Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο.

Μ. Χρήστου, Ε. Αλεξοπούλου, Β. Λυχναράς, Ε. Νάματοβ.
Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), Τμήμα Βιομάζας
19^{ο} χλμ. Λεωφ. Μαραθώνος, 19009 Πικέρμι, Τηλ.: 210-6603390, Fax: 210-6603301
e-mail: mchrist@cres.gr, website: http://www.cres.gr

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια τα προβλήματα στην Ελληνική γεωργία έχουν γίνει πολύ έντονα. Προβλήματα διάθεσης της πλειοψηφίας των παραγόμενων προϊόντων αναφέρονται συνεχώς, ενώ το γεωργικό εισόδημα σε μεγάλο βαθμό στηρίζεται στις επιδοτήσεις, οι οποίες όμως, σύμφωνα με την Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ), πρόκειται να μειωθούν σημαντικά. Η εντατικοποίηση της γεωργίας έχει προκαλέσει αξιοσημείωτη εξάντληση των υδατικών πόρων και υποβάθμιση των εδαφών. Επιπλέον, η χρήση των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων συντελεί στην ρύπανση του περιβάλλοντος καθώς επίσης και στη μείωση του αγροτικού εισοδήματος. Τα παραπάνω προβλήματα κάνουν επιτακτική την ανάγκη για αναδιάρθρωση της Ελληνικής γεωργίας. Η εισαγωγή νέων καλλιεργειών που θα απευθύνονται στην διαμορφούμενη ενεργειακή αγορά ίσως αποτελέσει σημαντικό παράγοντα επανώθησης της γεωργίας μας. Ήδη στην Ευρώπη έχει διαμορφωθεί σχετική αγορά και το ενδιαφέρον των παραγωγών συνεχώς αυξάνεται. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι νέες αυτές καλλιέργειες είναι οι μεγάλες αποδόσεις, οι μικρές απαιτήσεις σε άρδευση και θρεπτικά στοιχεία, η φιλικότητα προς το περιβάλλον κ.α. Επιπλέον είναι προωθούμενες από την Ευρωπαϊκή Κοινότητα ενώ έχει γίνει ειδική ρύθμιση ώστε να μπορούν να καλλιεργηθούν σε αγρούς που είναι υπό καθεστώς αγρανάπαυσης.

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

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

Οι υπολειμματικές μορφές βιομάζας διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

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

Οι ενεργειακές καλλιέργειες είτε αφορούν παραδοσιακές καλλιέργειες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή βιοκαυσίμων (ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για βιοαιθανόλη, ηλίανθος για βιοντήζελ, κλπ.) είτε νέες καλλιέργειες που δεν καλλιεργούνται, προς το παρόν, εμπορικά όπως ο μίσχανθος, η αγριαγκινάρα και το καλάμι, των οποίων το τελικό προϊόν προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας.

Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι η υψηλή παραγωγικότητά τους μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλης κλίμακας, μακροπρόθεσμη προμήθεια πρώτης ύλης, με ομοιόμορφα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μονάδες παραγωγής βιοκαυσίμων κι ενέργειας. Οι υψηλές αποδόσεις βελτιώνουν την οικονομικότητά τους ενώ σε ορισμένες από αυτές οι απαιτήσεις σε έδαφος, αγροχημικά είναι περιορισμένες. Λαμβάνοντας υπόψη τα πολλαπλά οφέλη της ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας αλλά και τις ιδιαιτερότητες του ελληνικού αγροτικού τομέα, οι καλλιέργειες αυτές αντιπροσωπεύουν μια ελκυστική λύση τόσο για την παραγωγή ενέργειας κι υγρών βιοκαυσίμων όσο και για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού χώρου, την ενίσχυση της απασχόλησης και την προστασία του περιβάλλοντος.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΑΙ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Η εισαγωγή των ενεργειακών καλλιεργειών στη γεωργική πρακτική, τόσο σε Ευρωπαϊκό αλλά και ελληνικό επίπεδο είναι περιορισμένη, όσον αφορά τα νέα είδη, λόγω τεχνικών αλλά και μη-τεχνικών παραγόντων. Παρά το μεγάλο αριθμό των νέων ειδών που έχουν κατά καιρούς μελετηθεί στα πλαίσια ερευνητικών κυρίως ευρωπαϊκών έργων (Πίνακας 1), μόνο ορισμένα από αυτά έχουν προχωρήσει σε καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας. Τέτοιες καλλιέργειες μεγάλης κλίμακας έχουν αναπτυχθεί λόγω πολιτικής και οικονομικής υποστήριξης σε ορισμένα κράτη και αποτελούν πηγή πολύτιμων δεδομένων για τη μελλοντική ανάπτυξη κι άλλων τέτοιας κλίμακας εφαρμογών στην Ευρωπαϊκή γεωργία.

Κύρια παραδείγματα εμπορικών καλλιεργειών ενεργειακών φυτών σε μεγάλη κλίμακα αποτελούν οι καλλιέργειες ελαιούχων φυτών για παραγωγή βιοντίζελ στη Γαλλία, Γερμανία, Αυστρία και Ιταλία, καθώς και η καλλιέργεια ιτιάς για παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού στη Σουηδία. Η βασική διαφορά μεταξύ των δυο αυτών παραδειγμάτων είναι ότι τα ελαιούχα ενεργειακά φυτά όπως η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος είναι φυτά γνωστά στη γεωργία για παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφών, ενώ η καλλιέργεια ιτιάς ως γεωργικό είδος χρειάζεται επιπλέον έρευνα σε όλα τα στάδια της παραγωγικής της διαδικασίας., από την εξασφάλιση γενετικού υλικού ως τη συγκομιδή.

Από μελέτες και γεωργικά πειράματα που έγιναν στον Ευρωπαϊκό χώρο κατά τη τελευταία 20ετία σχεδόν, καταγράφηκαν φυτά (Venendaal, et.al, 1997), κατάλληλα για τις διάφορες κλιματολογικές συνθήκες που παρουσιάζει η Ευρώπη. Φυτά σαν την αγριαγκινάρα, τον ευκάλυπτο, το γλυκό σόργο ή το κενάφ καλλιεργούνται μόνο στη Μεσογειακή ζώνη, ενώ άλλα όπως η ιτιά και η ελαιοκράμβη είναι περισσότερο προσαρμοσμένα στις ψυχρές κλιματικές συνθήκες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης. Φυτά όπως ο μίσχανθος μπορούν, υπό προϋποθέσεις, να καλλιεργηθούν σε όλο τον Ευρωπαϊκό χώρο, από τη Σικελία ως τη Δανία.

Ανάλογα με την περιοχή καλλιέργειας έχει διαπιστωθεί μεγάλη διαφοροποίηση στη παραγωγικότητα και συνεπώς και στην οικονομικότητα της κάθε καλλιέργειας. Πολύ υψηλές αποδόσεις (3-4 τόνους/στρέμμα ξηρό βάρος) έχουν καταγραφεί πχ. για το σόργο, το μίσχανθο και το καλάμι στη Ν. Ευρώπη, όμως αυτές αναφέρονται σε αρδευόμενες καλλιέργειες και μικρά πειραματικά τεμάχια, ενώ σε μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες ιτιάς στη Σουηδία έχουν καταγραφεί μόλις 0,8-1 τόνος ξηρού βάρους/στρέμμα.

Σύμφωνα με στοιχεία που συλλέχθηκαν από το ΚΑΠΕ, ενδεικτικά στην Ελλάδα σήμερα είναι εγκατεστημένες με ενεργειακές καλλιέργειες που παρατίθενται στον Πίνακα 2. Η καλλιέργειά τους γίνεται στα πλαίσια ευρωπαϊκών ερευνητικών έργων και μεμονωμένων ερευνών.

3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Οι ενεργειακές καλλιέργειες διακρίνονται σε ετήσιες και πολυετείς ανάλογα με το κύκλο ζωής τους που μπορεί να είναι ετήσιος ή πολυετής, αντίστοιχα. Στην Ελλάδα έχει εξεταστεί ένας μεγάλος αριθμός ενεργειακών καλλιεργειών που θεωρούνται ως οι πλέον κατάλληλες και υποσχόμενες για τις μεσογειακές εδαφοκλιματικές συνθήκες (Χρήστου, κ.α, 2005). Αυτές είναι:

1. <u>Πολυετείς:</u>
   - Γεωργικές: Αγριαγκινάρα *(Cynara cardunculus),* καλάμι *(Arundo donax* L.), μίσχανθος *(Miscanthus x* giganteus), switchgrass *(Panicum virgatum)*
   - Δασικές: Ευκάλυπτος *(Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. & *E globules* Labill.), ψευδακακία *(Robinia pseudoacacia)*.
2. <u>Ετήσιες:</u> σακχαρούχο ή γλυκό σόργο και ινώδες σόργο *(Sorghum bicolor* L. Moench), κενάφ *(Hibiscus cannabinus* I.), ελαιοκράμβη *(Brassica napus* L.), βρασσική η αιθιόπια *(Brassica carinata L.* Braun).

Πίνακας 1. Καλλιεργούμενα ενεργειακά φυτά στην Ευρώπη (Πηγή: Venendaal, et.all, 1999).

Table 1. Energy crop species in Europe. Areas are based on information from the national reports

Latin name	Common English name	Hectares
Brassica spp.	Oilseed rape seed	800 000
Eucalyptus spp.	Eucalyptus*	500 000
Helianthus annuus	Sunflower	91 000
Salix spp.	Willow	18 000
Triticum aestivum	Winter wheat (GWC)	
Secale cereale	Winter rye (GWC)	
Triticosecale	Triticale (GWC)	
Hordeum vulgare	Spring barley (GWC). Total for GWC (grain whole crop)	
Beta vulgaris	Sugar beet	9400
Phalaris arundinacea	Reed Canary Grass	6250
Populus spp.	Poplar	4050
Cannabis sativa	Hemp*	550
Miscanthus spp.	Miscanthus	350
Hibiscus cannabinus	Kenaf*	170
Cynara cardunculus	Cardoon	65
Sorghum bicolor	Sweet sorghum	55
Alnus spp.	Alder	22
Arundo donax	Giant reed	15
Helianthus tuberosus	Jerusalem artichoke	3
Camelina sativa	False flax	2
Robinia pseudoacacia	Black locust	2
Bunias orientalis	Buchina	2
Reynoutria japonica/ sachalinensis	Knotweed	< 1
Agrostemma githago	Corn cockle	< 1
Spartium junceum	Broom	< 1
Solanum tuberosum	Potato	< 1
Spartina spp.	Spartina	< 1
Panicum virgatum	Switchgrass	?
Acacia spp.; *Betula* spp.; *Onopordum nervosum*	Birch	?
Nicotinia glauca	Wild tobacco	?
Opuntia fiscus-indica	Prickly pear	?
Sinapis alba	White mustard	?
Linum usitatissimum	Flax	?
Zea mays	Maize	?
Phargmites australis	Reed	?

*Eucalyptus is mainly grown in Portugal for pulp production. Hemp and Kenaf are mainly grown for fiber purposes

Πίνακας 2. Καλλιεργούμενα ενεργειακά φυτά στην Ελλάδα (Πηγή: ΚΑΠΕ, 2006)

Πρόγραμμα ΠΕΠ Ανατολικής Μακεδονίας- Θράκης		
Φυτό	**Νομός**	**Έκταση (στρ)**
Γλυκό Σόργο	Ροδόπη	15
	Εβρου	25
	Δράμα	5
	Καβάλα	5
	Ξάνθη	10
Κενάφ	Ροδόπη	15
	Εβρου	25
	Ξάνθη	10
Ρετσινολαδιά	Ροδόπη	15
	Εβρου	15
	Δράμα	5
	Ξάνθη	10
Λινάρι	Ροδόπη	15
	Εβρου	15
	Ξάνθη	10
Μίσχανθος	Ροδόπη	15
	Έβρος	20
	Δράμα	10
Ελαιοκράμβη	Ροδόπη	15
	Έβρος	20
	Ξάνθη	10
	Δράμα	5
Νομαρχία Κοζάνης		
Γλυκό Σόργο	Κοζάνη	37
Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας		
Ελαιοκράμβη	Δυτική Μακεδονία	100
Ευρωπαϊκό Έργο Biokenaf (Συντονισμός ΚΑΠΕ)		
Κενάφ	Μαγνησίας	5
	Βοιωτίας	5
	Ροδόπης	30
Εγκατεστημένες πολυετείς καλλιέργειες ΚΑΠΕ		
Switchgrass	Βοιωτίας	8
Καλάμι	Βοιωτίας	6
Μίσχανθος	Βοιωτίας	1
Καλάμι	Ξάνθης	70
Αγριαγκινάρα	Βοιωτίας	1
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθήνας		
Ηλίανθος	Αττικής	4
Ιδιωτικές Πρωτοβουλίες		
Ελαιοκράμβη	Σερρών	40
Ηλίανθος	Σερρών	50
Σόγια	Σερρών	10
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας		
Γλυκό σόργο	Μαγνησίας	1.5
	Καρδίτσας	1.5
Ινώδες σόργο	Μαγνησίας	1.5
	Καρδίτσας	1.5
Κενάφ	Καρδίτσας	5
Αγριαγκινάρα	Μαγνησίας	2
	Καρδίτσας	1
Μίσχανθος	Μαγνησίας	2

Ο όμιλος Ευθυμιάδη (www.redestos.gr, έδρα: Θεσσαλονίκη) έχει εγκαταστήσει στην Περιφέρεια Θεσσαλίας, τη φετινή καλλιεργητική περίοδο (Φθινόπωρο 2005- Καλοκαίρι 2006) περίπου 300 στρέμματα αποδεικτικών αγρών με τρία υβρίδια ελαιοκράμβης με σκοπό να αξιολογήσει την προσαρμοστικότητα, την παραγωγικότητα και τη μηχανοποίηση της καλλιέργειας.

Τα σπορελαιουργεία ΚΟΥΡΟΥΔΗΣ ΑΕ. Εγκατέστησαν μέσα στο 2006, 350 στρέμματα με ελαιοκράμβη στον Νομό Έβρου.

3.1. Πολυετείς ενεργειακές καλλιέργειες

Καλάμι

Το καλάμι ανήκει στα αγρωστώδη πολυετή φυτά με C_3 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.

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 στην Ελλάδα κυμάνθηκαν από 0,5 έως και 3 τόνους ανά στρέμμα σε ξηρή ουσία. Σημαντική διακύμανση στις αποδόσεις παρατηρήθηκε για τα διαφορετικά επίπεδα άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Είναι προφανές, ότι τα υψηλά επίπεδα άρδευσης οδήγησαν στην επίτευξη των υψηλότερων αποδόσεων. Είναι ενδεικτικό ότι η αζωτούχος λίπανση δεν διαφοροποίησε σημαντικά τις αποδόσεις.

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

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 φτάσει τους 1,29 ΤΙΠ/ στρέμμα/ έτος. Από τις αναλύσεις του καυσίμου και κυρίως από τα επίπεδα του καλίου, νατρίου και χλωρίου, προέκυψε ότι οι ιδιότητές του προσομοιάζουν με εκείνες του άχυρου και επομένως οι τεχνολογίες θερμοχημικής μετατροπής του άχυρου είναι οι πλέον κατάλληλες για το φυτό αυτό.

Η βιομάζα που παράγεται από το καλάμι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας, χαρτοπολτού και δομικών υλικών.

Αγριαγκινάρα

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

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

Από πειράματα, που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια, τόσο στην Ισπανία, όσο και στην Ελλάδα, αποδεικνύεται ότι η αγριαγκινάρα είναι ένα φυτό, με πολύ καλή προσαρμοστικότητα και υψηλές αποδόσεις. Στην Ελλάδα, το τελικό ύψος του φυτού έφτασε τα 2,6 μέτρα και η παραγωγή ξηράς ουσίας, ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης επί των γραμμών, κυμάνθηκε από 1,7 έως 3,3 τόνους/ στρέμμα, ενώ σε αντίστοιχα πειράματα στην Ισπανία, οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 0,4 έως 1,5 τόνους/ στρέμμα.

Η καταλληλότερη εποχή συγκομιδής της αγριαγκινάρας στην Ελλάδα, εντοπίζεται στο διάστημα από τέλη Ιουλίου έως αρχές Αυγούστου.

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

περιεχόμενο της καλλιέργειας, ανάλογα με τις καλλιεργητικές τεχνικές, ποικίλει από 0,6 ως 1,2 ΤΙΠ/ στρέμμα.

Οι πιθανές ενεργειακές χρήσεις της αγριαγκινάρας είναι για την παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και βιοελαίου.

Μίσχανθος

Ο μίσχανθος είναι ένα αγροστώδες, πολυετές, ριζωματώδες φυτό, που κατάγεται από τις χώρες της νοτιο-ανατολικής Ασίας και καλλιεργείται στην Ευρώπη, εδώ και πολλά χρόνια, σαν καλλωπιστικό φυτό. Στη νότια Ευρώπη κι ειδικότερα στην Ελλάδα, παρουσιάζει πολύ καλή προσαρμοστικότητα, έχει καλές αποδόσεις κι η περιεκτικότητά του σε υγρασία είναι σχετικά χαμηλή. 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. Μία γενική εκτίμηση είναι ότι οι αποδόσεις αυξάνουν σημαντικά από το δεύτερο έτος μετά την εγκατάσταση. Στην Ελλάδα, από τα μέχρι τώρα δεδομένα, που συλλέχθηκαν από τα σχετικά πειράματα, προέκυψε ότι ο μέσος όρος ύψους της φυτείας φτάνει τα 3 μέτρα και η παραγωγή ξηρής ουσίας κυμάνθηκε από 0,8 έως 3 τόννους/στρέμμα/έτος. Η άρδευση αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την επίτευξη της μέγιστης παραγωγής. Ευνοϊκή περίοδος, για τη συγκομιδή του μίσχανθου, θεωρείται το διάστημα από τέλη Νοεμβρίου έως και τέλη Φεβρουαρίου, όταν το φυτό ξεραίνεται με φυσικό τρόπο στον αγρό.

Σύμφωνα με αναλύσεις δειγμάτων μίσχανθου, τα στελέχη έχουν υψηλή θερμιδική αξία (μέση τιμή 17,3 MJ/kg ξηρού βάρους). Η περιεκτικότητα σε τέφρα των στελεχών (μέση τιμή 1,64 % επί του ξηρού βάρους) είναι σχετικά χαμηλή, αυξάνοντας τη θερμιδική τους αξία.

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

Switchgrass

Είναι ένα πολυετές C_4, αγροστώδες φυτό. Το ριζικό του σύστημα μπορεί να ξεπεράσει τα 3 μέτρα σε βάθος. Σχηματίζει λεπτά ριζώματα και από τους οφθαλμούς τους εκπτύσσονται, νωρίς την άνοιξη, αρκετά λεπτά στελέχη διαμέτρου 10 χιλιοστών. Η εγκατάσταση του φυτού γίνεται με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάϊο όταν η θερμοκρασσία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15°C. Η αναβλάστηση του φυτού γίνεται το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαρτίου. Οι νεαροί βλαστοί είναι ευαίσθητοι στους παγετούς αλλά το φυτό έχει την ικανότητα να αναβλαστάνει ακόμα και μετά από σημαντικές νεκρώσεις βλαστών λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Παράγει πολύ μικρούς σπόρους με βάρος 1000 σπόρων μεταξύ 0,7 έως 2,0 g. Στη συνέχεια επιτελείται μείωση της υγρασίας των φυτικών ιστών και μέχρι τον Ιανουάριο έχει κατέλθει στο 25%, περίπου. Επομένως κατάλληλη εποχή συγκομιδής είναι το χρονικό διάστημα από τέλη Νοεμβρίου ως και τον Ιανουάριο.

Η καλλιέργεια του Switchgrass παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (λίπανση, ζιζανιοκτονία). Οι αρδευτικές ανάγκες του Switchgrass είναι χαμηλές αφού χαρακτηρίζεται από αποδοτική χρήση του νερού. Πειράματα που έχουν εκτελεστεί έδειξαν ότι αρδεύσεις συνολικού ύψους 400mm είναι αρκετές για ικανοποιητική παραγωγή. Η λίπανση μπορεί να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή αφού η απόδοση καλλιεργειών που δε δέχθηκαν αζωτούχο λίπανση κυμάνθηκε περί τους 1,4 τόνους ξηρής βιομάζας το στρέμμα ενώ την ίδια περίοδο οι στρεμματικές αποδόσεις καλλιέργειας που εφαρμόστηκε λίπανση 4 και 12 kg αζώτου το στρέμμα ήταν 2,1 και 2,5 τόνοι ξηρής βιομάζας, αντίστοιχα. Τέλος η άρδευση φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο στις αποδόσεις του φυτού σε περιοχές όπου δεν παρατηρούνται βροχοπτώσεις κατά την περίοδο Ιουνίου – Αυγούστου. Στην περιοχή της κεντρικής Ελλάδας όπου οι βροχοπτώσεις αυτή την περίοδο είναι σπάνιες οι αποδόσεις κυμάνθηκαν από 1,7 τόνους ξηρής βιομάζας για τα μη αρδευόμενα φυτά έως τους 2,1 τόνους για την αρδευόμενη καλλιέργεια.

Παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες είναι οι κύριες ενεργειακές χρήσεις που μπορεί να έχει στο μέλλον η καλλιέργεια Switchgrass στην Ελλάδα.

Ευκάλυπτος

Οι φυτείες ευκαλύπτων χαρακτηρίζονται από γρήγορους ρυθμούς ανάπτυξης, μετά τη συγκομιδή. Τα δύο σημαντικότερα είδη ευκαλύπτων για τις μεσογειακές χώρες, είναι οι *Eucalyptus globulus* Labill και *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Στη χώρα μας, βάσει της έρευνας προσαρμοστικότητας, που έχει προηγηθεί, φαίνεται ότι το καταλληλότερο είδος ευκαλύπτου, που πληρεί τις προδιαγραφές των ενεργειακών καλλιεργειών είναι ο *E. camaldulensis* (Ευκάλυπτος η ρυγχωτή), καθόσον παρουσιάζει α) μεγαλύτερη ικανότητα προσαρμογής σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα, σε σχέση με τα άλλα είδη ευκαλύπτου, β) ταχυαυξεία, γ) εύκολη πρεμνοβλάστηση μετά από κοπή, οποιαδήποτε εποχή του έτους, και δ) μεγάλη παραγωγικότητα σε βιομάζα.

Και τα δύο είδη πάντως σε όξινα εδάφη επέδειξαν ευρωστία και υψηλή παραγωγικότητα, η δε ανάπτυξή τους συνεχιζόταν καθ΄όλη τη διάρκεια του έτους. Σε πειραματικές εφαρμογές αρδευόμενου *E. camaldulensis*, διαχειριζόμενου με διετή περίτροπο χρόνο, απέδωσε κατά μέσο όρο τριών διαδοχικών περιτρόπων 6,4 τόννους/στρέμμα και έτος και 2,8 τόννους/στρέμμα και έτος, χλωρής βιομάζας και ξηρής ουσίας αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε αύξηση των αποδόσεων ξηρής ουσίας κατά τη συγκομιδή του τρίτου περίτροπου χρόνου κατά 46% σε σχέση με το δεύτερο περίτροπο χρόνο. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά ανά στρέμμα. Στο τέλος του τρίτου διετούς περίτροπου χρόνου οι αποδόσεις σε ξηρά ουσία κατέγραψαν υψηλές τιμές 25 και 4 τόνων/ στρέμμα και έτος. Όσον αφορά στις επεμβάσεις άρδευσης και λίπανσης, παρότι το είδος φυόμενο σε γόνιμο γεωργικό έδαφος ανταποκρίνεται θετικά, η επίδραση τόσο της άρδευσης όσο και της λίπανσης επί των αποδόσεων ξηρής ουσίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Με βάση τις αποδόσεις του ευκαλύπτου σε ξηρή βιομάζα και την αντίστοιχη θερμογόνο δύναμη, το εκτιμώμενο ενεργειακό δυναμικό ανέρχεται σε 1,29 ΤΙΠ[1]/στρέμμα/έτος.

Οι πιθανές χρήσεις του ευκαλύπτου είναι η παραγωγή θερμικής κι ηλεκτρικής ενέργειας κι αξιόλογη πρώτη ύλη για παραγωγή χαρτοπολτού.

Ψευδακακία

Η ψευδακακία είναι φυτό ψυχανθές, πολυετές, δενδρώδες, που χαρακτηρίζεται από ταχύτατη ανάπτυξη του υπέργειου μέρους, σημαντική παραγωγή βιομάζας κι εξαιρετική αναβλάστηση μετά την κοπή. Το ενδιαφέρον για την ψευδακακία αυξάνει τόσο στην Ευρώπη, όσο και στην Ασία. Στη διάρκεια μίας 20ετίας, οι αναδασωμένες με ψευδακακία εκτάσεις, στις δύο αυτές περιοχές, αυξήθηκαν από 3.370.000 στρέμματα σε 18.900.000, χωρίς να περιλαμβάνεται η Κίνα. 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 ήταν η προσαρμοστικότητα και παραγωγικότητα του φυτού σε διάφορες κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Εξετάστηκε επίσης η επίδραση διαφορετικών επιπέδων λίπανσης, άρδευσης και πυκνοτήτων φύτευσης στις αποδόσεις του φυτού σε βιομάζα. Από πειραματικές καλλιέργειες του Κ.Α.Π.Ε. λήφθηκαν αποδόσεις ξηρής ουσίας κατά τον πρώτο περίτροπο χρόνο 0,5 και 0,8 τόνους/ στρέμμα και έτος σε άγονο και γόνιμο έδαφος αντίστοιχα. Στο δεύτερο περίτροπο οι αποδόσεις αυξήθηκαν στο γόνιμο έδαφος, ενώ μειώθηκαν στο άγονο. Στον τρίτο περίτροπο ο μέσος όρος των αποδόσεων στο γόνιμο έδαφος έφθασε τους 1,7 τόνους ξηρής ουσίας/ στρέμμα ανά έτος. Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 1.000 και 2.000 φυτά/ στρέμμα κατά την εγκατάσταση, ο δε περίτροπος χρόνος 2 έτη.

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.

Η ενεργειακή αξιοποίηση της ψευδακακίας μπορεί να γίνει για την παραγωγή θερμότητας κι ηλεκτρικής ενέργειας.

---

[1] ΤΙΠ = τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου

3.2. Ετήσιες ενεργειακές καλλιέργειες

Κενάφ

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

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

Οι αποδόσεις σε ξηρή βιομάζα κυμάνθηκαν από 0,7 έως 2,4 τόνοι/ στρέμμα. Οι υψηλότερες αποδόσεις τόσο σε χλωρή βιομάζα όσο και σε ξηρή ουσία καταγράφηκαν στις όψιμες ποικιλίες, οι οποίες καλλιεργήθηκαν κάτω από τη μεγαλύτερη πυκνότητα φυτών. Η παραγωγή σπόρου ήταν δυνατή μόνο στις πρώιμες ποικιλίες (άνθιση στο τέλος του Ιουλίου). Στις όψιμες ποικιλίες τα φυτά άνθισαν στο τέλος του Σεπτεμβρίου και οι σπόροι δεν είχαν αρκετό χρόνο για να ωριμάσουν, με αποτέλεσμα η σποροπαραγωγή να είναι αδύνατη.

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

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

Ελαιοκράμβη

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

Η *Brassica napus* L. είναι διαδεδομένη στα εύκρατα δροσερά κλίματα και υπάρχει σε δύο τύπους καλλιέργειας, τη χειμερινή και την ανοιξιάτικη.

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

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

Γλυκό σόργο

Το *γλυκό σόργο* είναι ένα C_4 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 Ελλάδα έχουν εξεταστεί την τελευταία δεκαετία αρκετές ποικιλίες (Keller, Wray, Mn1500, κ.ά.). Οι αποδόσεις τους ποικίλουν, ανάλογα με την περιοχή, τις κλιματικές συνθήκες, τη γονιμότητα του εδάφους και τις καλλιεργητικές τεχνικές, που εφαρμόζονται. Η απόδοση σε χλωρή βιομάζα κυμάνθηκε από 5,0 έως 8,0 τόνους/στρέμμα ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν αποδόσεις που έφτασαν τους 14,1 τόνους/στρέμμα.

Από τους παράγοντες που εξετάστηκαν, η άρδευση αποτελεί καθοριστικό στοιχείο 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. Πρέπει να σημειωθεί ότι η προαναφερθείσα ποσότητα σακχάρων επιτυγχάνεται στις αρχές Σεπτεμβρίου για τις πρώιμες ποικιλίες, και περίπου ένα μήνα 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 αιθανόλης 675 λίτρων /στρέμμα.

4. ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

4.1 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων στην Ελλάδα

Στο πρώτο τμήμα της οικονομικής ανάλυσης, παρουσιάζονται τα κόστη παραγωγής ενεργειακών φυτών για υγρά βιοκαύσιμα. Οι καλλιέργειες που έχουν αναλυθεί είναι η ελαιοκράμβη, ο ηλίανθος, το σκληρό σιτάρι, το γλυκό σόργο, τα ζαχαρότευτλα και το καλαμπόκι. Η ανάλυση του κόστους αφορά στη Βόρεια Ελλάδα και βασίζεται σε στοιχεία του 2006. Πρέπει να τονίσουμε ότι ως κόστος των καλλιεργητικών επεμβάσεων θεωρήθηκε το κόστος ενοικίασης και όχι το κόστος με ίδια μέσα παραγωγής (με εξαίρεση το κόστος της άρδευσης), ενώ για το κόστος των γεωργικών εφοδίων (όπως λιπάσματα, ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα κλπ.) χρησιμοποιήθηκαν τιμές αγοράς. Τα στοιχεία κόστους των καλλιεργητικών επεμβάσεων προέρχονται από την Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών (ΕΑΣ) Ορεστιάδας και από την Ελληνική Βιομηχανία Ζάχαρης (ΕΒΖ), Εργοστάσιο Ορεστιάδας. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζεται λεπτομερής εκτίμηση του κόστους καλλιέργειας των προαναφερθέντων φυτών.

Η ανάλυση αυτή έλαβε υπόψη τον παράγοντα άρδευση και τις επιπτώσεις της στην παραγωγικότητα των φυτών, για τις καλλιέργειες ελαιοκράμβης, ηλίανθου και σκληρού σίτου με σκοπό να εκτιμήσει την επίδρασή του παράγοντα αυτού στην οικονομικότητα των καλλιεργειών. Οι καλλιεργητικές τεχνικές είναι παρόμοιες για όλα τα φυτά, με μικρές διαφορές στη λίπανση, την προετοιμασία εδάφους και την άρδευση.

Τα παρακάτω στοιχεία τονίζουν κάποιες από τις ιδιαιτερότητες των φυτών από πλευράς οικονομικής προσέγγισης:

Αποδόσεις: Εξαρτώνται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση της άρδευσης αργά την άνοιξη. Οι αποδόσεις της ελαιοκράμβης, του ηλίανθου και του σκληρού σίτου κυμαίνονται μεταξύ 175 με 180 κιλά/στρέμμα (για τα δύο πρώτα) και 300 κιλά/στρέμμα (για το σιτάρι) όσον αφορά τις ξηρικές καλλιέργειες, ενώ για τις αρδευόμενες καλλιέργειες τα αντίστοιχα στοιχεία είναι 350 με 550 κιλά/στρέμμα. Το γλυκό σόργο, τα τεύτλα κι ο αραβόσιτος είναι αποκλειστικά αρδευόμενα φυτά με ιδιαίτερα υψηλές αποδόσεις.

Ενοίκιο εδάφους: Η ανάγκη άρδευσης επηρεάζει την επιλογή του εδάφους και το κόστος ευκαιρίας της γης, όπου σε κάποιες περιπτώσεις είναι τριπλάσιο για την αρδευόμενη (30 €/στρέμμα για τα αρδευόμενα χωράφια και 35 €/στρέμμα για τα τεύτλα) σε σχέση με τη μη αρδευόμενη (9 €/στρέμμα).

Από τους πίνακες 3 και 4, είναι φανερό ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ αρδευόμενων και μη καλλιεργειών, η οποία αποδίδεται στη σημαντική διαφορά στις αποδόσεις που προκύπτουν. Οι υψηλότερες αποδόσεις είναι ικανές να υπερκαλύψει το αυξημένο κόστος της αρδευόμενης γης και το ίδιο το κόστος της άρδευσης, καταλήγοντας σε μειωμένο κόστος ανά τόνο παραγόμενης βιομάζας.

Από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοντήζελ, το χαμηλότερο κόστος παρουσιάζει ο ηλίανθος (248 € ανά τόνο) καλλιεργούμενος κάτω από αρδευόμενες συνθήκες ενώ από τα φυτά που προορίζονται για παραγωγή βιοαιθανόλης, το γλυκό σόργο παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος παραγωγής (16,60 € ανά τόνο), κυρίως λόγο των πολύ υψηλών αποδόσεων του φυτού σε χλωρή μάζα.

Πίνακας 3: Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοντήζελ

	Ελαιοκράμβη Αρδευ.	Ελαιοκράμβη Ξηρ.	Ηλίανθος Αρδευ.	Ηλίανθος Ξηρ.
Αποδόσεις (κιλά/στρ)	350	180	350	175
Ενοίκιο εδάφους	30,00	9,00	30,00	9,00
Προετοιμασία Εδάφους	16,00	16,00	16,00	16,00
Καταπολέμηση εχθρών	11,00	11,00	8,25	8,25
Λίπανση	17.30	17,30	4,00	4,00
Σπορά	14,50	14,50	9,70	9,70
Άρδευση	10,00		10,00	
Συγκομιδή	9,00	9,00	9,00	9,00
Κόστος Παραγωγής (€/στρ)	107,80	76,80	86.95	55.95
Κόστος Παραγωγής (€/τόνο)	308	427	248	320

Πίνακας 4: Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή βιοαιθανόλης

	Σ. Σίτος Αρδευ.	Σ. Σίτος Ξηρ.	Γλυκό Σόργο	Τεύτλα	Αραβόσιτος
Αποδόσεις (κιλά/στρ)	550	300	7.000	6.800	1.200
Ενοίκιο εδάφους	30,00	9,00	30,00	35,00	30,00
Προετοιμασία Εδάφους	10,00	10,00	20,50	31,60	20,50
Καταπολέμηση εχθρών	11,80	11,80	6,25	27,00	18,80
Λίπανση	15,10	15,10	11,45	32,30	35,70
Σπορά	10,50	10,50	10,50	16,80	25,00
Άρδευση	10,00		20,00	35,00	30,00
Συγκομιδή	9,00	9,00	17,50	46,65	17,50
Λοιπές				35,00	6,80
Κόστος Παραγωγής (€/στρ)	96,40	65,40	116,20	259,6	177,5
Κόστος Παραγωγής (€/κιλό)	175	218	16,6	38	150

4.2 Κόστος παραγωγής ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων στη Νότια Ευρώπη.

Σε αυτό το τμήμα παρουσιάζεται το κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς τεσσάρων βασικών πολυετών ενεργειακών καλλιεργειών για παραγωγή στερεών βιοκαυσίμων (Καλάμι, Αγριαγκινάρα, Μίσχανθος και Switchgrass), σε τέσσερεις χώρες της Νότιας Ευρώπης (Ελλάδα, Νότια Γαλλία, Ιταλία και Ισπανία). Η κοστολόγηση βασίστηκε στα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου με τίτλο "*Βιοενεργειακές Αλυσίδες*" (ENK6-CT2001-00524) (Christou, et.al, 2005).

Η ανάλυση βασίστηκε σε στοιχεία του 2004 και αφορά στο κόστος παραγωγής με ίδια μέσα. Στο κόστος των μηχανημάτων έχει υπολογιστεί η απόσβεση τους και οι τόκοι του κεφαλαίου, το ετήσιο κόστος συντήρησης και ασφάλισης καθώς και το κόστος καυσίμων. Στο κόστος εργασίας έχει ληφθεί υπόψη η αμοιβή του παραγωγού και των υπολοίπων εργατών, ενώ για το κόστος της γης έχει υπολογιστεί το κόστος ευκαιρία αυτής.

Όσον αφορά την παραγωγή των φυτών στο χωράφι, το κόστος αναφέρεται στο ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής των καλλιεργειών καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής τους ζωής, λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη και το ετήσιο ισοδύναμο κόστος της εγκατάστασης (με επιτόκιο προεξόφλησης 10%). Η παραγωγική ζωή των φυτών υπολογίστηκε σε 15 έτη. Αντίστοιχα, γνωρίζοντας ότι η παραγωγικότητα των πολυετών καλλιεργειών μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια ζωής τους, οι παρακάτω πίνακες αναφέρονται στο ετήσιο ισοδύναμο των αποδόσεων των φυτών καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής τους ζωής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται κατά συντελεστή παραγωγής.

Ιδιαίτερη ανάλυση έγινε για τη συγκομιδή και τη μεταφορά των φυτών, όπου εξετάστηκαν διάφοροι τύποι όπως θρύμματα (chips), δέματα μεγάλου μεγέθους (bales), δεμάτια (bundles), πελέτες (pellets) κλπ. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ο οικονομικότερος τρόπος για τη συγκεκριμένη διαδικασία αφορά σε θρύμματα για το καλάμι και δέματα για τα υπόλοιπα τρία φυτά. Στα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν μεταφορά 50 χιλιάδων τόνων ξηρής βιομάζας ετησίως με μέση ακτίνα μεταφοράς 10 χιλιόμετρα. Τα μικρότερης κλίμακας σενάρια που εξετάστηκαν παρουσιάζουν υψηλότερο κόστος μεταφοράς.

Στους πίνακες 5, 6, 7 και 8, παρουσιάζεται αναλυτικά το κόστος για κάθε ένα από τα φυτά στις τέσσερις αυτές χώρες.

Πίνακας 5: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς καλαμιού (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
Τρόπος Καλλιέργειας	Μη Αρδευόμενο	Αρδευόμενο	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση
Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριο/έτος)	12.7	12.7	8.3	12.7
Ενοίκιο Εδάφους	9.25	39.40	15.79	17.99
Εργασία	7.73	6.48	6.81	8.85
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	3.25	6.94	5.60	4.01
Κόστος Υλικών	25.24	25.30	39.61	26.90
Κόστος Παραγωγής	***45.47***	***78.12***	***67.81***	***57.75***
Συγκομιδή και αποθήκευση	16.20	11.65	13.30	14.47
Μεταφορά	21.25	24.60	23.65	22.51
Συνολικό κόστος	***82.92***	***114.37***	***104.76***	***94.73***

Πίνακας 6: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς μίσχανθου (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
Τρόπος Καλλιέργειας	Μη Αρδευόμενο	Αρδευόμενο	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση
Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριο/έτος)	12.5	10.2	5.0	10.2
Ενοίκιο Εδάφους	9.41	49.26	26.30	22.49
Εργασία	10.89	12.32	15.68	15.33
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	2.63	12.10	7.65	4.12
Κόστος Υλικών	19.39	23.56	48.73	25.51
Κόστος Παραγωγής	***42.32***	***97.24***	***98.36***	***67.45***
Συγκομιδή και αποθήκευση	13.39	11.23	18.21	13.93
Μεταφορά	4.51	5.20	4.98	4.77
Συνολικό κόστος	***60.22***	***113.67***	***121.55***	***86.15***

Πίνακας 7: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς αγριαγκινάρας (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
Τρόπος Καλλιέργειας	Μη Αρδευόμενο	Μη Αρδευόμενο	Μη Αρδευόμενο	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση
Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριο/έτος)	15.0	15.0	15.0	9.4
Ενοίκιο Εδάφους	7.83	10.87	8.70	24.28
Εργασία	5.29	2.57	2.91	9.71
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	2.55	2.53	2.69	5.01
Κόστος Υλικών	12.84	12.90	13.64	21.80
Κόστος Παραγωγής	***28.51***	***28.87***	***27.94***	***60.80***
Συγκομιδή και αποθήκευση	13.99	10.13	9.44	17.84
Μεταφορά	4.51	5.20	4.98	4.77
Συνολικό κόστος	***47.01***	***44.20***	***42.36***	***83.41***

Πίνακας 8: Ετήσιο ισοδύναμο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς switchgrass (€/τόνο ξηρής βιομάζας)

	ΓΑΛΛΙΑ	ΕΛΛΑΔΑ	ΙΣΠΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
Τρόπος Καλλιέργειας	Μη Αρδευόμενο	Αρδευόμενο	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση	Αρδευόμενο κατά την εγκατάσταση
Μέση Παραγωγικότητα (τόνοι/εκτάριο/έτος)	10.9	11.0	4.4	10.9
Ενοίκιο Εδάφους	10.75	45.29	29.64	20.90
Εργασία	7.81	6.85	11.11	8.95
Μηχανολογικός Εξοπλισμός	4.45	8.23	12.22	5.30
Κόστος Υλικών	9.01	8.99	22.56	10.90
Κόστος Παραγωγής	***32.02***	***69.36***	***75.53***	***46.05***
Συγκομιδή και αποθήκευση	11.30	8.19	14.51	10.18
Μεταφορά	4.51	5.20	4.98	4.77
Συνολικό κόστος	***47.83***	***82.75***	***95.02***	***61.00***

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ενδεικτικά του κόστους κτήσης της βιομάζας στην Ελλάδα και στις υπόλοιπες τρεις χώρες της Νότιας Ευρώπης. Από τα τέσσερα πολυετή ενεργειακά φυτά που εξετάστηκαν, η αγριαγκινάρα παρουσιάζει το χαμηλότερο κόστος παραγωγής, συγκομιδής και μεταφοράς. Για τη χώρα μας, εκτός από την αγριαγκινάρα, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το switchgrass.

Σε όλες τις χώρες, η σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων καλλιεργειών δείχνει ότι η αγριαγκινάρα και το switchgrass παρουσιάζουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα υπόλοιπα δύο κυρίως λόγο του γεγονότος ότι η εγκατάσταση τους πραγματοποιείται με σπορά, σε αντίθεση με το καλάμι και το μίσχανθο όπου η εγκατάσταση πραγματοποιείται με χρήση ριζωμάτων.

Επίσης, ένας σημαντικός παράγοντας κόστους που επιδρά στα τελικά αποτελέσματα είναι και το κόστος της άρδευσης με φανερές διαφορές μεταξύ των αρδευόμενων και μη φυτών. Συγκεκριμένα για την περίπτωση της Ελλάδας, ένα σημαντικό στοιχείο κόστους στην περίπτωση των αρδευόμενων καλλιεργειών (καλάμι, μίσχανθος και switchgrass) είναι το ενοίκιο της γης το οποίο είναι υψηλότερο από τις άλλες χώρες. Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες χώρες, στο ενοίκιο του εδάφους για την Ελλάδα έχουν συμπεριληφθει και τα τέλη άρδευσης. Αντίστοιχα, στην περίπτωση της παραγωγής καλαμιού, μίσχανθου και switchgrass στην Ισπανία, οι παραγωγικότητα των φυτών παρουσιάζεται ιδιαίτερα χαμηλή λόγο της περιορισμένης δυνατότητας άρδευσης σε συνδυασμό με το ξηρό κλίμα της χώρας.

Τέλος, είναι φανερό ότι το κόστος συγκομιδής και αποθήκευσης, αλλά κυρίως το κόστος μεταφοράς είναι ιδιαιτέρα υψηλό στην περίπτωση του καλαμιού, όπου πραγματοποιείται με θρυμματισμό της βιομάζας, σε αντίθεση με τα άλλα τρία φυτά όπου συλλέγονται και μεταφέρονται σε δέματα.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

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

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

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

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Χρήστου, Μ., Αλεξοπούλου, Ε., Μαρδίκης, Μ. και Ε. Νάματοβ. 2005. *Προοπτικές διείσδυσης των ενεργειακών καλλιεργειών στην ελληνική γεωργία*. Πρακτικά 3ου Εθνικού Συνεδρίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Αθήνα, 23-25 Φεβρουαρίου 2005.
2. Christou, M., Fernandez, J., Gosse G., Venturi, G., Bridgewater A., Scherlen, K., Obernberger, I., Van de Beld, B., Soldatos, P. and G. Reinhart. 2005. *Bio-energy chains from perennial crops in South Europe*. Proceedings of the 14th European Biomass Conference. ETA-Florence, pp 182-185
3. Vanedaal, R., Jorgensen, U. and C. A Foster. 1999. European Energy Crops: A synthesis. Biomass and Bio energy, Vol. 13. No 3. pp 147-185. Elsevier Science Ltd.