3423/2005 δίνει την δυνατότητα στους αγρότες μέσω συμβολαιακής γεωργίας να καλλιεργήσουν ενεργειακά φυτά. Ή μέσω συνεταιρισμών να παράγουν οι ίδιοι βιοκαύσιμα. Η ενίσχυση για την καλλιέργεια ενεργειακών φυτών ανέρχεται σύμφωνα με τον Κανονισμό της Ε.Ε. σε 4,5 € ανά στρέμμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΠΛΟΗΓΗΣΗ τεύχος 29
- 2) NATIONAL GEOGRAPHIC ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2007
- 3) Βιομηχανικά φυτά , Γαλανοπούλου , Σευδούκα Στέλλα, Εκδόσεις Σταμούλης
- 4) Ελαιοκράμβη Συλλογικό, Σταμούλης, Μάιος 2007
- 5) Τα σιτηρά των θερμών κλιμάτων, Καραμάνος , Εκδόσεις Παπαζήσης, 1999 ΑΘΗΝΑ
- 6) www.Kathimerini.gr άρθρο στις 4/2/2007
- 7) www.qualitynet.com άρθρο , Περιβάλλον στις 22/12/2008
- 8) www.biosis.gr
- 9) www.google.com για όλες τις φωτογραφίες της εργασίας
- 10) www.physics4u.com άρθρο, Μάιος 2007
- 11) www.biofuels.gr
- 12) www.teethrakis.gr
- 13) www.bioport.gr
- 14) www.bayer.com